

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій проєктування та прикладної математики

(кафедра)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

на тему: «Розробка інформаційної системи розрахунку
вогнестійкості будівель»

ТРОФИМЕНКО ЄВГЕН ОЛЕГОВИЧ

(прізвище, ім'я та по батькові студента повністю)

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

автоматизації і інформаційних технологій

(факультет)

інформаційних технологій проєктування та прикладної математики

(кафедра)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТППМ
д.т.н., професор Бородавка Є.В.

„___” _____ 2025 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

на тему: "Розробка автоматизованої системи розрахунку
вогнестійкості будівель"

Виконав: студент II-го курсу, групи ІСТм-24

Спеціальності: 126 «Інформаційні системи та
технології

(шифр і назва спеціальності)

Трофименко Є.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н., проф. Теренчук С.А.
(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц. Шабала Є.Є.
(прізвище та ініціали)

Київ, 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: автоматизації і інформаційних технологій

Кафедра: інформаційних технологій проектування та ПМ

Освітній рівень: «магістр за ОПІ»

Спеціальність: 126. «Інформаційні системи та технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ІТПМ
д.т.н., професор Бородавка Є.В.

„___” _____ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО РІВНЯ «МАГІСТР»**

Трофименко Євген Олегович

1. Тема роботи: Розробка інформаційної системи розрахунку вогнестійкості будівель

затверджена наказом ректора КНУБА № 1619/23/25 від «25» вересня 2025 р.

2. Керівник роботи: Теренчук Світлана Анатоліївна, к.т.н, професор кафедри інформаційних технологій проектування і прикладної математики

3. Строк подання студентом роботи до захисту: грудень 2025 рік

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Аналіз предметної області та постановка задачі

Р.2. Концептуальне та функціональне призначення

Р.3. Проектування бази даних

Р.4. Розробка програмного забезпечення

Р.5. Тестовий приклад програми

5. Інформаційні слайди:

С.1 Цілі та функції системи

С.2. Архітектура системи

С.3. Інфологічна модель бази даних

С.3. Даталогічна модель бази даних

С.4. Програмне забезпечення системи. Тестовий приклад програми

6. Календарний план виконання кваліфікаційної роботи

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Р. 1. Аналіз предметної області та постановка задачі	Вересень 2025 р.
Р. 2. Концептуальне та функціональне призначення	Жовтень 2025 р.
Р. 3. Проектування бази даних	Жовтень 2025 р.
Р. 4. Розробка програмного забезпечення системи	Листопад 2025 р.
Р. 5. Тестовий приклад програми	Листопад 2025 р.
Остаточне оформлення роботи	Грудень 2025 р.
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	Грудень 2025 р.
Попередній захист роботи на кафедрі	Грудень 2025 р.

7. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	к.т.н., доц. Шабала Є.Є.	05.12.2025 р.	
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5.			

8. Дата видачі завдання: 22 вересня 2025 року

Керівник

(підпис)

Теренчук С.А.

(прізвище та ініціали)

Магістрант

(підпис)

Трофименко Є.О.

(прізвище та ініціали)

РЕЗЮМЕ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Трофименко Євген Олегович

факультет автоматизації і інформаційних технологій,

група ІСТм-II

Тема кваліфікаційної роботи:

Розробка інформаційної системи розрахунку вогнестійкості будівель

освітній рівень: магістр,

спеціальність: 126 «Інформаційні системи і технології»,

Науковий керівник: Теренчук Світлана Анатоліївна ,

кандидат технічних наук, професор кафедри інформаційних технологій

проектування та прикладної математики

Обсяг роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається: розділів 5, стор. 85, таблиць 25, рис. 27, завдання, анотація, вступу, висновків, списку використаних джерел.

Актуальність даної теми обумовлена тим, що випробування вогнестійкості будівель у лабораторних та польових умовах є дорогими, а існуючі автоматизовані системи спрямовані на розрахунок окремих конструктивних елементів будівлі. Застосування таких програм значно скорочує час розрахунку, але не вирішує завдання комплексного розрахунку різних будівель на вогнестійкість. Важливим є той факт, що пожежна безпека при проектуванні та реконструкції будівель завжди відігравала значну роль в галузі будівництва. Тому постало завдання розробити таке програмне забезпечення, яке в комплексі та візуалізовано надасть змогу розв'язувати задачі вогнестійкості будівель.

В першому розділі проводиться аналіз предметної області, порівняння вже існуючих альтернативних програмних засобів, наводяться принципи розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій. На основі проведеного аналізу виконана постановка задачі.

В другому розділі формуються вимоги до розроблюваної системи, виконується функціонально-цільовий аналіз, приводиться архітектура системи. В результаті аналізу розроблена структурна схема підсистем і функцій системи, що розробляється.

У третьому розділі спроектовано та описано базу даних. Визначені сутності та атрибути, приведені концептуальна, логічна та фізична моделі бази даних.

В четвертому розділі приводяться обґрунтування вибору середовища та мови програмування. Також наведена діаграма класів UML, приводяться основні алгоритми, які реалізовані під час розробки автоматизованої системи розрахунку вогнестійкості будівель.

В п'ятому розділі наводиться приклад використання розробленої системи, визначені вхідні та вихідні дані, описано процес розрахунку.

Ключові слова: будівля, вогнестійкість, межа вогнестійкості, ступінь вогнестійкості, пожежне навантаження.

Keywords: Keywords: building, fire resistance , fire resistance limit, fire resistance grade, fire load.

Якість оформлення проекту. Кваліфікаційна робота магістра оформлена у відповідності до діючих нормативних документів та методичних вказівок до виконання дипломної роботи для студентів спеціальності 126. «Інформаційні системи і технології».

Загальний висновок стосовно роботи та присвоєння авторіві освітнього рівня «магістр». Робота виконана на високому рівні, студент продемонстрував високий рівень теоретичної підготовки та сформованих практичних навичок в області сучасних інформаційних технологій. Заслуговує оцінки «добре».

Науковий керівник _____ / проф. Теренчук С.А. /
(підпис)

Посада, місце роботи. КНУБА, пр-т. Повітряних Сил, 31, професор кафедри інформаційних технологій проектування та прикладної математики

«8» грудня 2025 р.

АНОТАЦІЯ

«Розробка інформаційної системи розрахунку вогнестійкості будівель».

Кваліфікаційна робота магістра за спеціальністю: 126. «Інформаційні системи і технології» – Київський національний університет будівництва та архітектури. – Київ, 2025.

Робота присвячена вирішенню актуальної задачі – автоматизації розрахунку межі вогнестійкості будівель. У роботі виконано дослідження предметної області будівель та їх конструктивних елементів на вогнестійкість.

Ключові слова: будівля, вогнестійкість, межа вогнестійкості, ступінь вогнестійкості, пожежне навантаження.

SUMMARY

"Development of an automated system for calculating the fire resistance of buildings".

Master's attestation master's degree in specialty: 126. "Information systems and technologies". - Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture - Kiev, 2025.

This work is dedicated to an important task – automation of calculation of fire resistance of buildings. This work presents the study of the domain of fire resistance of buildings and their structural elements.

Keywords: building, fire resistance , fire resistance limit, fire resistance grade, fire load.

ЗМІСТ

ВСТУП

ГЛАВА 1 АНАЛІЗ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ

- 1.1 Загальна класифікація будівель та споруд
 - 1.1.1 Основні визначення
 - 1.1.2 Загальні вимоги
 - 1.1.3 Галузева класифікація
- 1.2 Вогнестійкість будівель, ступінь вогнестійкості
- 1.3 Поняття граничного стану конструкції. Несуча здатність конструкції в умовах пожежі
- 1.4 Принципи розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій
- 1.5 Актуальність проблеми розрахунку вогнестійкості будівель
- 1.6 Огляд вже існуючих інформаційних систем розрахунку вогнестійкості будівель
- 1.7 Постановка задачі системи автоматизованого розрахунку вогнестійкості будівель

ГЛАВА 2 КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВОНГЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ

- 2.1 Цільовий аналіз призначення автоматизованої системи розрахунку вогнестійкості будівель
- 2.2 Функціональний аналіз системи
- 2.3 Архітектура системи

ГЛАВА 3 ПРОЕКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ

- 3.1 Визначення сутностей БД системи
- 3.2 Інфологічна модель БД
- 3.3 Фізична модель БД

ГЛАВА 4 АЛГОРИТМИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

- 4.1 Вибір середовища та мови програмування
- 4.2 Діаграма основних класів системи
- 4.3 Опис основних алгоритмів системи
 - 4.3.1 Основний алгоритм роботи програми
 - 4.3.2 Алгоритми розрахунку залізобетонної конструкції

ГЛАВА 5 КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

- 5.1 Введення початкових даних для контрольного прикладу
- 5.2 Розрахунок контрольного прикладу та отримання вихідних даних
- 5.3 Загальні висновки

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

ВСТУП

Дана робота на тему «Розробка інформаційної системи розрахунку вогнестійкості будівель». Актуальність даної теми обумовлена тим, що випробування вогнестійкості будівель у лабораторних та польових умовах є дорогими, а існуючі автоматизовані системи спрямовані на розрахунок окремих конструктивних елементів будівлі. Застосування таких програм значно скорочує час розрахунку, але не вирішує завдання комплексного розрахунку різних будівель на вогнестійкість. Важливим є той факт, що пожежна безпека при проектуванні та реконструкції будівель завжди відігравала значну роль в галузі будівництва. Тому постало завдання розробити таке програмне забезпечення, яке в комплексі та візуалізовано надасть змогу розв'язувати задачі вогнестійкості будівель.

В першому розділі проводиться аналіз предметної області, порівняння вже існуючих альтернативних програмних засобів, наводяться принципи розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій. На основі проведеного аналізу виконана постановка задачі.

В другому розділі формуються вимоги до розроблюваної системи, виконується функціонально-цільовий аналіз, приводиться архітектура системи. В результаті аналізу розроблена структурна схема підсистем і функцій системи, що розробляється.

У третьому розділі спроектовано та описано базу даних. Визначені сутності та атрибути, приведені концептуальна, логічна та фізична моделі бази даних.

В четвертому розділі приводяться обґрунтування вибору середовища та мови програмування. Також наведена діаграма класів UML, приводяться основні алгоритми, які реалізовані під час розробки автоматизованої системи розрахунку вогнестійкості будівель.

В п'ятому розділі наводиться приклад використання розробленої системи, визначені вхідні та вихідні дані, описано процес розрахунку.

1 АНАЛІЗ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ

1.1 Загальна класифікація будівель та споруд

1.1.1 Основні визначення

Усе, що побудовано для задоволення матеріальних, культурних і побутових потреб людини, має загальну назву – **споруди**.

Споруди, що призначені для якихось суто технічних цілей такі, як димарі, телевізійні вежі, мости, підпірні стіни і т.п., оскільки в них відсутні приміщення або вбудовані в них приміщення не визначають їхнього основного призначення, є **інженерними спорудами**.

З числа різноманітних по призначенню і виду споруд виділяють велику їхню групу – *будівлі*, тобто наземні споруди, у яких передбачені приміщення, призначені для якої-небудь діяльності людей.

Будівля – капітальна споруда, її частина, яка призначена для проживання або перебування фізичних осіб, і енергія в якій використовується для створення мікроклімату та забезпечення побутових потреб людини. Наприклад, будівлями є житлові будинки, школи, театри, гаражі, цехи заводів.

1.1.2 Загальні вимоги

Усі будівлі і споруди (далі будівлі, якщо не буде необхідності) мусять відповідати наступним вимогам: доцільності, архітектурним, функціональним, технічним, експлуатаційним, економічним, екологічним, спеціальним.

Вимога *доцільності* стосується будівель і споруд у цілому, їхніх структурних частин і окремих елементів, композиційних, об'ємно-планувальних і конструктивних рішень тощо. Під час проектування керуються нормами і правилами, у яких зосереджені історичний досвід, сучасні науково-технічні досягнення і настанови технічної політики, що

забезпечують раціональні, безпечні й економічні рішення. Доцільність – найбільш загальна вимога, їй підлеглі усі інші.

На рис.1.1 зображена схема загальних будівельних вимог:

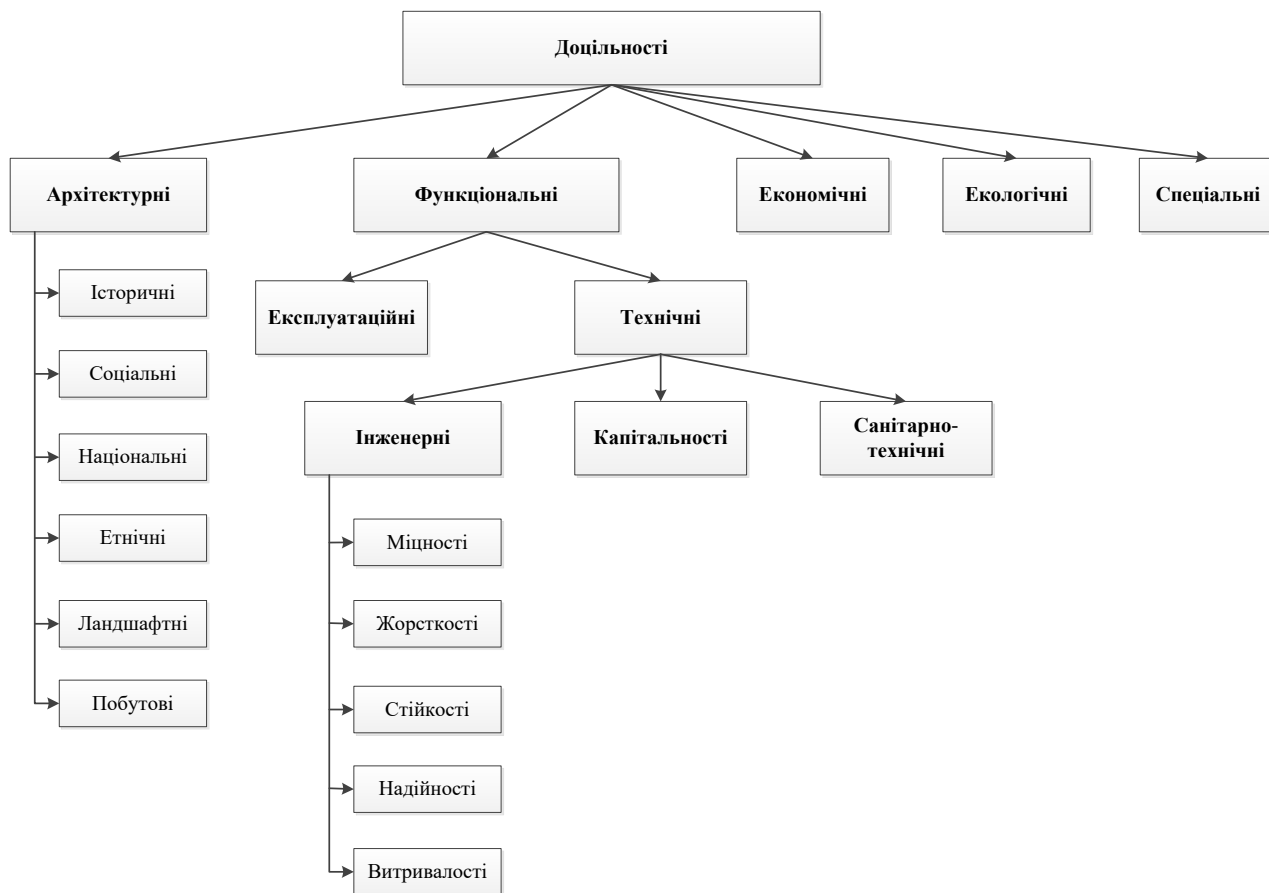


Рисунок 1.1 Загальні будівельні вимоги до будівель та споруд

Архітектурні вимоги стосуються будівель і споруд в аспекті відповідності їх певному призначенню, що задовольняють естетичні потреби людей. Вимоги ці вельми різноманітні і містять такі сторони, як історична, соціальна, національна, етнічна, ландшафтна, побутова і інші, що вивчають у дисциплінах з архітектурного проектування, історії архітектури, ландшафтної архітектури, соціології тощо.

Під *функціональними* (або технологічними) вимогами мають на увазі відповідність процесам, що протікають у будівлях чи спорудах, тобто відповідність їхнім призначенням. Будівля, зокрема, має забезпечувати комфортне середовище для людини при здійсненні нею функцій, для яких ця

будівля призначена по усіх своїх параметрах. Такими параметрами є: габарити приміщень, їхній склад, взаємне розташування і зв'язок; стан повітряного середовища (температура, вологість, кратність повітрообміну і ін.); характеристики природного освітлення; звукового режиму, захисту від шуму; інженерно-технічне (тепло-, водо-, електро-, газопостачання, кондиціонування повітря тощо) і санітарно-технічне устаткування (холодне і гаряче водопостачання, водовідведення) тощо. Функціональним вимогам мають відповідати, у першу чергу, технічні.

Технічні вимоги містять, зокрема, інженерні: забезпечення розрахункової міцності, жорсткості та стійкості будівель і споруд. *Міцність* – збереження працездатності будівельних конструкцій без їхнього руйнування під дією навантажень; *жорсткість* – опір конструкцій у вигляді деформацій (малих переміщень) під дією навантажень; *стійкість* – здатність будівлі зберігати під дією навантажень первісну (проектну) геометричну форму. Будівлі повинні мати також *витривалість*, тобто збереження працездатності під дією гармонічних (з перемінним знаком) навантажень, та забезпечувати *надійність*, тобто здатність безвідмовно виконувати інженерні і інші функції протягом заданого терміну їхньої служби.

Окрім того, до технічних відносять також вимоги щодо капітальності, тобто довговічності та вогнестійкості (протипожежні) будівель і споруд. *Довговічність* – передбачений проектом термін працездатності будівлі за умови їх нормальної експлуатації. *Протипожежні* – регламентують певні об'ємно-планувальні, конструктивні рішення і інші заходи у відношенні їхньої пожежної безпеки.

Важливе місце в технічних вимогах займають *санітарно-технічні*, що пред'являють до фізичних якостей середовища перебування людини: температури і вологості повітря в приміщеннях, їх чистоти, задоволенню звукового і зорового комфорту, забезпеченню достатньої інсоляції та природного освітлення приміщень. Ці вимоги (як і інші) залежать від місця

будівництва. Тому через них враховують кліматичні параметри територій забудови.

Експлуатаційні вимоги відносять до будівель і споруд під час їхнього використання і обслуговування. Тому вони тісно пов'язані з функціональними (для житлових будинків та громадських будівель і споруд) або технологічними (для виробничих будівель і споруд) вимогами, технічними (зокрема, у відношенні надійності, ремонтпридатності), економічними (наприклад, з боку експлуатаційних витрат на опалення приміщень, поточних ремонтів). Ці вимоги визначаються складом, розмірами і взаємним розташуванням приміщень, їх внутрішнім оздобленням, інженерно-технічним устаткуванням і санітарно-технічним обладнанням, зручністю монтажу і демонтажу функціонального обладнання чи технологічного устаткування.

Економічні вимоги стосуються комплексу показників, що характеризують будівлі і споруди по кошторисній вартості, трудовитратам, матеріаломісткості, терміну будівництва і таке інше. Проведенням техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) прийнятих рішень і порівнянням їх з аналогічними проектами забезпечують вибір оптимального варіанта за певними критеріями. Це сприяє ефективності капітальних вкладень, зниженню кошторисної вартості, скороченню термінів будівництва, економії матеріалів. Врешті, економічні вимоги, як правило, є вирішальними при виборі остаточного варіанта.

Екологічні вимоги є вельми суттєвими і у поточний час їх ретельно враховують під час проектування. Сучасне будівництво не можна здійснювати без проведення екологічної експертизи, тобто без висновків відповідних фахівців щодо величини наслідків несприятливого впливу проектованої окремої будівлі чи споруди, або будь-якого комплексу з них на навколишнє середовище та на здоров'я людини.

Спеціальними вимогами можуть бути деякі з числа розглянутих при акцентованій увазі до них, зокрема, підвищена комфортність окремих

житлових будівель, поліпшена видимість і акустика в залах громадських будівель і таке ін. Однак до спеціальних вимог відносять, переважно, які-небудь специфічні особливості проєктованих будівель і споруд, місця їхнього будівництва, умов обслуговування тощо. Наприклад, збільшена вологість приміщень, агресивне середовище в них, будівництво в сейсмічних районах або у районах з жарким кліматом.

Таким чином, основні вимоги до будівель і споруд є вельми різноманітними, при цьому усі вони знаходяться у взаємозв'язку. Зміна якого-небудь одного з них спричиняє зміну інших. Тому під час проєктування їх розглядають комплексно, з врахуванням усіх можливих складових. Перелічені вимоги стосуються будь-яких будівель і споруд. Однак було б недоцільно пред'являти однакові вимоги до різних будівель і споруд незалежно від їхнього функціонально-технологічного призначення та національно-господарської значимості. Тому методологією проєктування передбачають поділ будівель, за певними ознаками згідно з їх класифікацією.

1.1.3 Галузева класифікація

За своїм призначенням будівлі і споруди підрозділяють на дві великі групи: *виробничі* та *невиробничі*. *Невиробничі* це – цивільні будівлі і споруди, які включають житлові і громадські, а *виробничі* – промислові, сільськогосподарські та агропромислового комплексу (АПК). Є також інші, наприклад, будівлі і споруди для різних видів транспорту, гідротехнічні, військові тощо.

До *цивільних* відносять будівлі і споруди, призначені для обслуговування побутових (житлові будівлі) і різних суспільних потреб людей – культурних, видовищних, адміністративних, спортивних і багатьох інших (громадські будівлі і споруди).

На відміну від цивільних, *виробничі* будівлі і споруди призначені для виробництва промислової або сільськогосподарської продукції. До промислових, наприклад, відносять будівлі і споруди, в яких або за

допомогою яких випускають готову промислову продукцію чи напівфабрикати.

На рис.1.2 зображена галузева класифікація будівель і споруд за функціональним призначенням:

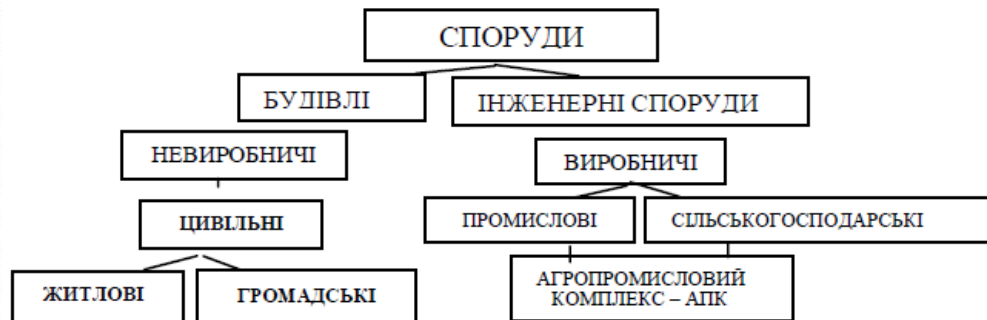


Рисунок 1.2 Галузева класифікація будівель і споруд за функціональним призначенням

Капітальність будівель і споруд – комплексна характеристика, що містить показники їхньої довговічності, вогнестійкості та рівня вимог, тобто це – сукупність основних властивостей, притаманних будівлям в цілому, що відбиває їхню національно-господарську і містобудівну значимість.

Довговічність – здатність будівель зберігати задані функціональні властивості протягом терміну їхньої служби у визначених умовах будівництва (кліматичних дій, розрахункових навантажень і ін.) та обслуговування без руйнування, неприпустимих деформацій і втрати стійкості. Встановлено три (I–III) *ступені довговічності*, тобто термінів такої служби, вимірюваних у роках:

- I ступінь - термін служби 100 років і більше;
- II ступінь – те саме, не менше 50;
- III – не менше 20;
- недовговічні – при меншому терміні служби будівель – тимчасові, не-капітальні. Такими є, зокрема, мобільні будівлі: збірно-розбірні, кон-тейнерні та пересувні.

Довговічність будівель визначається довговічністю застосовуваних будівельних конструкцій і залежить від умов обслуговування, якості будівельно-монтажних робіт (ретельності виготовлення, взаємного сполучення конструкцій, технічних умов і правил виробництва).

Необхідну довговічність будівельних конструкцій забезпечують відповідними показниками стійкості матеріалів для них стосовно передбачуваних при експлуатації навантажень і фізико-хімічних дій, тобто такими властивостями матеріалів, як несуча здатність, морозостійкість, корозостійкість, біостійкість, вогнестійкість і ін.

За рівнем національно-господарської і містобудівної значимості встановлено чотири (I–IV) класи капітальності будівель:

- I клас – великі громадські будівлі (музеї, театри); великі електростанції, урядові заклади; будинки вище 9 поверхів;
- II клас – громадські будівлі масового будівництва в містах (школи, лікарні, дитячі установи, адміністративні будівлі, підприємства торгівлі і харчування), великі виробничі будівлі і споруди, будинки у 6–9 поверхів;
- III клас – будинки не більше 5 поверхів; громадські будівлі невеликої місткості в населених пунктах;
- IV клас – тимчасові громадські будівлі; виробничі споруди, для експлуатації протягом короткого часу, малоповерхові будинки.

Житлові будинки I класу капітальності проектують не нижче I ступеня вогнестійкості з конструкціями не нижче I ступеня довговічності; II класу – не нижче II ступеня; III класу – не нижче III за вогнестійкістю і II за довговічністю; у будинках IV класу ступінь вогнестійкості не нормують, а довговічність має бути не нижче III.

Будівлі I класу капітальності можуть бути будь-якої поверховості; II класу – не вище 9 поверхів; III – не вище 5 поверхів; IV – не вище 2.

До структурних конструктивних частин будівель відносять: основи і фундаменти, стіни, перекриття, окремі опори, каркаси, дахи і покриття, перегородки, сходи, вікна і двері (рис 1.3):

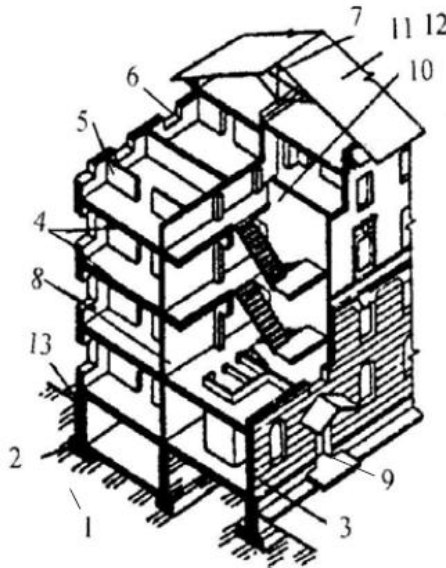


Рисунок 1.3 Основні конструктивні елементи житлової будівлі:

1 – основа; 2 – фундамент; 3 – стіна; 4 – перекриття; 5 – перегородка; 6 – підлога; 7 – дах; 8 – вікно; 9 – двері; 10 – сходові клітки; 11 – покриття; 12 – покрівля; 13 – вимощення.

Розглянемо деякі з них:

Основами називають ґрунти чи скельні породи, на яких розташовують будівлі; вони сприймають усі навантаження від будівель.

Фундаменти – це підземні частини будівель, що сприймають навантаження від розташованих вище них конструкцій і передають їх на основи.

Стіни – звичайно вертикальні конструкції, що відокремлюють приміщення від зовнішнього простору (це – зовнішні стіни) або від інших приміщень (це – внутрішні).

Перекриття – горизонтальні конструкції, що розділяють внутрішній простір будівлі на поверхи та призначені для розташування на них людей,

меблів і устаткування. Вони сприймають ці навантаження і передають їх на вертикальні несівні конструкції (стіни, стовпи, колони).

Перегородки – тонкі внутрішні стінки, що поділяють внутрішній простір в межах одного поверху на окремі приміщення.

1.2 Вогнестійкість будівель, ступінь вогнестійкості

Технічні рішення в частині пожежної безпеки реалізуються на стадії проектування і будівництва різних об'єктів, зокрема підприємств торгівлі і громадського харчування, баз і складів. При цьому для зменшення небезпеки виникнення і розповсюдження пожеж важливе значення має правильний вибір будівельних матеріалів і конструкцій. За здатністю до спалаху вони підрозділяються на три групи: негорючі, важкогорючі і горючі.

Вогнестійкістю будівельних конструкцій називається їх здатність зберігати несучі і захисні функції в умовах пожежі.

Межа вогнестійкості конструкцій – показник вогнестійкості конструкції, який визначається часом від початку вогневого випробування за стандартного температурного режиму до настання одного з нормованих для даної конструкції граничних станів з вогнестійкості.

До граничного стану належать:

- втрата несучої здатності (R);
- втрата цілісності (E);
- втрата теплоізолювальної здатності (I).

Втрата несучої здатності визначається заваленням конструкції або виникненням її граничних деформацій.

Втрата цілісності – це вид граничного стану конструкції за вогнестійкістю, що характеризується утворенням в конструкціях наскрізних тріщин або наскрізних отворів, через які проникають продукти горіння або полум'я.

Втрата теплоізолювальної здатності – вид граничного стану конструкції за вогнестійкістю, що характеризується підвищенням температури на поверхні, що не обігрівается, до встановлених граничних значень. Вона визначається підвищенням температури на поверхні конструкції, що не обігрівается, в середньому більше ніж на 140 °С або в будь-якій точці цієї поверхні – більше ніж на 180 °С у порівнянні з температурою конструкцій до випробування.

Вимоги безпеки вважають виконаними, якщо

$$P_{\phi} \geq P_{\text{необ}}, \quad (1.1)$$

де P_{ϕ} – **фактична межа** вогнестійкості конструкції,

$P_{\text{необ}}$ – **необхідна межа** вогнестійкості конструкції, що встановлюється умовами безпеки або нормами.

Вогнестійкість будівлі – це здатність її опиратися руйнуванню в умовах пожежі. Існує класифікація будівель за ступенем вогнестійкості, де кожному ступеню відповідає перелік конструкцій, що мають межу вогнестійкості не меншу від вказаної. (ДБН В.1.1-7-2002, додаток Д “Конструктивні характеристики будинків залежно від їхнього ступеня вогнестійкості”).

Ступінь вогнестійкості – це нормована характеристика вогнестійкості будинків і споруд, що визначається межею вогнестійкості основних будівельних конструкцій.

Розрізняють **фактичну ступінь вогнестійкості (V_{ϕ})** і **необхідну ($V_{\text{необ}}$)**. Фактична ступінь вогнестійкості будівлі визначається за найменшим показником вогнестійкості будівельної конструкції. Необхідний ступінь вогнестійкості будівлі нормується. Умови безпеки виконуються при відповідності фактичного ступеня вогнестійкості необхідному.

Фактори, що визначають поведінку будівельних конструкцій в умовах пожежі:

- ступінь навантаження конструкцій та їх елементів;

- вид і кількість пожежного навантаження, що визначає температурний режим;
- теплове навантаження на конструкції;
- теплофізичні та фізико-механічні характеристики матеріалів, з яких виконані будівельні конструкції;
- умови нагрівання та способи з'єднання конструкцій.

Характеристика конструкцій з вогнестійкості стосується ставлення до вогню матеріалів, з яких виготовлені окремі будівельні конструкції чи структурні конструктивні частини будівель. Встановлено вісім *ступенів вогнестійкості* (табл.1.1). Кожному ступеню вогнестійкості відповідають мінімальні межі вогнестійкості конструкцій і максимальні межі поширення вогню стосовно до груп горючості матеріалів, з яких виготовлені будівельні конструкції, а саме: *спалимих, важко спалимих і неспалимих*. I, II, III ступені є відповідними кам'яним будівлям, IV – дерев'яним оштукатуреним, V – дерев'яним.

Таблиця.1.1 Конструктивні характеристики будинків залежно від їх ступеня вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Конструктивні характеристики
I, II	Будівлі з несучими та огорожуючими конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових та плитних негорючих матеріалів.
III	Будівлі з несучими та огорожуючими конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, які захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів

	не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
IIIa	Будівлі переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виконані з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з негорючим утеплювачем або утеплювачем груп горючості Г1, Г2.
IIIб	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виконані з деревини, яка була піддана вогнезахисній обробці. Огороджувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали груп горючості Г3, Г4 огороджувальних конструкцій мають бути піддані вогнезахисній обробці або захищені від дії вогню та високих температур.
IV	Будівлі з несучими та огороджувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плитними матеріалами. До елементів покриттів не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.
Va	Будівлі переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виконані з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп горючості Г3, Г4.

V	Будівлі, до несучих і огорожувальних конструкцій яких не пред'являються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.
---	--

Межа вогнестійкості будівельних конструкцій знижується зі збільшенням діючих на них навантажень та підвищується при їх зменшенні.

Пожежне навантаження – це кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні всіх горючих та важкогорючих речовин і матеріалів (в тому числі тих, що входять до складу будівельних конструкцій), які перебувають у приміщенні або можуть до нього надходити.

Поведінка будівельних конструкцій при пожежі визначається також температурним режимом пожежі та його тривалістю.

При одному й тому ж пожежному навантаженні можливі різні варіанти розвитку пожежі і кожному варіанту буде відповідати своя температурно-часова залежність. Зокрема, для одного й того ж приміщення при однаковому пожежному навантаженні температурний режим пожежі і тривалість (τ_1 , τ_2) залежать від кількості проїм у огорожуючих конструкціях.

У випадку великої кількості проїмів температура у приміщенні досягає своєї максимальної величини $t_{1\max}$ протягом короткого проміжку часу $\tau_{1\max}$ (стадія розвитку пожежі). При цьому зниження температури на стадії затухання τ_{13} відбувається також з великою швидкістю. Тривалість таких пожеж τ_1 – невелика. Мала кількість проїмів в огорожуючих конструкціях сприяє збільшенню часу розвитку $\tau_{2\max}$ і затухання пожежі τ_2 , а значення максимальної температури $t_{2\max}$ нижче, ніж у першому випадку (рис.1.4):

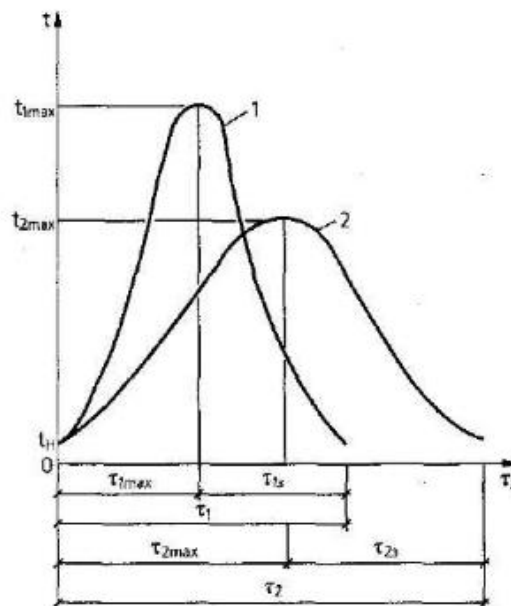


Рисунок 1.4 Температурні режими пожежі в приміщенні
 1 – з великою кількістю проїмів в огорожуючих конструкціях;
 2 – з малою кількістю проїмів в огорожуючих конструкціях.

Вид і кількість пожежного навантаження, що визначають максимальну температуру у приміщенні та тривалість пожежі, залежать від призначення будівлі.

1.3 Поняття граничного стану конструкції. Несуча здатність конструкції в умовах пожежі

Серед багатьох вимог, що ставляться до будівельних конструкцій, є вимога відповідності конструкцій своєму призначенню і заданим умовам експлуатації протягом необхідного часу. Ця відповідність будівельних конструкцій до вимог обумовлюється розрахунком.

Суть цього розрахункового методу в установленні для конструкцій так званих граничних станів і у забезпеченні конструкцій розрахунковим шляхом до настання цих станів.

Граничним називається такий стан конструкції, при досягненні якого вона перестас задовольняти поставленим до неї вимогам у процесі

експлуатації або монтажу, тобто конструкція втрачає здатність опиратися зовнішнім впливам або отримує недопустимі деформації.

Розрізняють граничні стани першої групи та другої групи.

Граничні стани першої групи включають стани, котрі призводять до втрати несучої здатності або до повної непрацездатності конструкції в умовах її експлуатації.

До граничних станів цієї групи відносяться: загальна втрата стійкості форми, втрата стійкості положення; руйнування будь-якого характеру; перехід в змінену форму; якісна зміна конфігурації; стани, за яких виникає необхідність припинення експлуатації в результаті його повзучості. А також надмірних здвигів у з'єднаннях.

Граничні стани другої групи включають стани, настання яких ускладнює нормальну експлуатацію конструкції або призводить до її недовговічності.

До таких станів відносяться недопустимі переміщення, а також утворення або розкриття тріщин (у залізобетонних конструкціях).

Розрахунок за методом граничних станів створений на врахуванні всіх факторів, що визначають дійсну роботу конструкцій, будівель і споруд.

Основними з цих факторів є:

- фактор змінності навантажень;
- фактор нестабільності властивостей матеріалу;
- фактор умов роботи.

Параметри, що визначають ці фактори, мають випадковий, імовірнісний характер.

Відповідно до ГОСТ 30247.1-94 для згинаємих конструкцій слід вважати, що граничний стан настав, якщо:

- прогин досягнув величини $L/20$;
- швидкість наростання деформацій досягла $L/9000 h$ (см/хв.),
де L – проліт, см;
 h – розрахункова висота перерізу, см.

Для вертикальних конструкцій граничним станом слід вважати умову, якщо вертикальна деформація досягає $L/100$ або швидкість наростання вертикальних деформацій досягне 10 мм/хв. для зразків висотою $(3 \pm 0,5)$ м.

1.4 Принципи розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій

Суть розрахунку межі вогнестійкості будівельних конструкцій полягає у визначенні часу, по завершенні якого в умовах високотемпературного впливу при пожежі настає один із граничних станів.

Для конструкцій, що виконують одночасно несучі та огорожуючі функції, необхідно визначити час від початку пожежі до настання граничного стану за несучою та теплоізолюючою здатністю, а за межу вогнестійкості прийняти мінімальне із отриманих значень.

Розрахунок межі вогнестійкості будівельних конструкцій складається із двох частин: теплотехнічної та статичної (за міцністю).

Теплотехнічна частина має за мету визначити температурні поля у розрахунковому перерізі елементу або конструкції при дії на них температурного режиму пожежі. При цьому використовуються рівняння нестационарної теплопровідності твердого тіла із врахуванням зміни теплофізичних характеристик матеріалів, із яких виконана конструкція, залежно від температури. Рішення теплотехнічної частини дозволяє визначити межу вогнестійкості із умови настання граничного стану за теплоізолюючою здатністю, що характерно для огорожуючих конструкцій.

Для визначення межі вогнестійкості із умови настання граничного стану за несучою здатністю необхідно також виконувати статичну (за міцністю) частину розрахунку. У статичній частині обраховують несучу здатність конструкцій, що нагріваються при пожежі, з урахуванням зміни характеристик міцності матеріалів при високих температурах.

У загальному вигляді схема розрахунку межі вогнестійкості конструкції за втратою її несучої здатності показана на рис.1.5:

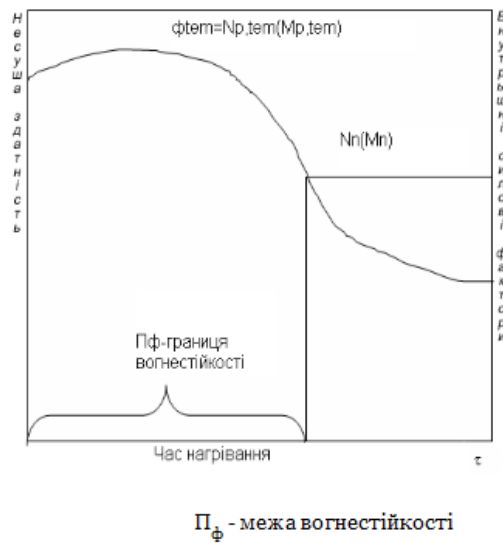


Рисунок 1.5 Структурна схема розрахунку межі вогнестійкості конструкції по втраті її несучої здатності

По вісі абсцис відкладений час нагрівання конструкції τ , а по вісі ординат – несуча здатність конструкції $\Phi_{tem} = N_{p,tem}(M_{p,tem})$ та величини внутрішніх силових факторів у вигляді діючого зусилля N_n (розтягу або стиснення) або згинаючого моменту M_n від дії нормативного навантаження. Межа вогнестійкості визначається при виконанні рівності за формулою

$$N_n(M_n) = \Phi_{tem} \quad (1.2)$$

Для побудови графіку на рис.1.3. проводиться наступна послідовність розрахунку:

- завдаються окремими періодами час нагрівання конструкції $\tau_1 \dots \tau_i$;
- для заданих періодів часу теплотехнічним розрахунком визначають температуру у перерізі конструкції;
- статичним розрахунком для цих проміжків часу визначають несучу здатність $\Phi_{tem1} \dots \Phi_{temi}$ конструкції з урахуванням зміни механічних характеристик матеріалу;
- будується графік зниження несучої здатності конструкції у часі, $\Phi_{tem} - \tau$;

- за графіком визначається межа вогнестійкості P_{ϕ} , тобто час, по завершенню якого несуча здатність конструкції знизиться до величини внутрішніх силових факторів $N_n(M_n)$ від нормативного навантаження.

Розрахунок межі вогнестійкості будівельних конструкцій виконують з урахуванням наступних припущень:

- розрахунку піддається окремо взята конструкція або конструктивний елемент без урахування зв'язку з іншими конструкціями, тобто не враховується сумісна робота конструкцій будівлі чи споруди;
- конструктивні елементи в умовах дії температурного режиму, представленого у вигляді залежності середньооб'ємної температури від часу, нагріваються однаково по всій довжині або висоті;
- витоками тепла по торцях конструкції нехтують;
- температурні напруження у конструкції, що з'явилися в результаті її нерівномірного прогрівання і в силу зміни пружно-пластичних властивостей матеріалу, не враховуються.

1.5 Актуальність проблеми розрахунку вогнестійкості будівель

Тільки за 2014 рік в Україні виникло 46476 пожеж, економічні втрати від яких склали 1 млрд. 310 млн. 963 тис. грн. В наслідок пожеж загинуло 3876 осіб, знищено та пошкоджено 20984 будівель. Близько 85 % від загальної кількості становлять пожежі у житлових та громадських будівлях. Застосування в будівництві матеріалів з невідомими показниками пожежної небезпеки та конструкцій з невизначеною межею вогнестійкості являється однією із причин таких наслідків.

Важливим напрямком технічної політики у галузі будівництва є підвищення якості та безпеки будівництва. Зростаючі темпи будівництва потребують застосування нових будівельних матеріалів, конструкцій та технологій. У зв'язку з цим забезпечення ефективного протипожежного

захисту під час будівництва сучасних житлових та громадських будівель є питанням актуальним.

Широке впровадження нових технологій, матеріалів і конструкцій можливе після їх атестації (сертифікації) через проведення вогневих випробувань у спеціальних установках та на фрагментах будівель збудованих у натуральну величину або після підтвердження їх пожежних параметрів надійними розрахунковими методами.

При цьому можуть виникати проблеми відтворення у великих вогневих камерах умов реальної пожежі та приведення результатів випробувань до стандартних, достовірної імітації стиків і умов примикання окремих елементів просторових об'ємних блоків із сусідніми блоками та врахування їх взаємного впливу і сумісної роботи, малої інформативності та недосконалості існуючої контрольно-вимірювальної апаратури та приладів, що працюють в умовах дії високих температур пожежі та зовнішнього навантаження. Перевагу над лабораторними дослідженнями у вогневих установках (рис.1.6) мають натурні вогневі випробування на дво-, триповерхових фрагментах або цілих будівлях. Головним недоліком лабораторних та натурних вогневих випробувань є висока вартість і великі трудовитрати при їх реалізації.

Сучасні норми вимагають для визначення межі вогнестійкості за ознакою втрати теплоізолюючої здатності виконувати складні та великомасштабні вогневі випробування, або використовувати розрахункові методи, які затверджені та узгоджені з центральним органом державного пожежного нагляду.

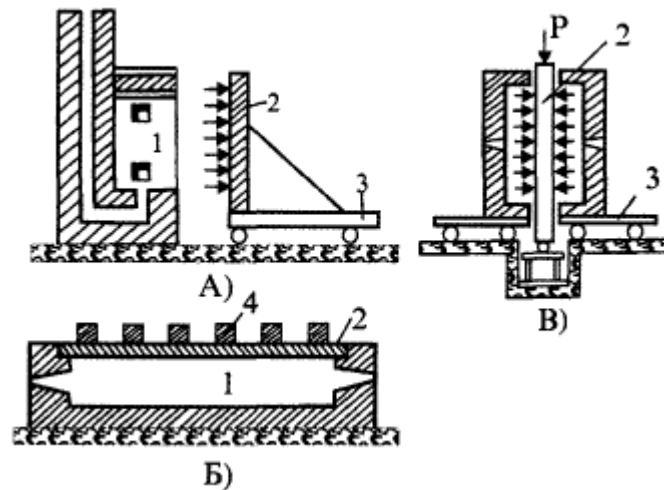


Рисунок 1.6 Схеми вогневих установок для випробувань різних будівельних конструкцій на вогнестійкість:

А) перегородок і стін; Б) перекриттів; В) колон

1 – вогнева камера; 2 – випробовувана конструкція; 3 – платформа; 4 – навантаження.

Вказані обставини призвели до необхідності, поряд з натурними випробуваннями, розробляти більш оперативні та економічні методи оцінки вогнестійкості. Особливо велика увага в останні роки приділяється розробці методів і засобів розрахункової оцінки вогнестійкості будівельних конструкцій.

Враховуючи вище вказане можна стверджувати, що створення автоматизованої системи розрахунку вогнестійкості будівель є актуальною науковою проблемою, яка має велике теоретичне і практичне народногосподарське значення.

1.6 Огляд вже існуючих інформаційних систем розрахунку вогнестійкості будівель

Ліра Windows – програма для розрахунку вогнестійкості основних залізобетонних елементів, вогнестійкості в пружній та нелінійній постановці,.

Ліра дозволяє:

- проводити чисельне моделювання температурних полів у перерізах основних елементів залізобетонних конструкцій будівель при односторонньому, тристоронньому і чотиристоронньому нагріванні і стандартному температурному режимі пожежі;
- отримувати дані для розрахунку несучої здатності каркасних статично невизначних залізобетонних будівель на сучасних програмних комплексах.
- розраховувати напружено-деформований стан статично невизначних залізобетонних конструкцій при пожежі.
- проводити чисельне моделювання зусиль і переміщень у монолітних каркасних багатоповерхових будинках з використанням.
- досліджувати вплив розташування й обсягу вогнищ пожежі на формування зусиль у процесі розвитку пожежі в плоскій і просторовій рамній системах з урахуванням фізичної нелінійності.
- розробляти конструктивні рішення, мінімізуючи температурні зусилля при пожежі;

У ПК Ліра Windows передбачений нелінійний розрахунок з обліком заданої фізичної нелінійності матеріалу.

Основними недоліками програми Ліра є: автоматична перерва розрахунку конструкції на вогнестійкість при досягненні одним елементом геометрично змінюваної схеми, при цьому відсутня інформація про напружено-деформований стан інших елементів будівлі.

Rx3 – програма для розрахунку межі вогнестійкості сталевих будівельних конструкцій з вогнезахисним покриттям за ознакою R.

Програма має наступні переваги:

- комбінування основних конструкцій будівлі в одному підрозділі;
- виведення проміжних даних;
- формування звітів та виведення на друк;
- зручність та простота використання;

Недоліками програми є:

- розрахунок конструкцій ведеться тільки по показнику «R» – втраті несучої здатності;
- розрахунок можливий тільки для сталевих будівельних конструкцій;
- відсутня можливість виведення висновків та перерахунку даних;

Статика 2008 Вогнестійкість - програма, для розрахунку залізобетонних конструкцій на вогнестійкість згідно СТО 36554501-006-2006 «Правила щодо забезпечення вогнестійкості та вогнезбереження залізобетонних конструкцій», ГОСТ 30247.0-94 «Конструкції будівельні. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги» і Eurocode 2.

Можливості програми:

У програмі розглядаються елементи прямокутного і круглого перерізів;

Для прямокутного перетину передбачені наступні схеми армування:

- Арматура розташовується в кутах перетину;
- Арматура розташовується уздовж контуру перетину;
- Арматура розташовується уздовж верхньої та нижньої сторін перерізу;
- Арматура розташовується довільним чином.

У круглому перерізі арматурні стержні рівномірно розподіляються вздовж окружності;

- Температурне поле визначається на основі рівняння нестационарної теплопроводності;
 - Температурна завдання вирішується методом кінцевих різниць;
 - Межа вогнестійкості визначається як період часу (у хвилинах) від початку пожежі до моменту виникнення граничного стану елемента;
 - Граничні зусилля при вогневому впливі визначаються на основі діаграм деформування стиснутого бетону і арматурної сталі при тих же припущеннях, що і при нормальній температурі;
 - Графічний висновок включає залежності теплофізичних характеристик бетону від температури, діаграми деформування стиснутого бетону і арматурної сталі, залежність температури середовища від часу, температурне поле в перерізі, залежність коефіцієнта запасу від часу;
- Недоліками програми є малий спектр будівельних конструкцій, малий вибір перерізів конструкцій, відсутність висновків.

1.7 Постановка задачі системи автоматизованого розрахунку вогнестійкості будівель

Проаналізувавши вже існуючі інформаційні системи розрахунку вогнестійкості будівельних конструкцій, постала проблема комплексного спрощеного розрахунку основних показників вогнестійкості окремої будівлі одночасно за всіма показниками вогнестійкості (за показником «R» – втратою несучої здатності, «I» – за втратою теплоізолюючої здатності, «E» – за втратою цілісності конструкції).

На основі цього ставиться задача визначення вогнестійкості будівель. Для цього необхідно проаналізувати найпоширеніші конструктивні елементи (залізобетонні плити, перекриття, колони, металеві ферми, арки тощо).

Вхідними даними такої системи будуть:

- 1) параметри будівлі, що розглядається;

- 2) параметри приміщення, яке досліджується на момент виникнення пожежі;
- 3) параметри основних конструкцій будівлі;
- 4) матеріал окремих конструктивних елементів, їх габарити;
- 5) розрахункове постійне навантаження на перекриття;
- 6) розрахункове тимчасове навантаження на перекриття.

Вихідні дані системи:

- 1) необхідна межа вогнестійкості основних конструктивних елементів будівлі;
- 2) розрахункова межа вогнестійкості основних конструктивних елементів будівлі;
- 3) необхідна ступінь вогнестійкості будівлі;
- 4) потрібна ступінь вогнестійкості будівлі;

2 КОНЦЕПТУАЛЬНЕ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКУ ВОГНЕСТІЙКОСТІ БУДІВЕЛЬ

2.1 Цільовий аналіз призначення автоматизованої системи розрахунку вогнестійкості будівель

На основі проведеного аналізу вогнестійкості будівель та споруд були виділені такі цілі системи:

- 1) визначити вогнестійкість головних конструктивних елементів заданої будівлі;
- 2) визначити межі вогнестійкості будівлі, тобто, часу, протягом якого конструкція може витримати дію вогню;
- 3) визначити граничний стан за ознакою втрати несучої здатності конструкції;
- 4) визначити час настання граничного стану за ознакою втрати несучої здатності конструкції;
- 5) визначити температурне поле в основних конструкціях будівлі;
- 6) визначити граничний стан за ознакою втрати цілісності конструкції;
- 7) визначити граничний стан за ознакою втрати теплоізоляційної здатності конструкції;
- 8) визначити режим пожежі в приміщенні;
- 9) визначити температуру поверхні конструкції, що не обігрівається;
- 10) розрахувати межі поширення вогню;
- 11) визначити ступінь вогнестійкості будівлі на основі межі вогнестійкості та максимальної межі поширення вогню;
- 12) визначити способи підвищення вогнестійкості будівлі для окремого прикладу;
- 13) розрахувати пожежне навантаження на конструктивні елементи будівлі;

14) визначити способи зменшення пожежного навантаження на конструктивні елементи будівлі.

На рис. 2.1 цілі системи подані у вигляді дерева цілей:



Рисунок 2.1 Дерево цілей системи розрахунку вогнестійкості будівель

Опишемо детальніше кожну ціль системи.

1. Розрахувати межі вогнестійкості будівлі – розрахувати час від моменту загоряння будівлі до настання мінімум однієї з ознак втрати цілісності основних конструктивних елементів (втрата несучої здатності, цілісності та теплоізолюючої здатності).

1.1. Визначити граничний стан за ознакою втрати несучої здатності – визначити параметри, які впливають на обвал конструкції або виникнення в ній граничних деформацій.

1.1.1. Визначити час настання граничного стану – розрахувати фактичний час від початку пожежі до втрати конструкцією несучої здатності.

1.1.2. Визначити температурне поле в конструкціях – розрахувати сукупність значень температури в усіх

точках конструкції в даний проміжок часу під час пожежі.

- 1.2. Визначити граничний стан за ознакою втрати цілісності – розрахувати час, за який в конструкції або стиках почнуть виникати наскрізні тріщини або наскрізні отвори.
- 1.3. Визначити граничний стан за ознакою втрати тепло ізолюючої здатності – розрахувати час, за який підвищення температури на поверхні конструкції, що не обігрівается, в середньому більше ніж на 160°C або в будь-якій точці цієї поверхні, більше ніж до 190°C в порівнянні з температурою конструкції до нагрівання або більше ніж до 220°C незалежно від температури конструкції до нагрівання.
 - 1.3.1. Визначити режим пожежі в приміщенні – визначити, як саме розвивається пожежа в будівлі, що розглядається, які фактори впливають на її перебіг для порівняння зі «стандартним» режимом пожежі.
 - 1.3.2. Визначити температуру поверхні конструкції, що не обігрівается – розрахувати дану температуру, виходячи з характеру пожежі, її режиму, характеристик самої конструкції для порівняння отриманих даних з допустимими значеннями та визначення необхідної межі вогнестійкості.
2. Визначити ступінь вогнестійкості будівлі – визначити здатність будівлі опиратися пожежі, враховуючи всі необхідні характеристики будівельних конструкцій, характер пожежі, її режим тощо.
3. Розрахувати пожежне навантаження – розрахувати кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні всіх горючих та важко горючих речовин і матеріалів (в тому числі тих, що входять до складу будівельних конструкцій), які перебувають у приміщенні або можуть до нього надходити.

- 3.1. Розрахувати густину пожежного навантаження – розрахувати пожежне навантаження на одиницю площі, що відноситься до площі поверху , або площі всіх огорожувальних конструкцій, враховуючи прорізи в них.
- 3.2. Визначити способи зменшення пожежного навантаження – визначити, які конструкції мають найбільше пожежне навантаження і на основі отриманих даних вибрати найбільш оптимальні способи його зменшення (замінити матеріали конструкцій, змінити їх габарити тощо).
4. Визначити способи підвищення вогнестійкості будівель – на основі проведених розрахунків вогнестійкості будівлі за основними показниками зробити порівняльний аналіз отриманих даних з нормативними, з метою визначення відповідності будівлі (її фактичного ступеня вогнестійкості), що розглядається, необхідному ступеню вогнестійкості. Якщо фактична ступінь вогнестійкості будівлі не відповідає нормативному, постає задача підвищення вогнестійкості основних конструктивних елементів даної будівлі.

2.2 Функціональний аналіз системи

На основі поставлених цілей, дана система повинна виконувати ряд функцій:

- 1) розрахунок головних характеристик вогнестійкості будівлі;
- 2) розрахунок меж вогнестійкості будівлі;
- 3) визначення меж поширення вогню з нормативних документів на основі отриманих даних меж вогнестійкості;
- 4) визначення граничного стану за ознакою втрати несучої здатності конструкції;
- 5) визначення часу настання граничного стану;
- 6) визначення температурного поля в конструкціях будівлі;

- 7) визначення граничного стану за ознакою втрати цілісності конструкції;
- 8) визначення граничного стану за ознакою втрати теплоізоляційної здатності конструкції;
- 9) визначення режиму пожежі в приміщенні;
- 10) визначення температури поверхні конструкції, що не обігрівається;
- 11) визначення ступеня вогнестійкості будівлі з нормативних документів на основі отриманих даних межі вогнестійкості;
- 12) визначення способів підвищення вогнестійкості будівлі;
- 13) розрахунок пожежного навантаження на конструктивні елементи будівлі;
- 14) визначення способів зменшення пожежного навантаження на конструктивні елементи будівлі.

На рис. 2.2 функції системи подані у вигляді дерева функцій:



Рисунок 2.2 Дерево функцій системи розрахунку вогнестійкості будівель
Опишемо детальніше кожну функцію системи.

1. Розрахунок межі вогнестійкості будівлі – розрахунок часу від моменту загоряння будівлі до настання мінімум однієї з ознак втрати цілісності основних конструктивних елементів (втрата

несучої здатності, цілісності та теплоізолюючої здатності). Розрахунок проводиться на основі наступних параметрів: габаритів основних видів конструктивних елементів, з яких складається будівля, матеріалів конструкцій, діючих навантажень на кожний конструктивний елемент, виду будівлі (промислова, цивільна, сільськогосподарська тощо), впливу зовнішніх факторів (погоди, пори року тощо).

1.1. Визначення граничного стану за ознакою втрати несучої здатності – визначення параметрів, які впливають на обвал конструкції або виникнення в ній граничних деформацій (позначення в нормах – «R»).

1.1.1. Визначення часу настання граничного стану – розрахунок фактичного часу від початку пожежі до втрати конструкцією несучої здатності.

1.1.2. Визначення температурного поля в конструкціях – розрахунок сукупності значень температури в усіх точках конструкції в даний проміжок часу під час пожежі.

1.2. Визначення граничного стану за ознакою втрати цілісності – розрахувати час, за який в конструкції або стиках почнуть виникати наскрізні тріщини або наскрізні отвори (позначення в нормах – «E»).

1.3. Визначення граничного стану за ознакою втрати теплоізолюючої здатності – розрахунок часу, за який підвищення температури на поверхні конструкції, що не обігрівається, в середньому більше ніж на 160°C або в будь-якій точці цієї поверхні, більше ніж до 190°C в порівнянні з температурою конструкції до нагрівання або більше ніж до 220°C незалежно від температури конструкції до нагрівання (позначення в нормах – «I»).

1.3.1. Визначення режиму пожежі в приміщенні – визначення, як саме розвивається пожежа в будівлі, що розглядається, які фактори впливають на її перебіг для порівняння з так званим «стандартним» режимом пожежі (згідно ІСО, стандарт №834).

1.3.2. Визначення температури поверхні конструкції, що не обігрівається – розрахунок даної температури, виходячи з характеру пожежі, її режиму, характеристик самої конструкції для порівняння отриманих даних з допустимими значеннями та визначення необхідної межі вогнестійкості.

2. Визначення ступеня вогнестійкості будівлі – визначення здатності будівлі опиратися пожежі за шкалою від 1 до 5 (ДБН В.1.1-7-2002), враховуючи всі необхідні характеристики будівельних конструкцій, характер пожежі, її режим тощо.
3. Розрахунок пожежного навантаження – розрахунок кількості теплоти, що виділяється при повному згоранні всіх горючих та важко горючих речовин і матеріалів (в тому числі тих, що входять до складу будівельних конструкцій), які перебувають у приміщенні або можуть до нього надходити.
4. Визначення способів підвищення вогнестійкості будівель – на основі проведених розрахунків вогнестійкості будівлі за основними показниками виконання порівняльного аналізу отриманих даних з нормативними, з метою визначення відповідності будівлі (її фактичного ступеня вогнестійкості), що розглядається, необхідному ступеню вогнестійкості. Якщо фактична ступінь вогнестійкості будівлі не відповідає нормативному, постає задача підвищення вогнестійкості основних конструктивних елементів даної будівлі.

2.3 Архітектура системи

Виходячи з поставлених цілей та визначених функцій системи, на рис. 2.3 приводиться архітектура системи автоматизованого розрахунку вогнестійкості будівель:

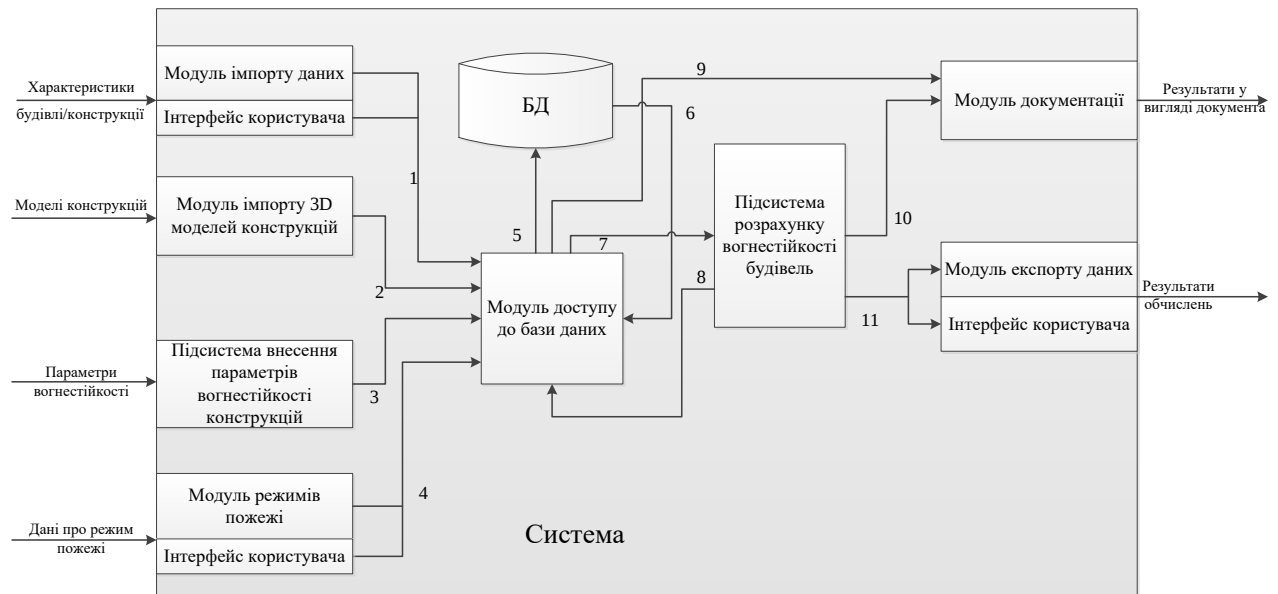


Рисунок 2.3 Архітектура системи, що розробляється

На рис.2.3 схематично зображено потоки даних всередині системи та потоки обміну даними між системою і зовнішнім середовищем.

Взаємодія із зовнішнім середовищем відбувається таким чином:

1. За допомогою модуля імпорту або інтерфейсу користувача в систему вводяться характеристики будівлі або конструкцій окремо.
2. За допомогою модуля імпорту 3D моделей конструкцій в систему імпортуються зображення конструктивних елементів конструкції (файли з розширеннями .dwg, .dxf, .ifc, .pln, .pla, .pmk, .a3d, .dwf, iges тощо).
3. Підсистема внесення параметрів вогнестійкості конструкцій служить для запису та збереження даних про характеристики вогнестійкості основних конструктивних елементів з нормативних документів (ДБН, СНіП).

4. За допомогою модулю режимів пожежі користувач має змогу обрати потрібний сценарій розвитку пожежі для свого розрахунку або ввести свої дані за допомогою інтерфейсу.

Основні потоки даних всередині системи такі (згідно нумерації на рис. 2.3):

1. Характеристики будівлі або окремих конструктивних елементів заносяться до модуля доступу до бази даних.
2. Моделі конструкцій будівлі заносяться до модуля доступу до БД.
3. Параметри вогнестійкості конструкцій заносяться до модуля доступу до БД.
4. Обраний користувачем режим пожежі заноситься до модуля доступу до БД.
5. Отримані дані зберігаються в базі даних.
6. Дані обираються безпосередньо з бази даних.
7. Всі необхідні дані потрапляють в робоче середовище – підсистему розрахунку вогнестійкості будівель.
8. Отримані дані розрахунку записуються до бази даних.
9. Результати обчислень після збереження в БД можна подати у вигляді документа (звіту).
10. Результати також можна подати безпосередньо у вигляді документа (звіту) без зберігання в базі даних.
11. Результати обчислень виводяться в інтерфейс користувача або заносяться до модуля експорту даних та записуються в потрібному форматі.

На рис.2.4 зображена структурна схема системи із розподілом функцій по підсистемах:



Рисунок 2.4 Структурна схема підсистем і функцій системи автоматизованого розрахунку вогнестійкості будівель

Наведемо додаткові пояснення:

1. Підсистема управління даними відповідає за збереження даних, обмін даними між системою, що розроблюється, та іншими системами.
 - 1.1. Модуль імпорту 3D зображень конструкції відповідає за імпорт, збереження, візуалізацію зображень основних конструктивних елементів будівлі, що надходять в систему з відомих програмних продуктів проектування та архітектури (AllPlan, ArchiCAD, AutoCad, Kompas тощо).
 - а. Імпорт зображень – в систему надходять зображення із зовнішніх джерел.
 - б. Вибір існуючих зображень – вибір вже існуючих зображень конструктивних елементів з бази даних системи.

- с. Збереження даних про конструкції – основні характеристики конструкцій, що потрібні для розрахунків, зберігаються в базі даних.
- д. Збереження зображень – інформація про зображення зберігаються в базі даних.

1.2. Підсистема внесення параметрів вогнестійкості конструкцій відповідає за ведення даних про основні параметри вогнестійкості будівельних конструкцій.

- а. Імпорт параметрів – в систему надходять параметри вогнестійкості будівельних конструкцій із зовнішніх систем або джерел.
- б. Вибір існуючих параметрів – за допомогою інтерфейсу користувач обирає з бази даних вже існуючі параметри вогнестійкості будівель.
- с. Збереження параметрів – в системі зберігаються імпортовані дані про параметри вогнестійкості.

1.3. Підсистема режимів пожежі відповідає за вибір можливих сценаріїв розвитку пожежі.

- а. Введення даних про режими пожежі – користувач задає дані про режими пожежі, що використовуються для подальших розрахунків вогнестійкості, вручну з інтерфейсу.
- б. Вибір існуючих параметрів – користувач обирає дані про існуючі режими пожежі з бази даних.
- с. Збереження даних про режим пожежі – в системі зберігаються задані дані про режими пожежі.

1.4. Модуль експорту даних відповідає за виведення даних в зовнішнє середовище у відомих форматах (txt, csv, xml).

- а. Імпорт даних – в дану підсистему надходять та обробляються дані з бази даних системи.

- b. Збереження даних – після необхідних модифікацій дані зберігаються у файлах бажаних форматів.
 - c. Експорт даних – отримані файли експортуються в зовнішнє середовище системи.
- 2. Підсистема інтерфейсу користувача відповідає за взаємодію користувача з системою.
 - 2.1. Підсистема розрахунку вогнестійкості включає всі потрібні функції для розрахунку вогнестійкості будівель.
 - a. Вибір сценарію розрахунку – користувач обирає потрібний сценарій перебігу пожежі в будівлі, що розглядається.
 - b. Розрахунок даних – на основі отриманих характеристик будівельних конструкцій та основних даних проводиться розрахунок межі та ступеня вогнестійкості, меж поширення вогню тощо.
 - c. Візуалізація розрахункових даних – в процесі розрахунку всі потрібні дані можуть бути виведені в інтерфейс користувача. Ця функція потрібна для візуального відображення процесу розрахунку та виведення проміжних даних.
 - d. Формування звітів – результати розрахунків можна вивести у формі звіту – документа, в якому детально розписані всі результати, виведені зображення будівлі, зроблені висновки.
 - e. Збереження розрахунків – користувач може зберегти всі розрахунки у вигляді документа потрібного формату або зображення.
 - 2.2. Модуль документації фактично є окремою підсистемою ведення звітів за результатами проведених розрахунків. Він потрібен для проведення маніпуляцій з отриманими та

збереженими раніше результатами розрахунку незалежно від теперішнього стану системи.

- a. Імпорт документа – користувачем імпортується документ з інших підсистем або з зовнішнього середовища.
- b. Налаштування документа – користувач проводить всі необхідні маніпуляції з документом. Записує нові дані, оновлює їх або виводить висновки за результатами проведених раніше розрахунків.
- c. Збереження документа – користувач зберігає документ в тому ж форматі або в іншому потрібному, який підтримує система.
- d. Експорт документа – користувач може експортувати документ в зовнішнє середовище системи у вигляді файлу в потрібному форматі.

3 ПРОЕКТУВАННЯ БАЗИ ДАНИХ

В попередньому розділі було проведено концептуальне та логічне проектування системи автоматизованого розрахунку вогнестійкості будівель.

На основі поставлених цілей були визначені функції системи та розроблена її архітектура. Проаналізувавши дану архітектуру, була виявлена взаємодія системи з базою даних.

3.1 Визначення сутностей БД системи

В архітектурі системи, яка була спроектована в попередньому розділі, було внесено базу даних. В ній міститься вся необхідна інформація про будівлю, її основні будівельні конструкції, конструктивні елементи, нормативні дані, які необхідні для розрахунку вогнестійкості.

Система розрахунку вогнестійкості будівель працює з класами інформації, що описують будівлю її конструкції та характеристики вогнестійкості (тип будівлі, її габарити, кількість поверхів, будівельні конструкції, матеріали, перерізи, моделі, показники вогнестійкості тощо).

Виходячи з вище сказаного, основними сутностями бази даних, яка необхідна для реалізації інформаційної системи, є: будівля, будівельні конструкції та елемент.

Розглянемо детальніше кожен з них.

Сутність «Будівля» має містити в собі інформацію про її тип, кількість поверхів, габарити, основні приміщення, їх типи, площі, основні будівельні конструкції тощо. Тобто, дана сутність містить сумарну інформацію про будівлі, що досліджуються на вогнестійкість.

Сутність «Будівельні конструкції» включає дані про основні будівельні конструкції будівлі, їх типи, габарити тощо.

Сутність «Елемент» містить в собі всю інформацію про матеріал елемента, його тип, переріз, технічні та нормативні дані, необхідні для розрахунку.

Визначившись з основними сутностями БД, перейдемо до її безпосередньої розробки.

3.2 Інфологічна модель БД

Інфологічний рівень являє собою інформаційно-логічну модель (ІЛМ) предметної області, в якій виключена надмірність даних і відображені інформаційні особливості об'єкту управління, без урахування особливостей і специфіки конкретної СУБД.

Беручи до уваги приведений в попередньому підрозділі опис сутностей сховища даних, була побудована інфологічна модель (рисунок 3.1).

Приведемо додаткові пояснення.

Сутність «Будівля» містить в собі параметри, що визначають конкретну будівлю.

Сутність «Приміщення» відображає характеристики конкретного приміщення за різними показниками.

Сутності «Тип приміщення» та «Тип будівлі» вказують на типові ознаки кожної з сутностей, що їм притаманні.

Сутність «Будівельна конструкція» містить в собі інформацію по конструкціям, що належать конкретній будівлі. Містить у собі сутності «Стіна», «Перекриття», «Покриття», кожна з яких відображає характеристики окремої будівельної конструкції.

Сутності «Ступінь вогнестійкості житлових будівель» та «Ступінь вогнестійкості громадських будівель» визначають оцінку вогнестійкості кожної з будівель, залежно від їх характеристик.

Сутність «Елемент» відображає сумарну інформацію конструктивного елемента по таким сутностям, як «Матеріал» та «Переріз». Де перша сутність визначає матеріал елемента, нормативні дані, що залежать від нього, а другий – зовнішній вигляд (переріз) елемента.

Сутності «Тип матеріалу» та «Тип перерізу» вказують на типові ознаки кожного матеріалу та перерізу елемента.

Сутність «Модель» служить для відображення інформації про модель конструкцій, що імпортується в систему.

Сутності «Брус», «Кутик», «Швелер», «Кільце», «Тавр», «Двутавр», «Двутавр нерівнополічний» характеризують кожен переріз окремо по його габаритах. Сутності «Сталь», «Камінь», «Бетон» – кожен матеріал окремо за його характеристиками.

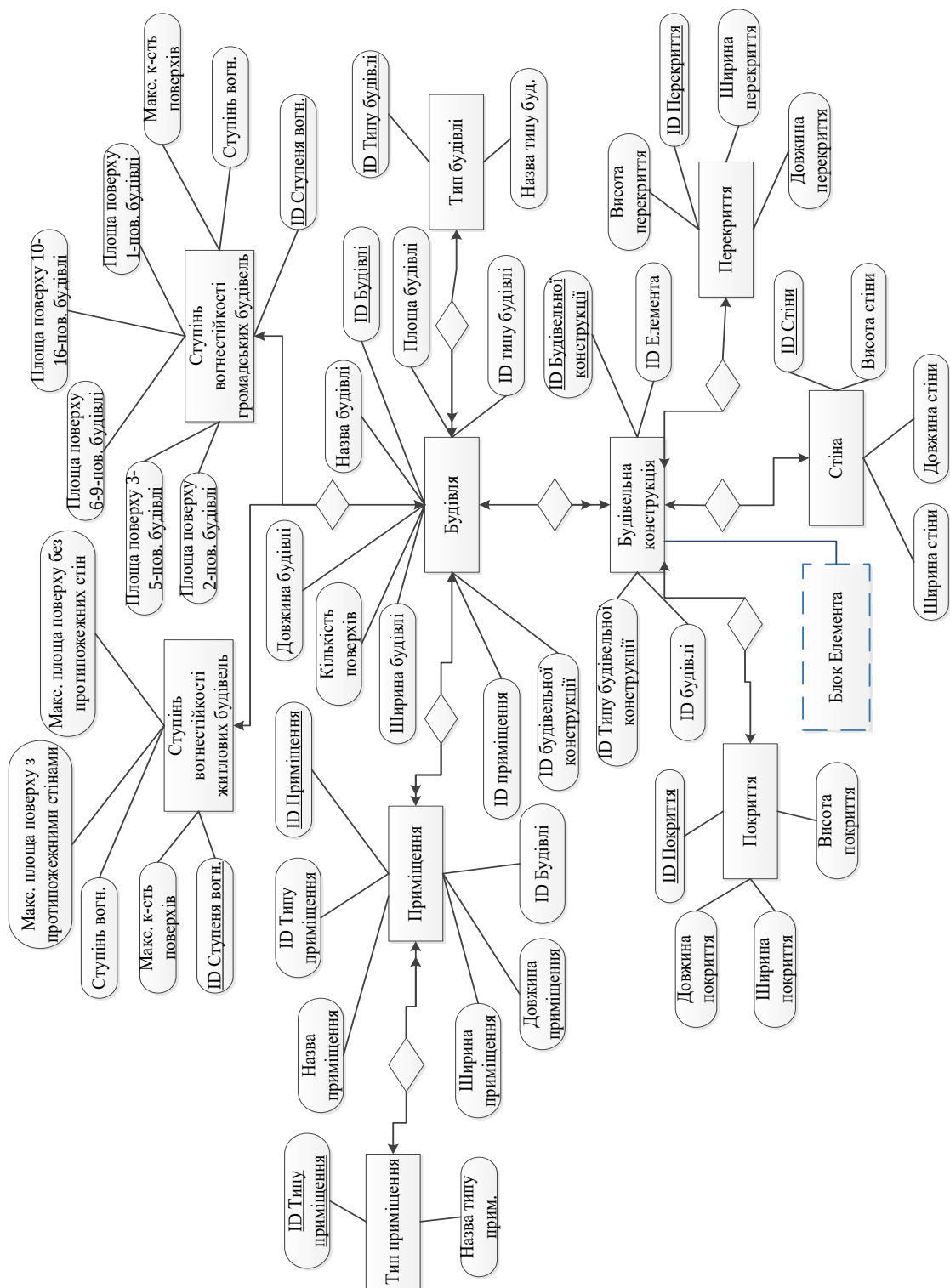
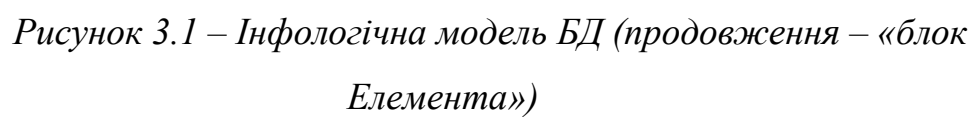


Рисунок 3.1 – Інфологічна модель БД



Даталогічна модель БД

На рисунку 3.2 приведена даталогічна модель бази даних:

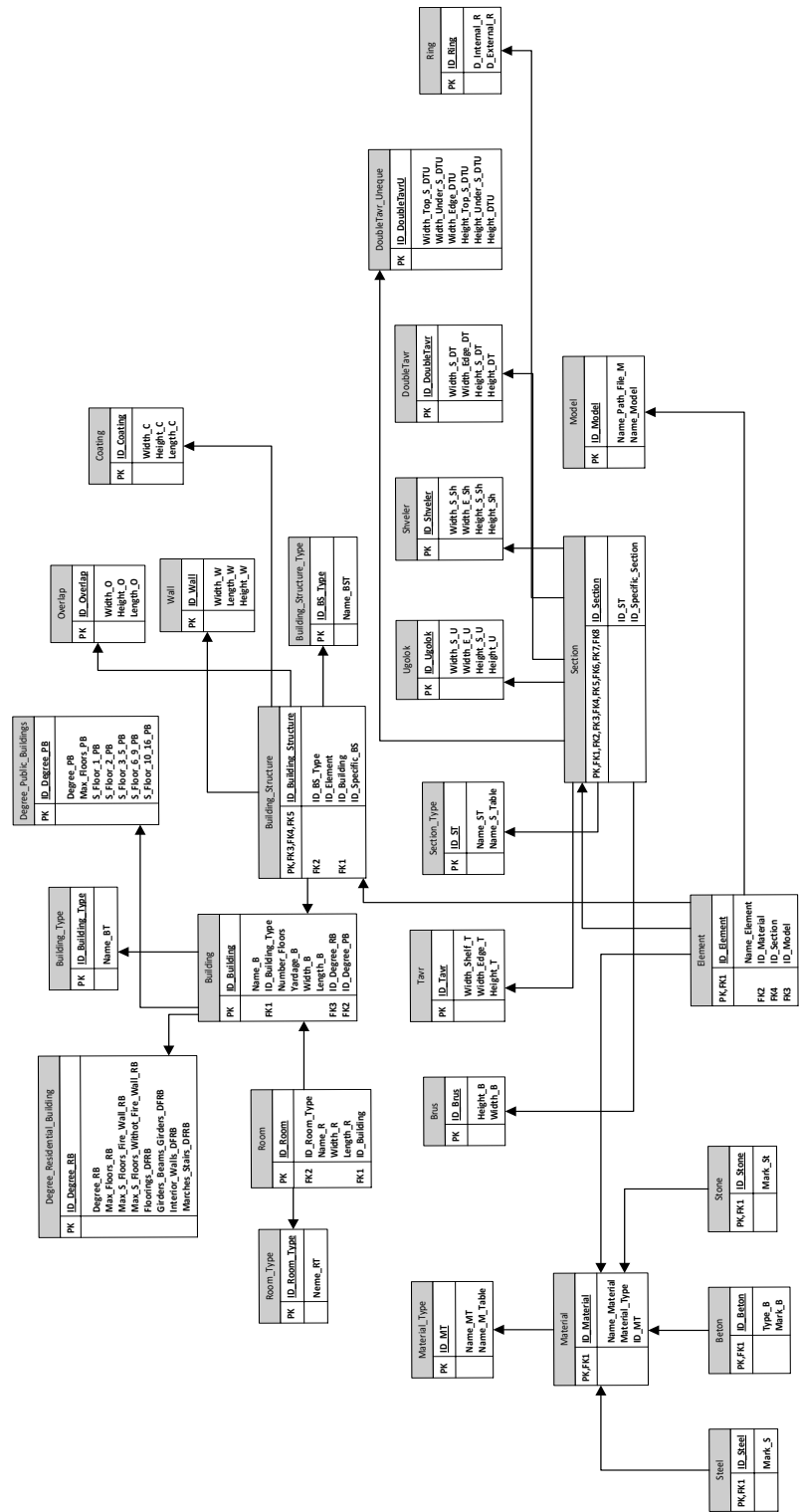


Рисунок 3.2 – Даталогічна модель БД

3.3 Фізична модель БД

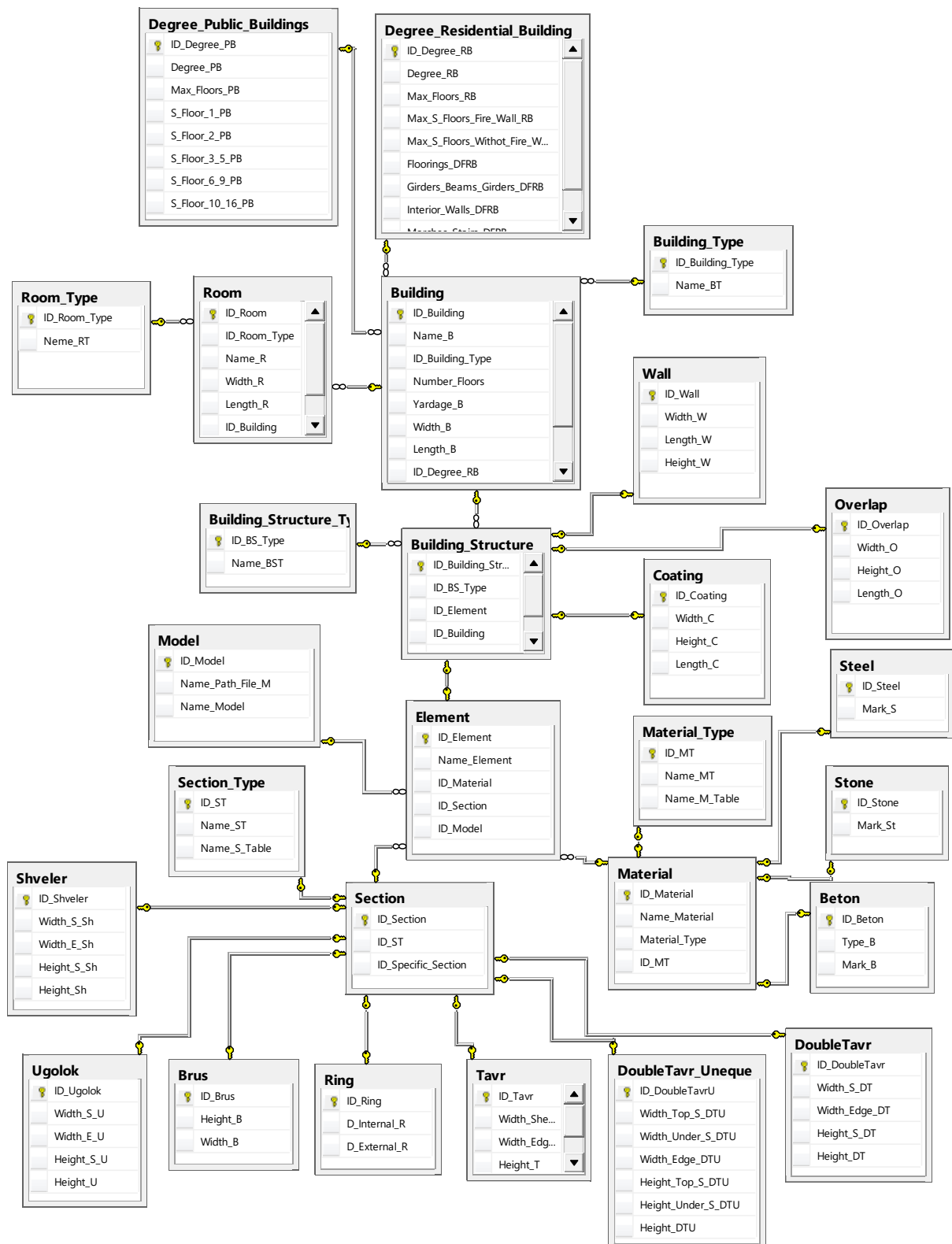


Рисунок 3.3 – Фізична модель БД

Фізична модель бази даних системи наведена на рисунку 3.3. В таблицях 3.1 – 3.24 приводиться реалізація таблиць бази даних.

Таблиця 3.1 Будівля

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Будівлі	ID_Building	int	PK
Назва будівлі	Name_B	Text	
Кількість поверхів	Number_Floors	int	
Площа будівлі	Yardage_B	float	
Довжина будівлі	Length_B	float	
Ширина будівлі	Width_B	float	
ID Типу будівлі	ID_Building_Type	int	FK
ID Ступеня вогнестійкості	ID_Degree_PB	int	FK

Таблиця 3.2 Тип будівлі

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Типу будівлі	ID_Building_Type	int	PK
Назва типу будівлі	Name_BT	nvarchar(50)	

Таблиця 3.3 Приміщення

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Приміщення	ID_Room	int	PK
ID Типу приміщення	ID_Room_Type	Int	
Назва приміщення	Name_R	nvarchar(50)	
Ширина приміщення	Width_R	float	
Довжина приміщення	Length_R	float	
ID Будівлі	ID_Building	int	FK

Таблиця 3.4 Тип приміщення

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Типу приміщення	ID_Room_Type	int	PK
Назва типу приміщення	Neme_RT	nvarchar(50)	

Таблиця 3.5 Будівельна конструкція

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Будівельної конструкції	ID_Building_Structure	int	PK
ID Типу будівельної конструкції	ID_BS_Type	int	
ID Елемента	ID_Element	int	
ID Будівлі	ID_Building	int	FK
ID Конкретної будівельної конструкції	ID_Specific_BS	int	

Таблиця 3.6 Стіна

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Стіни	ID_Wall	int	PK
Ширина стіни	Width_W	float	
Довжина стіни	Length_W	float	
Висота стіни	Height_W	float	

Таблиця 3.6 Перекриття

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Перекриття	ID_Overlap	int	PK
Ширина перекриття	Width_O	float	

Висота перекриття	Height_O	float	
Довжина перекриття	Length_O	float	

Таблиця 3.7 Елемент

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Елемента	ID_Element	int	PK
Назва елемента	Name_Element	nvarchar(50)	
ID Матеріалу	ID_Material	int	FK
ID Перерізу	ID_Section	int	FK
ID Моделі	ID_Model	int	FK

Таблиця 3.8 Матеріал

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Матеріалу	ID_Material	int	PK
Назва матеріалу	Name_Material	nvarchar(50)	
Тип матеріалу	Material_Type	nvarchar(50)	
ID Типу матеріалу	ID_MT	int	

Таблиця 3.9 Тип матеріалу

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Типу матеріалу	ID_MT	int	PK
Назва типу матеріалу	Name_MT	nvarchar(50)	
Назва таблиці матеріалу	Name_M_Table	nvarchar(50)	

Таблиця 3.10 Переріз

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Перерізу	ID_Section	int	PK
ID Типу перерізу	ID_ST	int	

ID Конкретного перерізу	ID_Specific_Sectio n	int	
----------------------------	-------------------------	-----	--

Таблиця 3.11 Тип переріз

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Типу перерізу	ID_ST	int	PK
Назва типу перерізу	Name_ST	nvarchar(50)	
Назва таблиці перерізу	Name_S_Table	nvarchar(50)	

Таблиця 3.12 Сталь

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Сталі	ID_Steel	int	PK
Марка сталі	Mark_S	nvarchar(50)	

Таблиця 3.13 Бетон

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Бетону	ID_Beton	int	PK
Тип бетону	Type_B	nvarchar(50)	
Клас бетону	Mark_B	nvarchar(50)	

Таблиця 3.14 Камінь

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Каменя	ID_Stone	int	PK
Марка каменя	Mark_St	nvarchar(50)	

Таблиця 3.15 Брус

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Бруса	ID_Brus	int	PK

Висота бруса	Height_B	float	
Ширина Бруса	Width_B	float	

Таблиця 3.16 Кільце

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Кільця	ID_Ring	int	PK
Внутрішній діаметр	D_Internal_R	float	
Зовнішній діаметр	D_External_R	float	

Таблиця 3.17 Тавр

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Тавра	ID_Tavr	int	PK
Ширина полиці	Width_Shelf_T	float	
Ширина ребра	Width_Edge_T	float	
Висота тавра	Height_T	float	

Таблиця 3.18 Двутавр

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Двутавра	ID_DoubleTavr	int	PK
Ширина полиці	Width_S_DT	float	
Ширина ребра	Width_Edge_DT	float	
Висота полиці	Height_S_DT	float	
Висота двутавра	Height_DT	float	

Таблиця 3.19 Двутавр нерівноплічний

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Двутавра нерівноплічного	ID_DoubleTavrU	int	PK
Ширина верхньої	Width_Top_S_DT	float	

полиці	U		
Ширина нижньої полиці	Width_Under_S_D TU	float	
Ширина ребра	Width_Edge_DTU	float	
Висота верхньої полиці	Height_Top_S_DT U	float	
Висота нижньої полиці	Height_Under_S_ DTU	float	
Висота двотавра нерівнополочного	Height_DTU	float	

Таблиця 3.20 Швелер

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Швелера	ID_Shveler	int	PK
Ширина полиці	Width_S_Sh	float	
Ширина ребра	Width_E_Sh	float	
Висота полиці	Height_S_Sh	float	
Висота швелера	Height_Sh	float	

Таблиця 3.21 Кутик

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Кутика	ID_Ugolok	int	PK
Ширина полиці	Width_S_U	float	
Ширина ребра	Width_E_U	float	
Висота полиці	Height_S_U	float	
Висота кутика	Height_U	float	

Таблиця 3.22 Модель

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
------------	----------	-----------	------

ID Модель	ID_Model	int	PK
Назва моделі	Name_Model	nvarchar(50)	
Шлях та назва файлу	Name_Path_File_M	nvarchar(50)	

Таблиця 3.23 Ступінь вогнестійкості громадських будівель

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Ступеня вогнестійкості	ID_Degree_PB	int	PK
Ступінь вогнестійкості	Degree_PB	int	
Максимальна кількість поверхів	Max_Floors_PB	int	
Площа поверху в 1-поверховій будівлі	S_Floor_1_PB	float	
Площа поверху в 2-поверховій будівлі	S_Floor_2_PB	float	
Площа поверху в 3-5поверховій будівлі	S_Floor_3_5_PB	float	
Площа поверху в 6-9-поверховій будівлі	S_Floor_6_9_PB	float	
Площа поверху в 10-16-поверховій будівлі	S_Floor_10_16_PB	float	

Таблиця 3.24 Ступінь вогнестійкості житлових будівель

Назва поля	Код поля	Тип даних	Ключ
ID Ступеня вогнестійкості	ID_Degree_RB	int	PK

Ступінь вогнестійкості	Degree_RB	int	
Максимальна кількість поверхів	Max_Floors_RB	int	
Максимальна площа поверху з протипо- жежними стінами	Max_S_Floors_Fire_ Wall_RB	float	
Максимальна площа поверху без проти- пожежних стін	Max_S_Floors_Withot _Fire_Wall_RB	float	
Настили	Floorings_DFRB	nchar(10)	
Ферми, балки, про- гони	Girders_Beams_Girder s_DFRB	nchar(10)	
Внутрішні стіни	Interior_Walls_DFRB	nchar(10)	
Марші та площадки сходів	Marches_Stairs_DFRB	nchar(10)	

У відповідні таблиці були внесені поля зовнішніх ключів.

4 АЛГОРИТМИ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

В четвертому розділі проведемо обґрунтування вибору інструментальних програмних засобів для проектування і розробки системи, представимо об'єктно-орієнтовану модель у вигляді UML-діаграми класів, а також проведемо опис найголовніших алгоритмів, за якими функціонуватиме проектувана система.

4.1 Вибір середовища та мови програмування

Для розробки даного проекту було обрана мова програмування C# для платформи .NET4.0, середовище розробки – Microsoft Visual Studio 2010. Мова C# є дуже потужним і гнучким інструментом для розробки програмного забезпечення, а інтегроване середовище розробки Microsoft Visual Studio надає можливість зручно та ефективно проводити написання та відлагодження програмного коду.

Microsoft Visual Studio 2010 Представлений 12 квітня 2010 року. Включає .NET Framework 4.0. З'явилася нова мова F#, Visual C++ підтримує стандарт C++0x.

Інструменти Visual Studio 2010 допоможуть не тільки в створенні звичних програм для мобільних телефонів і персональних комп'ютерів, але в розробці хмарних застосунків. При цьому процес тестування, зневадження і розгортання програм в «хмарі» аналогічний створенню .NET-застосунків. Іншим важливим доповненням в Visual Studio 2010 є інструменти для багатониткової розробки з використанням як некерованого коду, так і .NET Framework.

У Visual Studio 2010 повністю перероблений інтерфейс з використанням Windows Presentation Foundation (WPF), упроваджено наступне покоління інструментів ASP.NET, є підтримка динамічних

розширень в мовах програмування C# і Visual Basic, використовуються нові шаблони проектів, інструментарій для документування тестових сценаріїв і велика кількість нових бібліотек, що підтримують Windows 7.

Visual Studio Ultimate 2010, формально це Visual Studio Team System 2010, кодове ім'я Rosario, це новий інструмент для спільної розробки застосувань.

Головними перевагами платформи .NET Framework можна виділити :

Незалежність від мови програмування. Завдячуючи .NET, код всіх мов, тобто Visual Basic .NET, C#, J# C++/CLI, компілюється в загальну мову проміжного рівня – *Intermediate Language*. Це означає, що всі ці мови володіють можливістю взаємодії.

Об'єктно-орієнтоване програмування. Середовище .NET від початку базувались на об'єктно-орієнтованих принципах.

Наявність великої бібліотеки базових класів.

Кросплатформеність. При компіляції коду для .NET Framework компілятор генерує код на загальній проміжній мові. Це означає, що можна розгортати програми на будь-якій машині, де працюють версії CLR та FCL (фактично, там де встановлена відповідна версія .NET Framework).

Автоматичне керування пам'яттю. Програмування потребує великої майстерності і дисципліни, особливо коли мова йде про управління використання ресурсів (файлів, пам'яті, простору екрану тощо). Одна з найпоширеніших помилок – недбале відношення до вивільнення цих ресурсів, що може призвести до некоректного виконання програми в непередбачуваний момент. CLR автоматично відслідковує використання ресурсів, гарантуючи що не відбудеться їх витік.

Перевірка безпеки типів. CLR може перевіряти безпеку використання типів в коді, що гарантує коректне звернення до існуючих типів. Якщо вхідний параметр метода оголошений як 4-байтове значення, CLR виявить і попередить передачу 8-байтового значення в якості значення цього

параметру. Безпека типів також означає, що управління може передаватися тільки в певні точки (точки входу в методи).

C# — об'єктно-орієнтована мова програмування з безпечною системою типізації для платформи .NET. Розроблена Андерсом Гейлсбергом, Скотом Вілтанутом та Пітером Гольде під егідою Microsoft Research (при фірмі Microsoft).

Синтаксис C# близький до C++ і Java. Мова має строгу статичну типізацію, підтримує поліморфізм, перевантаження операторів, вказівники на функції-члени класів, атрибути, події, властивості, винятки, коментарі у форматі XML. Переїнявши багато що від своїх попередників — мов C++, Delphi, Модула і Smalltalk — C#, спираючись на практику їхнього використання, виключає деякі моделі, що зарекомендували себе як проблематичні при розробці програмних систем, наприклад множинне спадкування класів (на відміну від C++).

В мові C# повноцінно реалізований принцип рефлексії (відображення), який дозволяє обробляти програмний код як дані. Це спрощує роботу з програмами, що мають динамічну структуру (таку, що змінюється під час виконання програми), що є важливим для даного проекту, адже планується широке використання зовнішніх бібліотек класів у форматі DLL.

4.2 Діаграма основних класів системи

Діаграма класів — статичне представлення структури моделі. Відображає статичні (декларативні) елементи, такі як: класи, типи даних, їх зміст та відношення.

Діаграма класів розроблюваної системи зображена на рисунку 4.1. Дана діаграма є об'єднаною для основних типів будівель (житлова, промислова, громадська, сільськогосподарська тощо). Розглянемо детальніше кожен з класів діаграми.

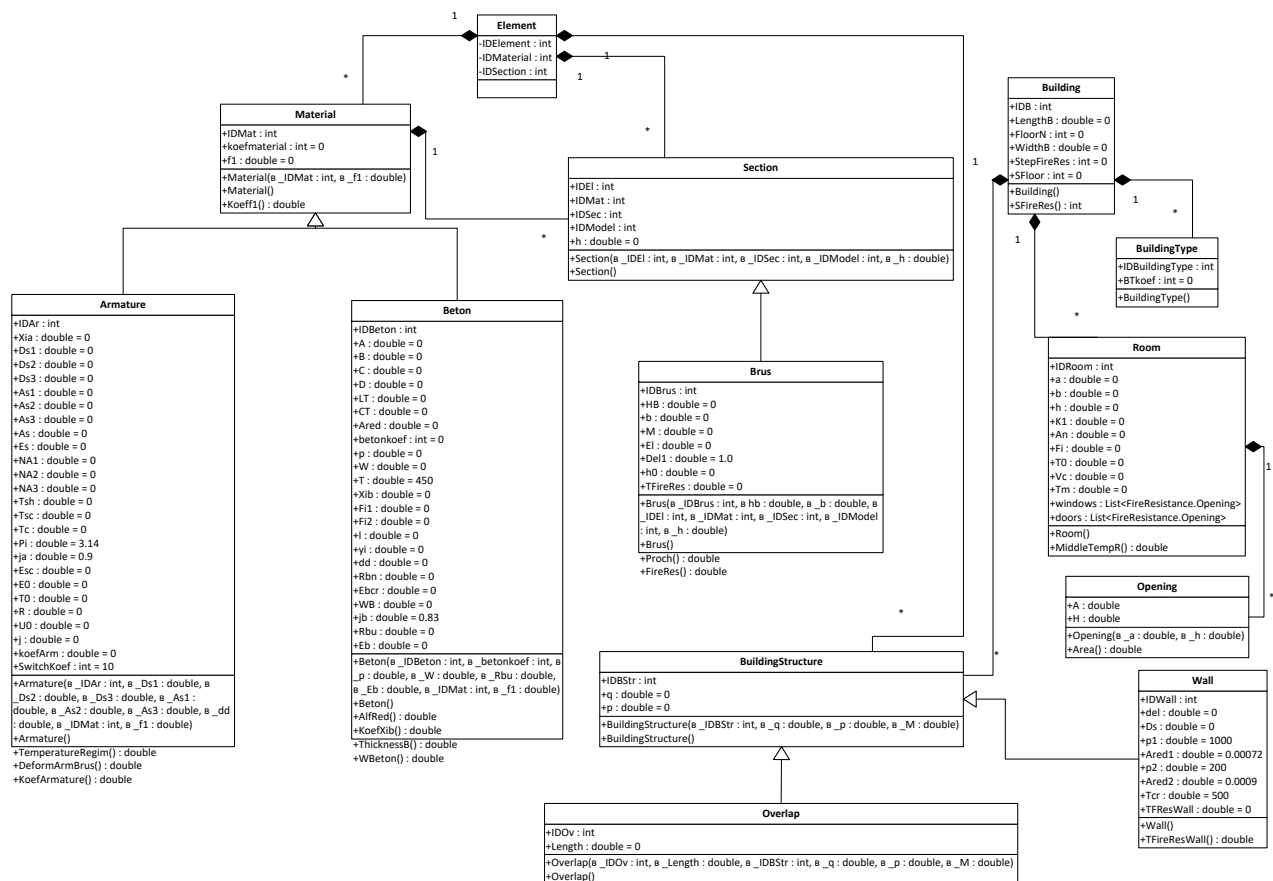


Рисунок 4.1 UML-діаграма основних класів системи

Розглянемо детальніше основні класи діаграми.

Клас *Armature* є дочірнім класом *Material*, містить опис параметрів арматури і включає в себе наступні методи:

1. *TemperatureRegim()* – метод розрахунку зміни температури робочої зони арматури залізобетонного елемента. На основі зчитаних параметрів арматури розраховується температура арматури в даний проміжок часу з певним кроком. Повертає значення *Tstau*.
2. *DeformArmBrus()* – метод, за допомогою якого розраховуються всі можливі деформації арматури в залізобетонному елементі під час обігріву його з декількох сторін. Вихідними даними даного методу є критична деформація арматури, яка призводить до втрати міцності конструктивного елемента. Повертає значення *Es1*.

3. *KoefArmature()* – метод визначення узагальнених характеристик опору стержневої арматури впливу пожежі. Повертає значення *koefArm*.

Клас *Beton* є дочірнім класом *Material*, описує основні параметри бетону і містить наступні методи:

1. *AlfRed()* – метод визначення приведенного коефіцієнту температуропровідності бетону. Повертає значення *Ared*.
2. *KoefXib()* – метод визначення параметру *Xib*, який залежить від відстані від точки перерізу до *i*-ї поверхні, що обігрівається. Повертає значення *Xib*.
3. *ThicknessB()* – метод розрахунку товщини бетону, який почав прогріватися під час пожежі. Повертає значення *l*.
4. *WBeton()* – метод визначення характеристики стиснутої зони бетону (дані вибираються по п. 3.12 СНіП ЗБК). Повертає значення *WB*.

Клас *Brus* є дочірнім класом *Section*, описує переріз типу брус і містить наступні методи:

1. *Proch()* – метод розрахунку задачі міцності бруса. Даний метод розраховує відносну висоту стиснутої зони залізобетонного бруса. Повертає значення *El*.
2. *FireRes()* – метод розрахунку межі вогнестійкості перерізу брус. Повертає значення *TfireRes* – час, за який залізобетонний елемент брус втратить свою несучу здатність.

Клас *Building* описує розрахунки основних параметрів будівлі та містить один метод:

SFireRes() – метод розрахунку необхідного ступеня вогнестійкості заданої будівлі в залежності від її типу, кількості поверхів та площі одного поверху. (Дані обираються зі СНіП 21.01-97*). Повертає значення *StepFireRes*.

Клас *Material* описує загальні параметри матеріалу та містить наступний метод:

Koeff1() – метод визначення необхідного коефіцієнту матеріалу будівельної конструкції, який надалі використовується в класі *Room*. Повертає значення *f1*.

Клас *Room* описує загальні параметри приміщення будівлі, в якому розгортається пожежа і містить наступні члени:

1. *MiddleTempR()* – метод розрахунку середньої температури середовища в приміщенні, де розгортається пожежа. Повертає значення *Tfr*.
2. *List<Opening> windows* – список, який зберігає значення висоти та ширини всіх вікон приміщення.
3. *List<Opening> doors* – список, який зберігає значення висоти та ширини всіх дверей приміщення.

Клас *Opening* описує всі отвори приміщення (вікна, двері) і має наступний метод:

Area() – метод розрахунку площі вертикальних отворів приміщення. Повертає значення $A * H$.

Клас *Overlap* є дочірнім класом *BuildStructure*, описує пар матери перекриття і містить такий метод:

TFireResOverlap() – метод розрахунку межі вогнестійкості плити перекриття приміщення, де розгортається пожежа. Повертає значення *TFireResO* – час, за який плита перекриття втратить свою несучу здатність.

Клас *Wall* є дочірнім класом *BuildStructure*, описує пар матери стіни і містить метод:

TFireResWall() – метод розрахунку межі вогнестійкості стін приміщення. Повертає значення *TFireResWall* – час, за який стіни втратять свої несучі здатності.

Класи *BuildingStructure* (будівельна конструкція), *BuildingType* (тип будівлі), *Globals* (клас глобальних змінних проекту), *Section* (переріз) – містять змінні, необхідні для доступу до інших класів, класів-нащадків, бази даних тощо.

Для доступу до бази даних було створено окремий клас *DataBaseImporter*. Він містить в собі методи та змінні, необхідні для запису та зчитування необхідних даних з *FireResistance.mdf* – локальної бази даних проекту. На рисунку 4.2 зображений даний клас в нотації UML:

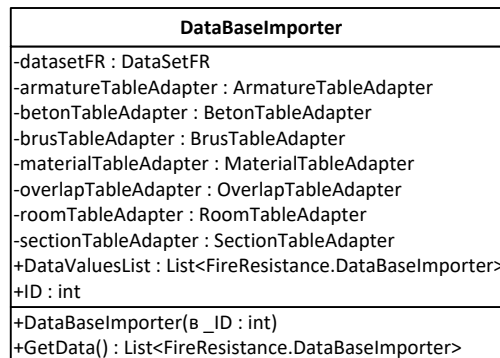


Рисунок 4.2 Клас DataBaseImporter в нотації UML

Цей клас включає наступні члени:

datasetFR – контейнер для об'єктів DataTable бази даних FireResistance.

armatureTableAdapter – згенерований список VS, який формує набір рядків таблиці Armature зі строгим контролем типів.

betonTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Beton.

brusTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Brus.

materialTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Material.

overlapTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Overlap.

roomTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Room.

sectionTableAdapter – те ж, тільки для таблиці Section.

DataValuesList – список, в який заносяться згенеровані дані з кожного TableAdapter.

Метод *GetData()* – отримує потрібні дані з *TableAdapter* та заносить в список *DataValuesList* з таблиць бази даних.

Таким чином, цей клас містить всі необхідні поля і методи для імпорту та експорту даних з БД.

4.3 Опис основних алгоритмів системи

4.3.1 Основний алгоритм роботи програми

Розрахунок вогнестійкості будівлі проводиться на основі імпортованої моделі або даних користувача, введених безпосередньо з екрану. 3D модель генерує всі необхідні дані про обрану будівлю: її тип, розміри, кількість поверхів, площу поверху, приміщення, в якому розвивається пожежа, режим пожежі, габарити приміщення, набори несучих конструкцій тощо.

Користувач може ввести всі ці дані та обрати необхідні параметри розрахунку вручну і/або внести їх до бази даних та виконати необхідні розрахунки.

На рисунку 4.3 приведено схему основного алгоритму роботи програми.

В процесі роботи необхідно обрати тип розрахунку вогнестійкості. Перед початком роботи дані мають бути завантажені з бази даних або введені вручну для подальшої їх обробки. Також дані можна зберегти в базі даних для повторного їх використання. На основі отриманих даних проводиться основний розрахунок та виводяться результати роботи програми. На першому етапі розрахунків визначається необхідний та фактичний ступені вогнестійкості будівлі, далі – необхідні та фактичні межі вогнестійкості несучих конструктивних елементів будівлі, також пожежне навантаження та способи його зменшення. Отримані дані можна подати у вигляді звіту та, за необхідності, зберегти їх у текстовий файл.

Отримавши необхідні результати, роботу програми можна завершити або почати нову сесію.

Всі потрібні дії подано у вигляді підпроцесів, кожен з яких виконує свої функції і містить свої набори вхідних та вихідних даних, методи обробки інформації тощо.

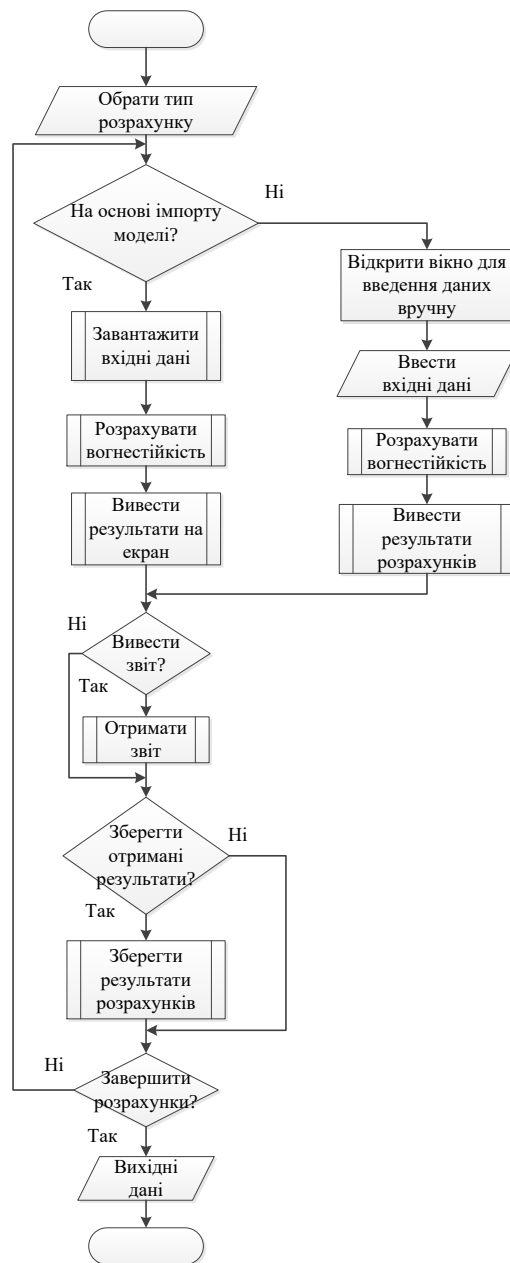


Рисунок 4.3 Схема алгоритму роботи програми

4.3.2 Алгоритми розрахунку залізобетонної конструкції

На рисунку 4.4 зображена схема алгоритму розрахунку зміни температури робочої арматури залізобетонної конструкції. Даний алгоритм викликається у випадку розрахунку межі вогнестійкості ЗБК.

Для роботи алгоритму необхідні такі початкові дані: габарити приміщення (a , b , h) та отворів (B , H), середнє навантаження на конструкцію (q – визначається окремо), початкова температура в приміщенні (T_0), характеристики ЗБК (клас бетону та арматури, марка сталі, кількість

стержнів арматури NA , її площа A_s та діаметр d_s , густина ρ та вологість бетону w , товщина захисного шару бетону до низу розтягнутої арматури δ). На першому етапі розраховуються площі огорожень та отворів приміщення, коефіцієнт прорізності. Далі визначається коефіцієнт f_1 в залежності від матеріалу конструкції. Потім визначаються коефіцієнти прорізності (K_1^{pr}), приведенного пожежного навантаження (q^{pr}), режиму пожежі (ψ), час настання максимальної температури середовища (τ_m), швидкість зниження температури середовища в приміщенні. Після цього запускається цикл збільшення температури на величину 0,5 годин та розрахунку температури середовища (T_{fr}) при виконанні умови ($\tau \leq \tau_m$).

Наступним кроком алгоритму є визначення параметрів A , B , C , D – значення теплотехнічних характеристик бетону та арматури. На основі отриманих даних розраховуються теплове джерело пожежі (Θ_n^ψ), коефіцієнт теплопровідності ($\lambda(T)$), питома теплоємність ($C(T)$) бетону та арматури та коефіцієнт температуропровідності (ξ_{red}).

Далі визначаються коефіцієнти ϕ_1 та ϕ_2 , які залежать від густини бетону. На їх основі проводяться розрахунки величин x_i^* , товщини бетону, що почав прогріватися (l), відносної відстані (r) та температури бетону та арматури в стадії розігріву в залежності від кількості поверхонь, що обігріваються.

На наступному кроці алгоритму розраховується температура бетону та арматури в стадії затухання пожежі (T_c). Ця величина залежить від параметрів Θ_c , F_0 , безрозмірної координати η , величин μ_n та A_n .

Останнім етапом алгоритму є визначення шуканої температури T бетону та арматури ЗБК, в залежності від їх температур у фазі розігріву та затухання.

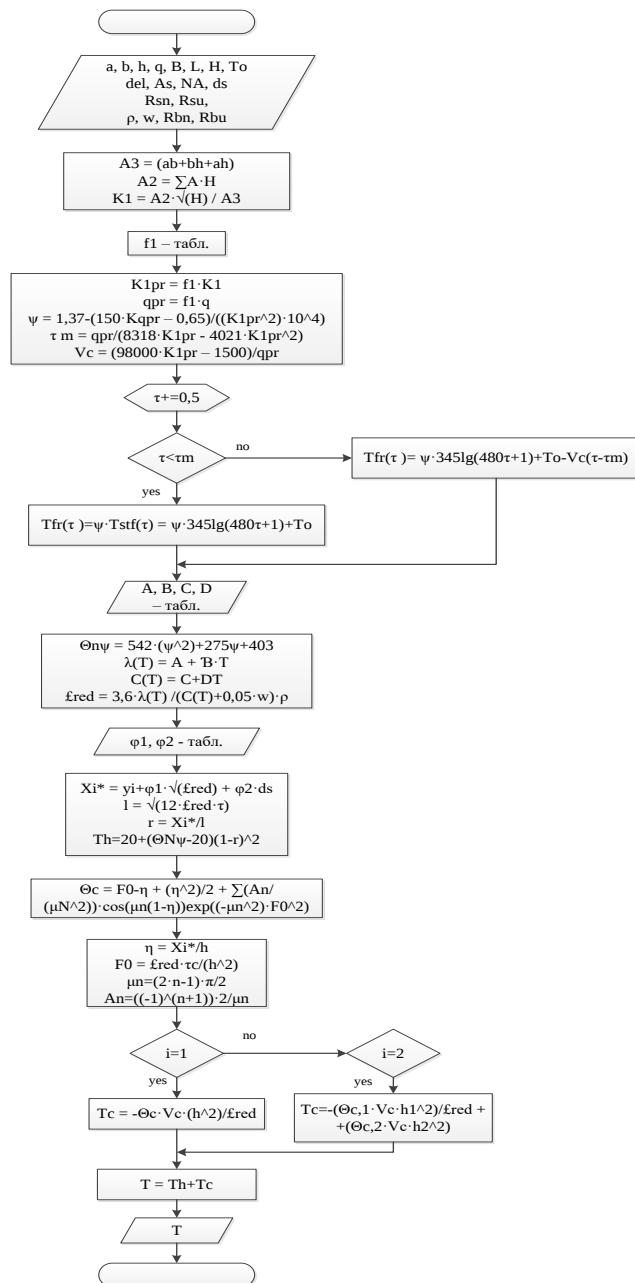


Рисунок 4.4 Схема алгоритму розрахунку зміни температури робочої арматури залізобетонної конструкції

На рисунку 4.5 приведена схема алгоритму розрахунку межі вогнестійкості ЗБ конструкції. Даний алгоритм виконується, коли необхідно визначити межу вогнестійкості конструкції в залежності від її граничних деформацій.

Вхідними даними для даного алгоритму є: габарити перерізу конструкції (b , l), нормативне навантаження (q), короточасні навантаження

від власної ваги (p), товщина захисного шару бетону до низу розтягнутої арматури (δ), класи бетону та арматури, площа арматури A_s , параметри R_{bu} , R , U_0 , γ , τ , ϵ_0 .

Спочатку визначається максимальний згинальний момент від механічних навантажень M . Далі визначається поправочний коефіцієнт Δ_l , який враховує зміни робочої ширини перерізу «В» елемента під час нагрівання і розраховується, залежно від типу перерізу конструкції.

Наступним кроком алгоритму є розрахунок відносної висоти стиснутої зони бетону в граничній рівновазі нагрітого елемента ξ_l . Далі визначається характеристика стиснутої зони бетону (ω), що залежить від параметру a . Після чого виконується перевірка навантажень (короткострокові чи довгострокові) і визначається гранична стисливість бетону ϵ_b^{cr} .

Далі розраховується критична деформація арматури ϵ_s^{cr} . Потім визначається значення робочої напруженості в арматурі від механічних навантажень σ_{su} . На її основі проводиться розрахунок пружної деформації арматури ϵ_{so} , температурної деформації арматури ϵ_{sf} . Ці деформації залежать від часу τ . На основі отриманих даних будується графік зміни повної деформації арматури конструкції під час пожежі в приміщенні і визначається межа вогнестійкості конструкції τ_{ft} – час від початку вогневих випробувань до настання граничного стану за втратою цілісності конструктивного елемента.

Для визначення межі вогнестійкості будівлі, обирається найменша межа вогнестійкості основних несучих конструкцій будівлі в тих приміщеннях, де виникла пожежа.

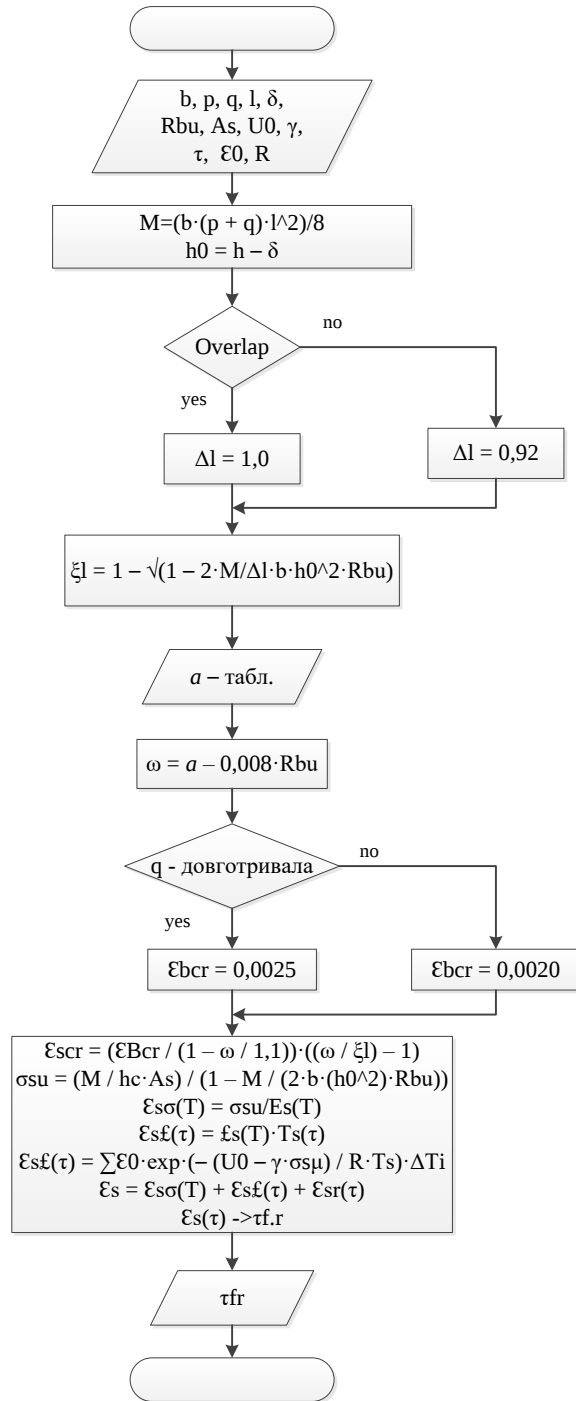


Рисунок 4.5 Схема алгоритму визначення межі вогнестійкості ЗБК на основі граничних деформацій

5 КОНТРОЛЬНИЙ ПРИКЛАД ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБЛЕНОЇ СИСТЕМИ

В цьому розділі на контрольному прикладі показано роботу програмного продукту, а точніше розрахунок межі вогнестійкості будівлі.

5.1 Введення початкових даних для контрольного прикладу

Після запуску програми відкривається вікно вибору типу розрахунку. Обравши відповідний тип, відкривається нове вікно з обраним типом розрахунку. На рисунку 5.1 зображено головне вікно вітання Main:

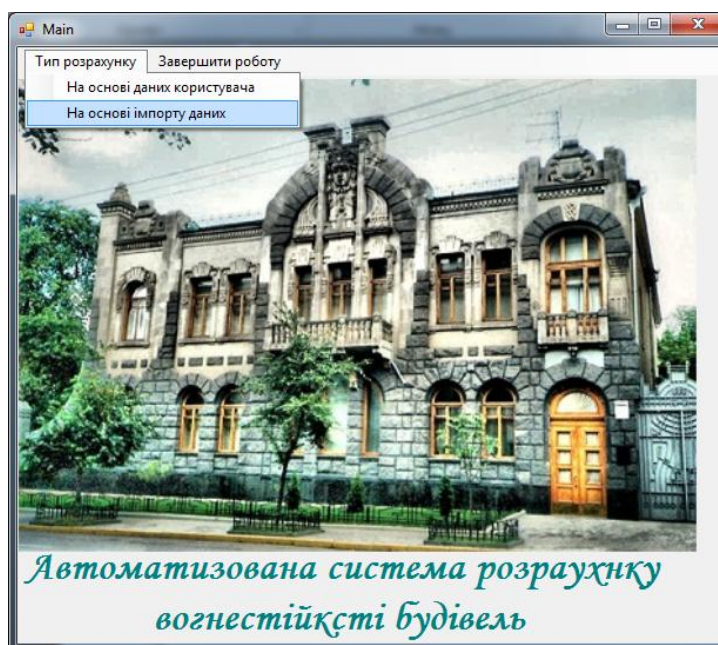


Рисунок 5.1 Головна форма програми Main

Обираємо тип розрахунку «На основі імпорту даних» та переходимо в наступне вікно програми розрахунку вогнестійкості на основі імпортованих моделей ModelForm (рис. 5.2).

Дана форма складається з декількох частин.

Вибір моделі розрахунку.

Блок параметрів несучих конструкцій обраної будівлі.

Блок зображення моделі будівлі.

Блок результатів розрахунку.

The screenshot shows the 'ModelForm' application window. At the top, there is a dropdown menu labeled 'Оберіть модель розрахунку'. Below it, the 'Несучі конструкції будівлі' (Building load-bearing structures) section is divided into two columns: 'Плити перекриття' (Slabs) and 'Несучі стіни' (Load-bearing walls). Each column contains dropdown menus for 'Тип матеріалу' (Material type), 'Клас бетону' (Concrete class), 'Клас арматури' (Reinforcement class), and a text input for 'Навантаження' (Load) with a unit 'Па'. Below these, there is a text input for 'Початкова температура приміщення' (Initial room temperature). At the bottom left, there are three buttons: 'Розрахувати межу вогнестійкості' (Calculate fire resistance limit), 'Вивести звіт' (Print report), and 'Close'. On the right, the 'Зображення моделі будівлі:' (Building model image:) area is empty. Below the input fields, there are sections for 'Результати розрахунків' (Calculation results) and 'Результати' (Results), which are currently empty.

Рисунок 5.2 Форма розрахунку вогнестійкості будівель на основі імпортованих моделей ModelForm

Далі необхідно внести вхідні дані системи: обрати модель розрахунку, вибрати параметри основних несучих конструкцій будівлі, навантаження на дані елементи та ввести початкову температуру в приміщенні, де розгортається пожежа (встановлено за даними моделі і не обирається користувачем) (рис. 5.3).

Зображення моделі будівлі автоматично з'являється у відповідному блоці форми.

This screenshot shows the same 'ModelForm' application window, but now with data entered. The 'Оберіть модель розрахунку' dropdown is set to 'Житлова будівля 4 поверхів' (Residential building 4 floors). In the 'Несучі конструкції будівлі' section, the 'Плити перекриття' column has 'Тип матеріалу' set to 'Важкий бетон' (Heavy concrete), 'Клас бетону' set to 'B15', and 'Клас арматури' set to 'A-IV', with a load of '6700 Па'. The 'Несучі стіни' column has 'Тип матеріалу' set to 'Важкий (50%) бет', 'Клас бетону' set to 'B15', and 'Клас арматури' set to 'A-V', with a load of '1390 Па'. The 'Початкова температура приміщення' is set to '22'. On the right, the 'Зображення моделі будівлі:' area now displays a 3D architectural rendering of a multi-story residential building with a modern facade, surrounded by landscaping and parked cars.

Рисунок 5.3 Введення початкових даних

Параметри «Тип матеріалу», «Клас бетону», «Клас арматури» обираються з випадających списків.

Обравши всі необхідні початкові дані, та натиснувши кнопку «Розрахувати межу вогнестійкості», програма зчитує з бази даних параметри, необхідні для розрахунків. Кожна модель будівлі містить в собі набори даних, необхідних для розрахунків. Це габарити будівлі, набори несучих конструкцій, габарити приміщення, де розвивається пожежа, списки всіх проїомів приміщення, їх габарити тощо. Обравши необхідні матеріали, програма вибирає з бази даних їх параметри. Так, наприклад, по обраному класу бетону та його типу, з бази даних обираються величини густини бетону ρ , вологості w , параметри R_{bn} , R_{bu} .

В блоці результатів розрахунку за обраними даними формується проміжна інформацію по обраній моделі будівлі (рис. 5.4):

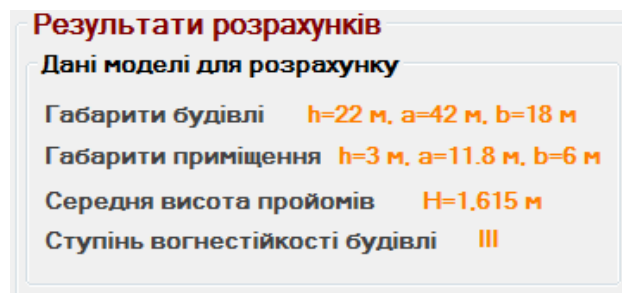


Рисунок 5.4 Дані моделі для розрахунку

Габарити будівлі та приміщення, середня висота проїомів та ступінь вогнестійкості будівлі (необхідна) обираються з бази даних та використовуються в подальших розрахунках.

Форма програми для розрахунку вогнестійкості будівель на основі даних користувача має наступний вигляд (рис 5.5):

Рисунок 5.5 Вікно програми для розрахунку межі вогнестійкості за даними користувача

Це вікно також має декілька блоків.

Блок параметрів будівлі.

Блок параметрів приміщення.

Блок характеристик несучих конструкцій будівлі.

Блок результатів розрахунку

Тут вхідними даними для розрахунку необхідного ступеня вогнестійкості будівлі є: тип будівлі, кількість поверхів, площа поверху.

Вхідні дані для розрахунку межі вогнестійкості: характеристики приміщення (габарити, кількість вертикальних проїмів, їх середні висота та ширина, початкова температура), несучих конструктивних елементів (типи матеріалу, класи бетону та арматури, заповнювач бетону, кількість та діаметр арматури, навантаження на конструкцію).

На рисунку 5.6 представлений вибір вхідних даних для потрібних розрахунків:

Тип будівлі: Житлова **Кількість поверхів:** 4 **Площа поверху:** 1000 **Розрахувати ступінь вогнестійкості**

Характеристики приміщення

Довжина: 11.8 м
 Ширина: 6.05 м
 Висота: 3.0 м
 Кількість дверей: 1
 Кількість вікон: 2
 Середня ширина вікон: 1.2 м
 Середня висота вікон: 1.4 м
 Середня ширина дверей: 1.1 м
 Середня висота дверей: 1.8 м
 Початкова температура: 22

Характеристики несучих конструкцій

Плити перекриття
 Тип матеріалу: Важкий бетон
 Клас арматури: A-IV
 Заповнювач бетону: Важкий бетон з крупн.
 Клас бетону: B15

Характеристики арматури

Кількість 1: 2 Діаметр: 0.012 м
 Кількість 2: 2 Діаметр: 0.014 м
 Кількість 3: 0 Діаметр: 0 м
 Навантаження: 6700 Па

Несучі стіни
 Тип матеріалу: Важкий (50%) бетон і
 Клас бетону: B15
 Клас арматури: A-V
 Діаметр арматури: 0.014
 Навантаження: 1390 Па

Рисунок 5.6 Вікно вибору вхідних даних для розрахунків

Параметри «Тип будівлі», «Кількість поверхів», «Площа поверху» для розрахунку ступеня вогнестійкості обираються з випадаючого списку.

Характеристики несучих конструкцій, а саме: «Тип матеріалу», «Клас арматури», «Клас бетону», «Заповнювач бетону» обираються з випадаючого списку, де представлені всі можливі варіанти вибору.

Всі інші дані вводяться з клавіатури у відповідних одиницях виміру.

Таким чином, ввівши всі дані та параметри та, натиснувши кнопки «Розрахувати ступінь вогнестійкості» (див. рис. 5.6) і «Розрахувати фактичну вогнестійкість» (рис. 5.5), програма зчитує з бази даних всі інші дані. Це величини густини та вологості бетону за його класом та типом, величини R_{sn} , R_{su} за обраним класом арматури тощо.

Наступним кроком є розрахунок контрольного прикладу за обраними вхідними даними.

5.2 Розрахунок контрольного прикладу та отримання вихідних даних

Розглянемо випадок розрахунку за імпортованими даними, тобто за обраною моделлю будівлі.

Після того, як були введені всі дані та натиснута кнопка «Розрахувати межу вогнестійкості» (рис. 5.2 та 5.3), у блоці результатів розрахунку з'явилися дані результатів роботи програми. На рисунку 5.7 зображено розрахунок контрольного прикладу з вихідними даними:

The screenshot shows the 'ModelForm' application window. It features a sidebar with input parameters for building structure and a main area with a 3D model of a building and calculation results.

Оберіть модель розрахунку: Житлова будівля 4 поверхів

Несучі конструкції будівлі

Плити перекриття		Несучі стіни	
Тип матеріалу	Важкий бетон	Тип матеріалу	Важкий (50%) бет
Клас бетону	B15	Клас бетону	B15
Клас арматури	A-IV	Клас арматури	A-V
Навантаження	6700 Па	Навантаження	1390 Па

Початкова температура приміщення: [input field]

Розрахувати межу вогнестійкості

Вивести звіт

Результати розрахунків

Дані моделі для розрахунку

Габарити будівлі	$h=22\text{ м}, a=42\text{ м}, b=18\text{ м}$
Габарити приміщення	$h=3\text{ м}, a=11.8\text{ м}, b=6\text{ м}$
Середня висота проїомів	$H=1.615\text{ м}$
Ступінь вогнестійкості будівлі	III

Результати

Критині деформації конструкцій	$E_{cr}=0.0714$
Час настання максимальної температури	$T=62\text{ хв}$
Фактична межа вогнестійкості будівлі	$T_f=1.96\text{ год.}$

Рисунок 5.7 Результати розрахунку контрольного прикладу за імпортованою моделлю

З результатів видно, що межа вогнестійкості обраної моделі розрахунку будівлі дорівнює 1,96год. Фактично, це є час від початку вогневих випробувань до втрати несучими конструкціями своєї несучої здатності. Програма, розраховує окремо цю величину для кожної несучої конструкції будівлі (плити перекриття, несучі стіни) та обирає найменшу межу вогнестійкості.

Для порівняння розглянемо інший тип розрахунку вогнестійкості будівлі – за даними користувача (див. рис 5.5 і 5.6).

Обравши всі необхідні параметри будівлі та приміщення, які співпадають з даними імпортованої моделі, натискаємо кнопку «Розрахувати ступінь вогнестійкості». На рисунку 5.8 зображено розрахунок межі вогнестійкості та ступеня вогнестійкості за даними користувача:

Рисунок 5.8 Результати розрахунку контрольного прикладу за даними користувача

Вихідними даними системи є: ступінь вогнестійкості будівлі, критичні деформації конструкцій, час настання максимальної температури в приміщенні та фактична межа вогнестійкості будівлі.

Порівнявши результати, можна зробити висновок, що вихідні дані системи обох типів розрахунку співпадають і програма відповідає поставленим вимогам.

5.3 Загальні висновки

Розробивши та проаналізувавши дану систему, можна зробити висновок, що дана програма аналогів не має і може посісти провідне місце серед будівельних організацій, адже має ряд специфічних особливостей. Наприклад, дозволяє розраховувати вогнестійкість будь-якої будівлі за заданими параметрами, має можливість імпорту готових моделей, ведення звітів, збереження даних в базі даних тощо.

Отже, даний програмний продукт виконує всі поставлені завдання, які було визначено в цільовому аналізі системи та задовольняє потреби користувача.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Honcharenko, T., Terentyev, O., Gorbatyuk, I. (2022). Mathematical Modeling of Information System Designing Master Plan of the Building Territory Based on OLAP Technology. Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2021. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 344. Springer, Cham. P. 3–15.
2. Modeling of reliability of foundation structures / Terentyev A.A., Gorbatyuk Ie.V., Petrunok T.B., Dolya O.V. Modern engineering and innovative technologies. Issue №19. Part 1. February 2022. P. 128-133. Международный научный периодический рецензируемый журнал «Modern engineering and innovative technologies». Индексируется в: IndexCopernicus, GoogleScholar. Издательство: Sergeieva&Co совместно с «ISE&E», Карлсруэ, Германия
3. Terentyev O.O., Gorbatyuk Ie.V., Lototskyi A.V. Research of Canvas technology in web-applications. Modern engineering and innovative technologies. Issue №27. Part 1. June 2023. P. 96-100. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-27-01-004.
4. Terentyev Oleksandr, Gorbatyuk Ievgenii, Volianiuk Volodimir. Information technology of neural network modeling in diagnostics of technical objects. Енергоощадні машини і технології: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф., 23–25 трав. 2023 р. Київ: КНУБА. 2023. С. 143–146. URL:
5. Gorbatyuk Ie. V., Rusan I. V., Terentyev O. O. Mathematical equations for determining the working element of the ripper. Modern problems of science, education and society. Proceedings of the 8th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2023. Pp. 204-209.
6. Gorbatyuk Ie.V., Terentyev O.O., Komotska S.Yu. Theoretical bases of construction of unclear model of evaluation of administrative decisions are at a management development of the systems of engineering complexes. Strategic priorities for the development of science, education, technology and society: Book of abstracts international scientific-practical conference. Poltava, November 9,

2023, Ukraine. Part 2. 38-39.

7. Gorbatyuk I.V., Terentyev O.O., Rusan I.V., Dolya O.V., Balina O.I. Development of pulsed drives of end working organs of earthmoving machines. Chapter 5. The level of development of science and technology in the XXI century: Innovative technology, Computer science, Architecture, Physics and mathematics, Medicine, Biology and ecology, Agriculture. Monographic series «European Science». Book 22. Part 1. Karlsruhe, 2023. 63-71.

8. Терентьев О.О., Горбатюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М. Підвищення ефективності інформаційної системи комплексної безпеки захисту будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №29. Part 1. October 2023. P. 102-111. DOI: 10.30890/2567-5273.2023-29-01-022.

9. Моделі та методи інформаційної системи діагностики технічного стану об'єктів будівництва: підручник / О.О. Терентьев, І.В. Русан, Є.В. Горбатюк, Є.В. Бородавка, О.І. Баліна, О.В. Доля, О.Б. Тисленко – К.: Компрінт, 2023. – 240 с.:іл.

10. Gorbatyuk Yevgenii, Terentyev Olexander. Creation of an information system for assessing the quality of design solutions during building construction. Modern problems of science, education and society. Proceedings of the 11th International scientific and practical conference. SPC “Sci-conf.com.ua”. Kyiv, Ukraine. 2024. Pp. 292-296. ISBN 978-966-8219-87-0.

11. Terentyev O., Gorbatyuk Ie. Calculation of building foundations using a mathematical apparatus. Modern research in science and education. Proceedings of the 5th International scientific and practical conference. BoScience Publisher. Chicago, USA. 2024. Pp. 250-257. ISBN 978-1-73981-123-5.

12. Gorbatyuk Ievgenii, Terentyev Olexander, Bulavka Oleg. Critical loads during the operation of tower cranes. Інформаційне суспільство: технологічні, економічні та технічні аспекти становлення (випуск 84): матеріали Міжнародної наукової інтернет-конференції, (м. Тернопіль, Україна, м. Ополь, Польща, 18-19 січня 2024 р.) / редкол.: О. Патряк та ін. ГО “Наукова спільнота”, WSZIA w Opolu. Тернопіль: ФО-П Шпак В.Б. 2024. С. 124-126.

13. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Власюк В.В. Загальний підхід до моделювання надійності фундаментних конструкцій. Проблеми, пріоритети та перспективи розвитку науки, освіти і технологій в ХХІ столітті: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Кременчук, 15 лютого 2024 р.). Кременчук: ЦФЕНД, 2024. С.77-78. ISBN 978-617-8231-47-7.

14. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Конах М.О. Калібрування статичних методів моделювання надійності фундаментних конструкцій. Стан, проблеми та перспективи розвитку науки, освіти та технологій: збірник тез доповідей міжнародної науково-практичної конференції (Ізмаїл, 20 лютого 2024 р.). Ізмаїл: ЦФЕНД, 2024. С.65-66. ISBN 978-617-8231-48-4.

15. Modeling of reliability of foundation structures / Gorbatyuk Ie., Terentyev O., Tyslenko O., Zubrij I. Importance of Soft Skills for Life and Scientific Success: Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Internet Conference, FOP Marenichenko V.V., Dnipro, Ukraine, March 7-8, 2024. Pp. 7-8. ISBN 978-617-8293-21-5.

16. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Тисленко О.Б., Зубрій І.М. (2024). Методика розробки підвищення ефективності інформаційної системи безпечної експлуатації будівель. Modern engineering and innovative technologies. Issue №31. Part 1. February 2024. P. 62-71. DOI: 10.30890/2567-5273.2024-31-00-014. (ст.)

17. Терентьев О.О., Горбатьюк Є.В., Левкович О.М. Експертна інформаційна система підтримки прийняття рішень для задачі діагностики технічного стану будівель. Наукові тренди постіндустріального суспільства: збірник наукових праць з матеріалами VI Міжнародної наукової конференції, м. Івано-Франківськ, 26 квітня, 2024 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп», 2024. С.166-168. ISBN 978-617-8312-26-8.