

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

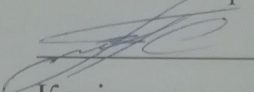
Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи на тему:

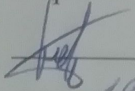
«Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій
(Building Information Modeling)»

08-11 МКР.005.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-21 мз
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

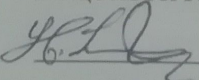
 Башинський С. І.

Керівник: к.т.н., доц. каф. БМГА

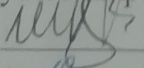
 Ю. С. Бікс

« 19 » червня 2023 р.

Рецензент: к.т.н., доц., професор каф. ІСБ

 І. В. Коц

« 19 » червня 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА
 В. В. Швець
« 19 » червня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет _____
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Будівництва, цивільно та екологічної інженерії _____

Кафедра Будівництва, міського господарства та архітектури _____

Освітньо-кваліфікаційний рівень _____ магістр _____
(шифр і назва)

Спеціальність _____ 192 Будівництво та цивільна інженерія _____
(шифр і назва)

Освітня програма _____ Промислове та цивільне будівництво _____

З А Т В Е Р Д Ж У Ю
Завідувач кафедри БМГА _____

Швець В.В. _____
"19" 06 2023 року

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Башинського Сергія Івановича _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)

керівник роботи Бікс Ю. С., к.т.н. _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "____" ____ 2023 року № ____

2. Строк подання магістрантом роботи 12.06.2023 р. _____

3. Вихідні дані до роботи Дані літературного огляду джерел щодо існуючих програмних засобів моделювання енергопотреб будівлі при аналізі енергоефективності огорожувальних конструкцій будівель.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація).

Огляд зарубіжних країн в використанні програмних продуктів для оцінки енергопотреб будівлі на етапі проектування. Наявна нормативна база у галузі енергоефективності будівництва. Методики проведення енергетичних обстежень, загальні підходи.

Науково дослідна частина. Проведення комплексного чисельного моделювання щодо визначення енергоефективності будівлі на прикладі торговельного центру з використанням програмного комплексу Archicad 20. Аналіз енергоефективності конструкції вузла обпирання конструкції перекриття. Порівняння класу енергоефективності для двох варіантів влаштування стінового огороження. Аналіз отриманих результатів.

Технічна частина. Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції стіни об'єкту досліджень. Розробка основних технологічних рішень при зведенні надземної частини. Організація будівельного виробництва. Охорона праці та безпека життєдіяльності в надзвичайних ситуаціях. Загальні висновки по роботі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1. 2-3 арк. (Архітектурні рішення, розрізи, фасади, вузли. Технологічні карти влаштування цегляної кладки та плити перекриття). Плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи_

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|-------------------------------|---|---------------------|---------------------|
| | | завдання ви- дав | завдання прийняв |
| Надирова С.І. Решетко Т.М. | Бікс Ю.С. к.т.н. доцент | | |
| ОП та УСЗ | Робашинський Т.М. к.т.н. доцент | | |
| Економ. част. | Мельник О.Т., к.т.н. доцент | | 21.06.23 |

7. Дата видачі завдання 23.02.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | Складання технічного завдання та вступу до МКР | 24.02-28.02.23 | |
| 2 | Аналіз програмних продуктів, що використовуються для BIM-моделювання в контексті енергоефективності. Огляд закордонного досвіду. Загальні підходи при проведенні енергомоделювання будівель. Аналіз нормативної бази. | 01.03-28.03.23 | |
| 3 | Розрахунок енергоефективності огорожувальних конструкцій з використанням BIM- технологій програмного комплексу ArchiCAD 20. Внесення необхідних даних у інформаційну модель, враховуючи інженерне обладнання, кліматичні фактори, теплотехнічні параметри конструкцій стінового огороження. Моделювання теплового моста. Порівняльний аналіз енергоефективності для двох типів стін. Визначення класу енергоефективності. | 29.03-14.04.23 | |
| 4 | Архітектурно-планувальні рішення об'єкту моделювання. Теплотехнічний розрахунок огорожувальної конструкції за кращим варіантом в контексті енергоефективності. Підбір машин та механізмів для ведення робіт при влаштування наземної частини. Організація будівельного виробництва. | 15.04-28.04.23 | |
| 5 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 29.04-14.05.23 | |
| 6 | Економічна частина | 15.05-22.05.23 | |
| 7 | Оформлення МКР | 23.05-28.05.23 | |
| 8 | Подання МКР на кафедру для перевірки | 29.05-30.05.23 | |
| 9 | Попередній захист | 07.06-09.06.23 | |
| 10 | Рецензування | 10.06-12.06.23 | |

Магістрант

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Башинський С.І.
(прізвище та ініціали)

Бікс Ю.С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.3.088

Башинський С. І. Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling). Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітньо-професійна програма – «Будівництво та цивільна інженерія». Вінниця: ВНТУ, 2023. 117 с.

Укр. мовою. Бібліогр.: 77 назв; рис. 15; табл. 29.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджене питання моделювання оцінки енергоефективності будівлі взагалі, та її огорожувальних конструкцій зокрема, шляхом визначення комплексних показників енерговитрат при використанні програмного комплексу ArchiCAD. Основним завданням дисертації є оцінювання класу енергоефективності для двоповерхової будівлі торговельного центру, зведеного з двох типів керамічної цегли – звичайної та поризованої кераміки типу Porotherm шляхом моделювання енерговитрат у пакеті EcoDesigner STAR програмного комплексу ArciCAD. Встановлено, що влаштування огорожувальних конструкцій стін будівлі ступінь з утеплювачем по типу вентиляваного фасаду при оцінці класу енергоефективності будівлі дозволяє підвищити ступінь енергоефективності з С на В, тобто на один клас вище. Враховуючи, що норми із термічного опору огорожувальних конструкцій лише збільшуються з часом, наведено конструктивне виконання стіни, що при більшій вартості одномоментних інвестицій у будівництво дозволить зекономити в короткостроковій перспективі експлуатаційні витрати на опалення приміщення. В технічній частині роботи розроблена конструкторська документація на двоповерховий торговельний центр безкаркасної конструкції з стінами з поризованої кераміки та збірними залізобетонними перекриттями. Розглянуті питання архітектурно-планувальних рішень, виконано технологічний розрахунок при влаштуванні кладки вентиляваних фасадів та розділ охорони праці.

Магістерська кваліфікаційна робота містить __ аркушів графічної частини.

Ключові слова: енергоефективність, BIM -технології, витрати на опалення, паспорт енергоефективності, багатошарові огорожувальні конструкції, теплотехнічний розрахунок.

ABSTRACT

UDC 621.3.088

Bashinsky S. I. Analysis of energy efficiency of enclosure structures of public buildings in the context of BIM (Building Information Modeling) technology utilization. Master's thesis in the specialty 192 - "Construction and Civil Engineering," educational-professional program - "Construction and Civil Engineering." Vinnytsia: Vinnytsia National Technical University, 2023. 117 p. In Ukrainian. Bibl .: 77 titles; fig. 15; tables 29.

The master's thesis investigates the issue of modeling the energy efficiency assessment of a building in general, and its enclosure structures in particular, by determining comprehensive energy consumption indicators using the ArchiCAD software package. The main task of the dissertation is to evaluate the energy efficiency class for a two-story building of a shopping center constructed with two types of ceramic bricks - ordinary and porous ceramics of the Porotherm type, through modeling energy consumption using the EcoDesigner STAR package of the ArchiCAD software complex. It has been established that the installation of enclosure structures with insulation in the form of a ventilated facade when assessing the energy efficiency class of the building allows for an increase in energy efficiency from class C to class B, i.e., one class higher. Considering that thermal resistance standards for enclosure structures are only increasing over time, a constructive design of the wall is presented, which, despite higher initial construction costs, will allow for short-term savings in heating costs. In the technical part of the work, design documentation has been developed for a two-story shopping center with a frameless structure, walls made of porous ceramics, and prefabricated reinforced concrete slabs. Issues of architectural and planning solutions, technological calculation for the installation of ventilated facades, and the section on occupational safety are considered. The master's thesis includes __ sheets of graphic materials.

Keywords: energy efficiency, BIM technology, heating costs, energy efficiency passport, multilayer enclosure structures, thermal calculation.

Зміст

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 9 |
| 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ..... | 12 |
| 1.1 Впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання: досвід ЄС..... | 12 |
| 1.2 Удосконалення законодавчо-нормативної бази стосовно енергоефективності будівельного фонду..... | 19 |
| Висновки по розділу 1 | 31 |
| 2 ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ | 33 |
| 2.1 Класифікація програмних продуктів для моделювання енергетичного стану будівель | 33 |
| 2.2 Особливості моделювання енергоефективності на прикладі деяких популярних програм | 34 |
| Висновки по розділу 2 | 41 |
| 3 ПРОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ-ПРОДУКТУ ARCHICAD 20 | 42 |
| 3.1 Оцінка енергоефективності огорожувальних конструкцій шляхом іпобудови ВІМ-моделі..... | 42 |
| 3.2 Порівняння енергоефективності огорожуючих іконструкцій..... | 50 |
| 3.3 Моделювання теплового моста в програмному комплексі ArchiCAD 20..... | 53 |
| Висновки по розділу 3 | 56 |
| 4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА | 58 |
| 4.1 Архітектурно-будівельні рішення | 58 |
| 4.1.1 Введення..... | 58 |
| 4.1.2 Паспорт об'єкта | 58 |
| 4.1.3 Природно-кліматичні характеристики району будівництва..... | 59 |
| 4.1.4 Генеральний план | 59 |
| 4.1.5 Об'ємно-планувальне рішення | 59 |
| 4.1.6 Конструктивне рішення..... | 60 |
| 4.1.7 Теплотехнічний розрахунок..... | 62 |
| 4.1.8 Техніко-економічні показники..... | 64 |
| 4.2 Технологія будівельного виробництва..... | 66 |
| 4.2.1 Область застосування | 66 |
| 4.2.2 Вихідні дані..... | 66 |

| | |
|--|------------|
| 4.2.3 Розробка технологічної карти на цегляне мурування | 66 |
| 4.2.4 Вибір методів виробництва робіт та комплекту машин | 67 |
| 4.2.5 Калькуляція працевитрат і заробітної плати | 70 |
| 4.2.6 Технологічний розрахунок улаштування цегляного мурування..... | 70 |
| 4.2.7 Техніка безпеки та охорона праці при улаштуванні цегляного мурування | 72 |
| 4.2.8 ТЕП по влаштуванню цегляного мурування..... | 73 |
| 4.2.9 Розробка технологічної карти на влаштування вентилязованого фасаду ... | 73 |
| 4.2.10 Обґрунтування проектних рішень..... | 74 |
| 4.2.11 Галузь застосування..... | 77 |
| 4.2.12 Технологічний розрахунок влаштування вентилязованих фасадів..... | 77 |
| 4.2.13 ТЕП по влаштуванню вентилязованих фасадів..... | 78 |
| Висновки по розділу 4 | 79 |
| 5 ОХОРОНА ПРАЦІ | 80 |
| 5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту | 80 |
| 5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць..... | 80 |
| 5.1.2 Електробезпека | 83 |
| 5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії | 85 |
| 5.2.1 Мікроклімат | 85 |
| 5.2.2 Склад повітря робочої зони..... | 86 |
| 5.2.3 Виробниче освітлення..... | 86 |
| 5.2.4 Виробничий шум..... | 87 |
| 5.2.5 Виробничі вібрації..... | 88 |
| 5.2.6 Психофізіологічні фактори | 89 |
| 5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Розрахунок режимів радіаційного захисту працівників..... | 90 |
| 5.3.1 Дія радіації на людину | 90 |
| 5.3.2 Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення підвального поверху..... | 91 |
| Висновки по розділу 5 | 94 |
| 6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 95 |
| Висновки по розділу 6 | 100 |
| ВИСНОВКИ..... | 102 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 104 |
| Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи (проекту) | 111 |

| | |
|--|-----|
| Додаток Б Специфікації конструкцій, інвентарю для влаштування мурування .. | 112 |
| Додаток В Карта-визначник..... | 120 |
| Додаток Г Відомість графічної частини | 122 |

ВСТУП

Актуальність роботи. На сьогоднішній день проблемі енергоефективності запроєктованих будівель приділяється чимало уваги як в Україні, так і в усьому світі, в цілому. Поява технології інформаційного моделювання значно спрощує цей процес, оскільки дозволяє виявити усі недоліки проекту ще на стадії розробки, а не в процесі будівництва чи, найгірше, експлуатації.

Сьогодні існує чимало програмних продуктів, які реалізують технологію BIM. Building Information Modeling – це технологія проектування, заснована на використанні інформаційних 3D-моделей. З її допомогою спеціалісти можуть ефективніше проектувати будівельні конструкції, інженерні мережі та впроваджувати заходи із енергоефективності експлуатації будівлі [1].

Побудова тривимірної BIM-моделі майбутньої будівлі дозволяє не тільки усунути невідповідності між різними частинами проекту, а й оцінити енергоефективність тих чи інших огорожувальних конструкцій.

Питання енергоефективності будівлі часто нехтується або висувається на задній план. Дефіцит світових запасів нафти, газу і вугілля, які є основними джерелами енергії для функціонування житлового сектора, ставить проблему розвитку напрямку в будівництві - створення енергоефективних будинків. При проектуванні будинків необхідно враховувати і мінімізувати можливі енергетичні втрати при експлуатації об'єкта, що дозволить прийняти найбільш ефективні і раціональні проектні рішення.

Оцінка енергоефективності огорожувальних конструкцій – це більш складний комплексний процес, який дозволяє у майбутньому значно здешевити витрати на будівництво та експлуатацію. Програмний комплекс ArchiCAD 20 [2] дозволяє провести повну оцінку енергетичної ефективності шляхом побудови тривимірної моделі з усіма характеристиками матеріалів та, на основі результатів, прийняти вірне проектно-рішення.

Зв'язок роботи з науковими планами, темами і темами. Відповідно до основних напрямків наукових досліджень виконана магістерська робота кафедри

Будівництва, міського господарства та та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Мета роботи – дослідити місця утворення містків холоду огорожуючих конструкцій інформаційної моделі будівлі, виконати конструктивні рішення щодо підвищення теплостійкості та усунення можливих зон конденсації, аналіз результатів та вибір найбільш ефективних огорожуючих конструкцій для адміністративної будівлі шляхом побудови BIM-моделі.

Задачі досліджень:

1. Створити інформаційну модель будівлі торгово-офісного центру.
2. Виконати енергетичну оцінку будівлі за допомогою BIM-іпродукту ArchiCAD 20.
3. Проаналізувати енергоефективність огорожувальних конструкцій іта прийняти найбільш оптимальні проектні рішення.
4. Розрахувати інайбільш вірогідні появи містків холоду огорожувальних кон-струкцій.
5. Зробити висновки щодо одержаних результатів та запропонувати ізаходи з підвищення енергоефективності будівлі.

Об’єкт досліджень: – комплексна оцінка енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій, змодельованих у програмному комплексі ArchiCAD.

Предметом дослідження є характеристики енергетичних параметрів інформаційної моделі адміністративної будівлі, запроектованої у м. Вінниця.

Метод дослідження – експериментально-теоретичний. Теоретичну основу досліджень склали публікації закордонних та вітчизняних авторів в галузі будівництва цивільних будівель та споруд.

Наукова новизна полягає в наступному:

- створена методика оцінки рівня енергоефективності огорожувальних конструкцій за допомогою технології інформаційного моделювання (BIM).

- запропонований метод аналізу енергоефективності огорожувальних конструкцій для громадських будівель;

- досліджений метод розрахунку містків холоду будівлі у програмному комплексі ArchiCAD 20 та запропоновані способи їх усунення;

- проведений аналіз існуючих методів розрахунку енергоефективності будівлі;

- розроблені раціональні рішення щодо підвищення теплостійкості громадської будівлі.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених експериментально-теоретичних досліджень були запропоновані ефективні конструктивні рішення огорожуючих конструкцій громадської будівлі.

Особистий внесок здобувача полягає в розробці методики розрахунку енергоефективності будівлі на основі технології BIM.

Магістерська робота виконана на кафедрі БМГА, де відбулася її первинна апробація. Головні положення були подані в 2023 р. на ЛІІ Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2023) (Вінниця, 2023 р).

Публікації: по даній темі була опублікована теза [1] у матеріалах конференції ЛІІ Науково-технічній конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії:

1. Башинський С. І. Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання bim-технологій [Електронний ресурс]

/С. І. Башинський, Ю. С. Бікс // Матеріали науково-технічної конференції факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії, 21-23 червня

2023 року. – Електрон. текст. дані. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/18113>

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1.1 Впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання: досвід ЄС

При проектуванні енергоефективних будівель широко використовуються BIM-технології широко використовуються при проектуванні енергоефективних будівель. Використання інформаційної моделі дозволяє досягти підвищення якості розрахунків, чим забезпечує надійність та довговічність конструкцій, а в перспективі – зниження витрат на експлуатацію.

Термін «BIM» з'явився в будівництві більше десяти років назад, хоча спроба створити концепцію інформаційного моделювання, яка б максимально відтворювала інформацію про запроєктований об'єкт почала формуватись набагато раніше. Разом з активним розвитком САД-систем поступово розвивалась й технологія BIM. Сьогодні побудова тривимірної інформаційної моделі поступово витісняє 2D-креслення, а у наступні п'ять років прогнозується повна відмова від САПР-систем у будівництві [3].

BIM (Building Information Modeling чи Building Information Model, будівельна інформаційна модель) – це процес, який дозволяє керувати даними про будівлю, коригувати дані будівельних конструкцій, інженерних мереж, техніко-економічних показників протягом усього життєвого циклу.

На сьогоднішній день не існує чіткої методики використання BIM-технологій, як єдиної цілісної системи. Відомо, що інформаційна модель майбутньої будівлі дозволяє усунути невідповідності між різними частинами проекту, але насправді її можливості значно ширше.

Створення BIM-моделі дасть можливість забезпечити надійність та довговічність будівель та знизити витрати на опалення, вентиляцію. Реалізація сучасних вимог скорочення термінів і вартості проектування, оптимізація проектних рішень на основі досвіду при проектуванні нових будівель і споруд, забезпечення необхідною інформаційною підтримкою інвестиційного проекту

впродовж всього його життєвого циклу неможливі без застосування спеціальних BIM- технологій в проектуванні будівельних об'єктів [4].

Сьогодні енергозбереження є світовою науковою проблемою. Дослідження проводились і проводяться по багатьох напрямках. Проектуванню енергоефективних будинків присвячені роботи М.М. Бродач, А. Н. Дмитриєва, Т.А. Маркуса, Е.Н. Морриса, В.Л. Мартинова, Т.О. Кащенко, М.П. Селіванова, Ю.А. Табунщикова, Н. В. Шилкіна [5].

В методах моделювання теплового режиму будинків цих авторів переважає системний підхід, за якого будинок розглядається як єдина система, що складається із взаємозалежних елементів. У роботах О.В. Сергейчука розроблені методи оптимізації форми енергоефективних будинків та їх окремих елементів засобами прикладної та обчислювальної геометрії на основі моделювання і аналізу фізико-технічних процесів, що відбуваються в огорожувальних конструкціях і середовищах [6].

Задача проектування енергоефективних будівель – можливість отримання в результаті проектування будови, в якій досягнуто мінімального впливу зовнішнього середовища на будинок; будови, що характеризується компактністю забудови, захищеної від несприятливих природних явищ зі сприятливою орієнтацією.

Задачею проектування окремого об'єкта є створення будинку, що характеризується максимальним накопиченням тепла всередині, компактністю форми, оптимальною орієнтацією за сторонами світу, диференціацією скління, пасивним та активним використанням сонячної енергії, можливістю сезонної трансформації енергонакопичувальних елементів будинку, температурним зонуванням будинку.

Основними факторами впливу на енергоефективність будівлі є сонячна радіація, температура і вологість повітря, використання поновлювальних джерел енергії. Безпосередньо впливають на енергоефективність будинків нормативні та технологічні вимоги до інсоляції, природного освітлення, акустики,

шумозахисту, аерації тощо.

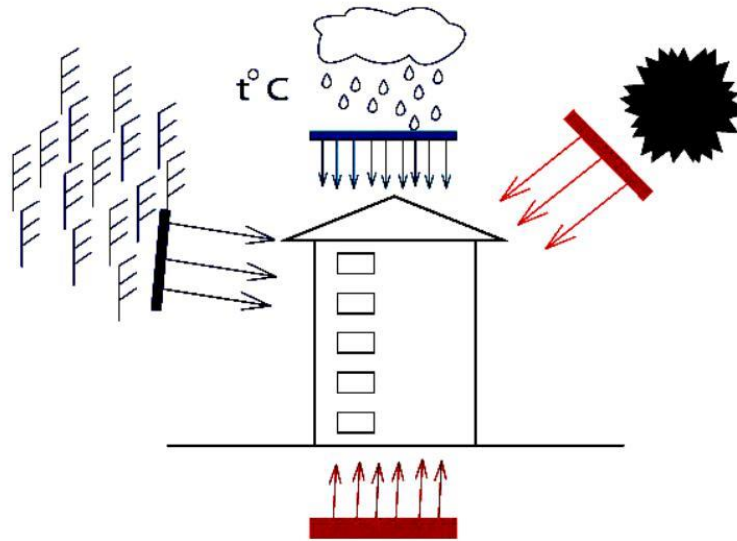


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення зовнішнього впливу клімату на будівлю

Зовнішній клімат, тепло землі, водні ресурси, біомаса і т.д. є джерелами енергії, тому слід передбачити можливість їх використання за допомогою теплових насосів, сонячних колекторів, енергетичних устаткувань і т.д. (рис. 1.1).

У світовій практиці добре відомі приклади (концертний зал імені Уолта Діснея в Лос-Анджелесі, хмарочос One Island East в Гонконзі, Олімпійські об'єкти в Пекіні та інші), коли комплексне або навіть часткове використання технології інформаційного моделювання будівель приводило до підвищення класу енергоефективності будівлі, скорочення термінів проектування і будівництва та зменшення витрат на експлуатацію [7].

В Україні взагалі, як і на більшості пострадянського простору зокрема, сьогодні спостерігається масове впровадження ВІМ-технологій. В проектних організаціях освоєння технології інформаційного моделювання відбувається, але дуже поволі й частіше носить опосередкований характер.

Частковою причиною цього є відсутність стимулювання та підтримки держави на законодавчому рівні [8].

Країни-члени ЄС постійно посилюють вимоги щодо стандартів енергоспоживання нових будівель, а тому особливу увагу приділяють

проектуванню огорожувальних конструкцій.

Заходи з енергозбереження направлені не тільки на зменшення споживання енергії будівлею, а і на зменшення її надходження з зовнішніх теплових та електричних мереж за рахунок підвищення теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій, теплоізоляції, рекуперації та виробітку альтернативних джерел енергії (сонячних батарей, вітрогенераторів, насосів, колекторів).

Сьогодні в ЄС не дозволяється будівництво об'єктів, які споживають понад 60 кВт·год/ м² на рік (стандарт «будинок низького споживання енергії»). З 2019 р. максимально допустиме питоме енергоспоживання будівлі ладатиме до 15 кВт·год/ м² на рік (стандарт «пасивний будинок»).

Планується розпочати масовий перехід до будівництва будинків з нульовим споживанням енергії з 2020-2021 року, а у перспективі зведення будівель, що вироблятимуть більше енергії, ніж споживатимуть (так званий стандарт «енергія-плюс»).

У паспорті кожної європейської будови вказується якому стандарту енергоспоживання вона відповідає. В Австрії, у Німеччині, Бельгії, Греції та Іспанії розрахунки енергоефективності будівель повинні виконувати лише експерти, які мають відповідну ліцензію.

У Португалії, Ірландії, Швеції та данії результати розрахунків енергомодельовання представляються у вигляді річного споживання кінцевої енергії будівлею. У Німеччині, Франції, Голландії, Греції – у вигляді річного обсягу споживання первинної енергії.

У Німеччині енергоефективними вважаються ті будівлі, які відповідають стандарту споживання річної енергії від 30 до 70 кВт·год/ м². А для «пасивного» будинку річне споживання енергії не має перевищувати 15 кВт·год/ м² за національним стандартом.

На сьогоднішній день енергозберігаючі будинки проектують та зводять стандартами KfW- 55 і 56 KfW-70. Абревіатура «KfW» походить від назви

державного банку «Kreditanstalt für Wiederaufbau» – кредитна організація програм реконструкції [9].

Цифра 55 в назві стандарту означає, що максимально допустиме значення річного споживання первинної енергії і втрат тепла при теплопередачі такого будинку становлять лише 55% від мінімальних показників, встановлених актуальним національним розпорядженням про енергозбереження. Крім того, річне споживання первинної енергії такого будинку не повинно перевищувати 40 кВт·год/м² корисної площі будівлі.

У Швейцарії сьогодні діє стандарт MINERGIE-P для енергозберігаючих будівель. Він передбачає розрахунковий показник потреби енергії для опалення, гарячого водопостачання та вентиляції у розмірі 38 кВт·год/м² на рік, споживання первинної енергії на рівні не більше 90% від діючих в країні нормативних мінімальних показників, а також обов'язкове використання контрольованої вентиляції з рекуперацією тепла [10].

З 2012 року Франція запровадила стандарт на будівництво нових «пасивних» будівель, а з 2020 року планується ввести стандарт «енергія-плюс» для будівель, які вироблятимуть більше енергії, ніж споживатимуть.

Для власників нових будинків, які відповідають вимогам енергоефективності, діють податкові знижки. Зокрема, вони звільнюються від сплати податків на нерухомість впродовж десяти років.

З 2013 року стандарт «пасивних» будівель, тобто з нульовим енергоспоживанням, був введений в Ірландії, а з 2015 року – у Фінляндії. У Данії ввели постанову щодо зниження питомих витрат енергії в нових будівлях на 75% до 2020 р.

На сьогоднішній день в українському законодавстві не передбачено норм щодо обмеження споживання енергії будівлею. Умовно прийнято вважати будівлю «пасивною» тоді, коли її енергоспоживання не перевищує 40 кВт·год/м². Як показує практика, будівлі споживають, як німум, 120 кВт·год/м², а у середньому – 150 – 260 кВт·год/м². Будівництво будівель з низьким енергоспоживанням є

більш раціональним, навіть не дивлячись на порівняно дорожчу вартість будівельно-монтажних робіт.



Рисунок 1.2 – Експлуатаційні витрати будинку

Досвід європейських країн показує, що, як правило, витрати при будівництві енергозберігаючої будівлі зростають лише на 5-7%, але й окупаються в перші 5-10 років експлуатації. Разом з тим проектні характеристики будинків з низьким енергоспоживанням допускають додаткові первинні інвестиції, з послідуєчим відшкодуванням через значне зниження рахунків за комунальні послуги, що видно з наступної діаграми (рис. 1.2), на прикладі розрахунків проведених у Нідерландах [11].

Порівняння щорічного використання первинної енергії для опалення приміщень відповідно до виду будинку по ряду країн опрацьовано в рамках проекту «Passiv-On» і представлено в економічному аналізі «Огляд комфортабельних будинків з низьким енергоспоживанням» наведено на діаграмі (рис. 1.3). [8].

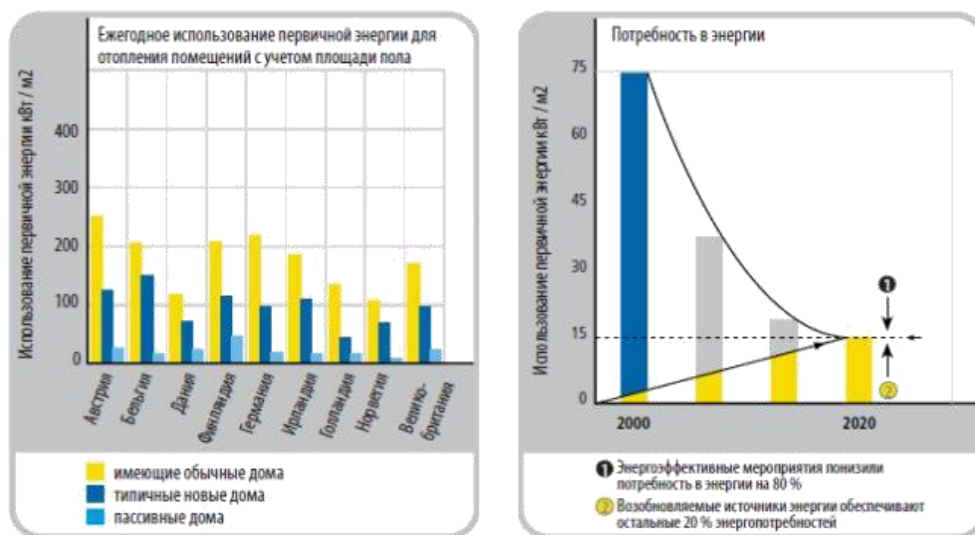


Рисунок 1.3 – Огляд комфортабельних будинків з низьким енергоспоживанням

Впровадження норм проектування будівель і споруд з низьким енергоспоживанням актуально не лише в країнах північної частини Європи, але й в регіонах з жарким кліматом. У обох випадках збільшення витрат на будівництво компенсується зменшенням обсягів щорічного споживання енергії необхідно не лише в країнах північної частини Європи, але і в країнах з теплим кліматом де додаткові витрати на будівництво компенсуються зменшенням обсягів енергоспоживання необхідного на охолодження повітря в приміщеннях. На сьогоднішній день в Україні відсутня практика розрахунку енергоефективності будівель та конкретних огорожувальних конструкцій.

Державні будівельні норми потребують значних змін та удосконалень. Як показує досвід країн ЄС, використання програм, які реалізують технологію BIM, є найбільш оптимальним шляхом щодо подальшого визначення енергоефективності будівлі.

Сучасні програмні продукти дозволяють визначити енергоефективність майбутньої будівлі шляхом побудови BIM-моделі. Будівля містить усі інженерно-геологічні, кліматичні дані, а також інформацію щодо виду опалення, вентиляції, функціонального призначення, тощо. Отримана інформація дозволяє з точністю оцінити витрати на експлуатацію майбутньої будівлі, а також

уникнути зайвих тепловтрат. Володіючи цими даними, проєктувальник може прийняти найбільш оптимальні рішення щодо виду огорожувальних конструкцій та утеплювача.

1.2 Удосконалення законодавчо-нормативної бази стосовно енергоефективності будівельного фонду

Одним із засобів зниження енергетичної залежності є впровадження нових вимог енергоефективності у законодавчу базу України. Сучасні умови вимагають адаптації до європейських будівельних стандартів, а також розробки нових стандартів у сфері енергоефективності. Особливу увагу слід приділяти вимогам щодо якості мікроклімату у будівлях.

Найбільш поширенішими рішеннями щодо підвищення енергоефективності будівлі є використання так званих альтернативних джерел енергії. Сюди відноситься встановлення економних світильників, сонячних панелей. Ці заходи не можна назвати енергоефективними, оскільки в реальних умовах будівництва запропоновані технології мають низький коефіцієнт корисної дії, а в деяких регіонах України потребують значних капітальних вкладень. Використання альтернативних джерел енергії ускладнюється ще й тим, що на відміну від країн Євросоюзу, у нашій країні переважно відсутні реверсивні мережі, за допомогою яких надлишки електроенергії можуть потрапляти до магістральної мережі. Очевидно, що потрібно більше уваги приділити якості огорожувальних конструкцій будівель, досліджувати місця виникнення тепловтрат.

У будівельній сфері України правові відносини регулюються законами та підзаконними нормативно-правовими актами (Постановами, Наказами, Інструкціями та ін.), На період до 2030 р. енергетичною стратегією України; також розроблено та прийнято нові стандарти та ДБН, які гармонізовано з підходами ЄС стосовно стимулювання енергоефективності у будівлях, організації енергоаудиту та енергоменеджменту [13].

Можна стверджувати, що Україна робить успішні кроки в сфері

енергоефективності: імплементовано Директиву 2010/31/ЄС "Про енергетичну ефективність будівель", з 2011 року наша держава долучилася до Договору про Енергетичне Співтовариство та інших європейських ініціатив; у 2015 році прийнято закони для залучення масштабних інвестицій для бюджетних закладів та створення ринку енергосервісу [14-15]; у 2017 році - закон [16] «Про енергоефективність будівель», яким передбачена вимога сертифікації енергоефективності для нових, державних і комунальних будівель та для отримання державної підтримки.

Сьогодні чимало уваги приділяється розробці нових законодавчих актів, які регулюватимуть державну політику у сфері енергоефективності будівель: порядок проведення атестації осіб, що будуть проводити енергетичний аудит, методики проведення обстежень, визначення рівня енергоефективності будівель та видачі енергосертифікатів, обмін інформацією, її моніторинг та збереження [17].

На рис. 1.4 наведено ієрархію законодавчої бази України у сфері енергоефективності будівель.



Рисунок 1.4 – Законодавча база України у сфері енергоефективності будівель Існують наступні етапи розвитку нормативної бази України у сфері енергоефективності будівель [18]:

1993-1997 р. – підвищення вимог щодо опору теплопередачі зовнішніх конструкцій житлових та громадських будівель,
2006-2007 р.р – введення сучасних будівельних норм з питань енергоефективності,
2008-2011 р.р. – створення нових стандартів щодо контролю показників енергоефективності, наближених до стандартів ЄС,
2012 – 2013 р.р. – період співставлення існуючої бази з європейськими нормами,
2014-2017 р.р. – введення новітніх методологічних положень та стандартів з оцінювання показників енергоефективності будівель та розрахунків енергоспоживання будівель.

Система нормативів і вимог має бути направлена на заохочення впровадження енергоощадних технологій у практику будівництва. В Україні з розроблено низку стандартів, що регламентують вимоги до оцінки технічних рішень огорожувальних конструкцій [19-20], вимог до теплотехнічних характеристик [21], показників енергоефективності, енергопаспортизації та сертифікації будівель [21-23]. Розроблено та прийнято велику кількість державних стандартів за різними напрямками (енергетичне маркування; енергетична оцінка [23-25], термомодернізація та енергоаудит в будівельному секторі [26-28], побудова системи енергоменеджменту у муніципалітетах [29], вимоги щодо мікроклімату в приміщеннях [30,31] тощо).

Далі детальніше розглянемо деякі стандарти у сфері енергоефективності будівель. ДБН В.1.2-11: 2008 [32] на системному рівні встановлює основні вимоги до економії енергії під час проектування, зведення та експлуатації будівельних об'єктів (див. рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Система чинних норм і стандартів у сфері енергоефективності будівель

ДСТУ-Н Б А.2.2-12: 2015 [23] направлений на виконання вимог Директиви 2010/31/EU щодо енергетичної ефективності будівель, яка передбачає прийняття на національному рівні процедуру енергетичної сертифікації і надає методику розрахунку потреби в енергії згідно [35]. Зв'язок стандарту [23] з іншими європейськими стандартами показано на рис.1.6.

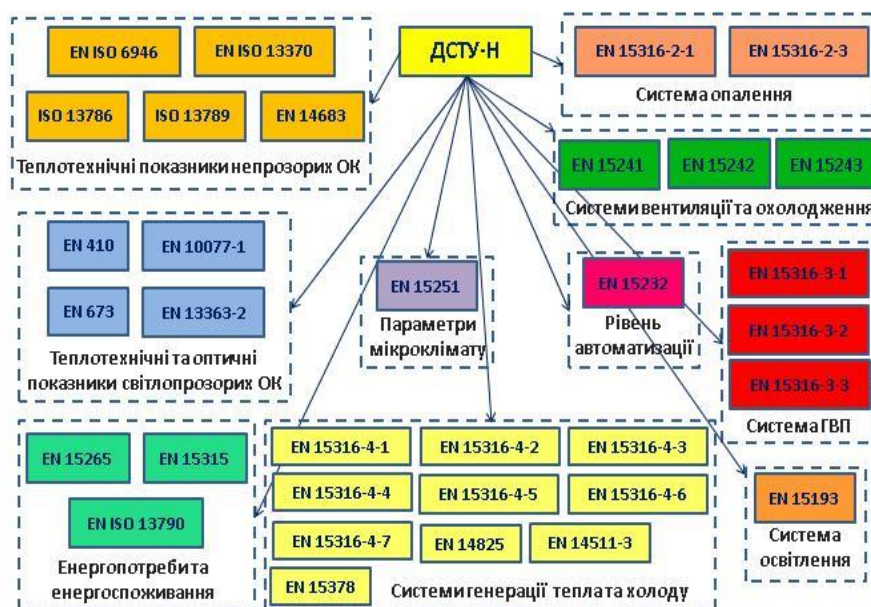


Рисунок 1.6 – Зв'язок стандарту ДСТУ Б А.2.2-12:2015 з стандартами EN

Згідно ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 [24] розрахунки енергоефективності представлені на різних рівнях: енергопотреба; енергоспоживання; доставлена енергія; первинна енергія/викиди CO₂.

Завдяки змінам у ДБН В.2.6-31: 2006 з 2007 року у складі проектно- кошорисної документації розробляється також й енергетичний паспорт будинку, до якого входять клас енергоефективності теплотехнічні, енергетичні та геометричні характеристики будівлі, дані про інженерні мережі та їх відповідність чинним вимогам.

Впродовж останніх десяти років впровадження [22] цього стандарту форма енергопаспорту дещо змінилася, а розрахунки класу енергоефективності потрібно тепер здійснювати за новою методикою [23, 27]. Крім енергопаспорту, у відповідності до ЗУ «Про енергоефективність будівель» [37] з 2018 року впроваджено енергетичний сертифікат будівлі. Він представляє собою електронний документ, встановленої форми, що є складовою частиною проектної документації на будівництво зі строком дії 10 років. Набуття чинності в кінці 2022 року нової редакції ДБН В. 2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» наближає вітчизняні стандарти щодо рівня теплозахисту до європейських норм, але вітчизняні норми мають малу диференціацію по температурним поясам. Наприклад, у Іспанії, що співвимірна за площею з Україною є п'ять температурних поясів із диференціацією щодо норм теплозахисту, у нашій країні таких зон чомусь лише дві.

З 2020 року із прийняттям закону [38] «Про Фонд енергоефективності» Україна планує використовувати Фонд як механізм ринку енергоефективності, зокрема із утеплення житлових багатоповерхових будинків. Головними завданнями Фонду є залучення інвестицій та створення умов для фінансування енергозберігаючих проектів та контроль використання коштів [39].

Також в Україні реалізуються за участю Міністерства регіонального розвитку, будівництва та архітектури міжнародні програми енергозбереження при підтримці МБРР; ЄІБ; Світового банку, ЄБРР; GIZ; USAID; NEFKO; SIDA, KfW,

Е5Р та ін. Населення і ОСББ мають змогу також брати участь у Програмі IQ energy (реалізує ЄБРР) по компенсації частини кредитів на енергоефективне обладнання та будівельно-монтажні роботи [34].

На законодавчому рівні в Україні діють державні, регіональні, галузеві та цільові програми з підтримки будівництва енергоефективних будівель.

Зокрема, це проявляється у наданні державних гарантій під кредитні лінії, додаткове фінансування, звільнення від сплати ПДВ (податку на додану вартість) та установа спеціальних дешевших тарифів.

Як правило, державна підтримка розповсюджується на будівництво комунальних або житлових об'єктів. Також однією із вимог є наявність працюючої служби енергоменеджменту в населеному пункті і реєстру інвестиційних проектів.

Перед енергоменеджерами міст стоїть велика кількість проблем і задач, зокрема, це складність управління процесами споживання енергії будівельного фонду. Наведені проблеми потребують використання ефективних інструментів та пошуку новітніх методик, серед яких є використання BIM-технологій для оперативного контролю проектування усіх етапів будівлі, а також проведення цілісного енергоаудиту

1.3 Проведення енергетичних обстежень будівель: загальні підходи

Відповідно до стандарту ISO 50001 безперевне забезпечення поліпшення енергоефективності потребує[31] систематичного проведення енергоаудиту об'єктів громадських будівель. Діяльність орієнтована на дослідження енерговикористання об'єкта, виявлення нераціонального використання ресурсів, та впровадження заходів, що сприяють підвищенню енергоефективності. Разом з тим проводиться оцінка економічних та технічних можливостей, пошуку способів реалізації [35,36]. Енергообстеження будівель повинно проводитися фахівцями, що мають відповідну освіту, кваліфікацію та

спеціалізоване обладнання.

На практиці сьогодні існують наступні напрямки обстеження будівель [29]:

- обстеження огорожувальних конструкцій;
- обстеження системи електропостачання та освітлення;
- обстеження системи водопостачання;
- обстеження системи вентиляції та кондиціонування;
- обстеження джерел енергії;
- обстеження системи опалення;
- обстеження зовнішніх інженерних комунікацій (що є на балансі);
- обстеження систем автоматичного керування та регулювання;
- аналіз даних з енерго-ресурсовикористання;
- аналіз даних приладного обліку, режимної і технологічної документації, паспортів енергоємного обладнання (наприклад, насоси басейну);
- виявлення проблем (умови мікроклімату, стан систем, конструкцій...);
- проведення необхідних вимірювань та розрахунків;
- проведення тепловізійного обстеження конструкцій і трубопроводів.

Більш детально вимоги та рекомендації наведено у ДСТУ [28-30].

За результатами енергообстежень кожного об'єкту доцільно розробити:

- звіт з енергетичного аудиту, що включатиме тепловізійне обстеження, баланси енергоспоживання, економічне обґрунтування рекомендованих заходів з енергозбереження, а також їх вплив на довкілля;
- енергетичний паспорт за формою, що регламентована ДБН [22];
- енергетичний сертифікат будівлі за встановленою формою згідно чинного законодавства [16].

1.4 Огляд програмних продуктів для енергомодельовання будівель За класифікацією вирішуваних задач програмне забезпечення можна поділити наступним чином [40-41]:

- для проектування: AutoCAD, SolidWorks; GoogleSketchUp, Audytor OZC і

Audytor C.O.; Autodesk Revit та ін.;

- для моделювання процесів теплообміну: ANSYS, Fluent, Gambit, Therm, SolidWorks;

- аналіз проектів: RETScreen, SolidWorks, STATISTICA, ENVI, MAC Tool, COMPOSE;

- прогнозування та планування енергоспоживання: OSeMOSYS, SUPER, MESSAGE, Energy Plus та ін.;

- оцінка екологічної ситуації: LEAP, MAED, REAP, Energy Plus, Energy PLAN та ін.;

- для енергетичної сертифікації: Дисплей, програмний продукт НДІБК.

Наведені програмні продукти відрізняються за складністю, вартістю та доступністю. Відносно до цих чинників, програми для енергомоделювання мають різні сфери застосування. Важливим фактором для вибору комплексу енергетичного моделювання є можливість графічної побудови об'єкта, а в ідеалі – створення повноцінної BIM-моделі. Це дає можливість максимально точно відтворити архітектурно-конструктивні особливості будівлі.

Деякі програмні продукти, наприклад, FLUENT, є недоступними у вільному доступі, тому з кожним роком виникає більше безкоштовних аналогів. Широке різноманіття існуючого програмного забезпечення потребує не тільки вивчення його можливостей, а й певного структурування (див. рис. 1.7).

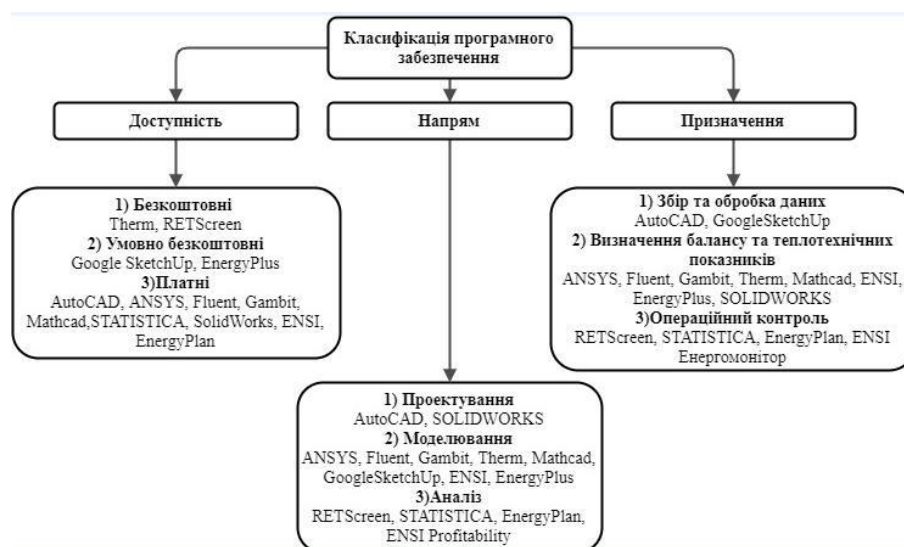


Рисунок 1.7 – Схема класифікації програмного забезпечення

Існуюче програмне забезпечення пропонує високу точність проектування та моделювання, швидкість розрахунків та автоматизацію процесів, інструменти для аналізу даних та проектування. До основних недоліків відносяться складність інтерфейсу, нестабільність та ресурсоемність (див. табл.1.1).

Таблиця 1.1 – Основні переваги та недоліки програмного забезпечення.

| Програмний продукт | Переваги | Недоліки |
|--------------------|--|---|
| AutoCAD | Швидкість проектування | Ресурсоемність |
| Fluent+ Gambit | Точність моделювання | Складність інтерфейсу |
| Therm | Точність моделювання | Складність інтерфейсу |
| Mathcad | Швидкість, автоматизація | Нестабільність |
| RETScreen | Економічний аналіз заходів | Немає можливості формувати звіт |
| SOLIDWORKS | Інтерфейс та взаємодія | Коротка бібліотека елементів |
| STATISTICA | Повний набір класичних методів статистичного аналізу | Неможливість побудови енергетичних балансів |
| GoogleSketchUp | Простий інтерфейс | Нескладні об'єкти, нестабільність |
| ENSI | Енергетична модель будівлі, взаємовплив заходів, баланси | Немає можливості сформулювати повноцінний звіт з енергоаудиту |
| EnergyPlus | Висока точність моделювання | Складність інтерфейсу |
| EnergyPlan | Структурування даних | Висока вартість |

Далі розглянемо програмне забезпечення RETScreen, яка є доступним на 30 мовах і є частиною навчальної програми у понад 80 вищих учбових закладах по всьому світі. Він використовується для оцінки проектів з енергоефективності, а також для систем енергомоніторингу та безперервного аналізу показників енергоефективності. Програма надає інформацію, необхідну для прийняття рішень при новому будівництві або реконструкції будівель різного призначення та форм власності завдяки виконанню таких етапів:

- енергетичного аналізу;
- аналізу собівартості;
- аналізу емісії парникових газів;
- фінансового аналізу;
- аналізу ризиків;
- аналізу чутливості системи.

Програма дозволяє визначити можливості фінансування подібних проектів з чистої енергії з використанням місцевого потенціалу відновлюваних джерел енергії та врахуванням місцевих кліматичних умов. Використання RETScreen дозволяє заощаджувати кошти та час на формування попереднього техніко-економічного обґрунтування під час розробки енергоефективних проектів.

Вихідні дані для початку проекту:

- тип об'єкту; температурний графік; графік присутності;
- теплотехнічні характеристики конструкцій;
- джерела енергії та графіки навантажень;
- характеристики інженерних систем та енергоносіїв (опалення, охолодження, освітлення, вентиляція, електрообладнання, гаряча вода, рекуперація теплоти).

Програма містить наступну статистичну інформацію щодо кліматичних умов місцевості:

- розрахункові координати,
- розрахункові температури зовнішнього повітря на потреби опалення та охолодження та середньомісячні значення температури повітря;
- середньомісячні значення вологості повітря;
- середньомісячне значення атмосферного тиску;
- середньоденне значення по надходженню сонячної радіації за кожен місяць опалювального періоду та влітку;
- середньомісячне значення швидкості повітря;
- щомісячне кількість градусо-днів;

- температура землі.

Робочі вікна програми для введення вхідної інформації щодо режиму зайнятості будівлі та характеристик огорожень наведено на рис. 1.8 та 1.9.

Енергетична модель RETScreen - Енергоефективний проект

Паливо і графіки Показати дані

| Паливо | Вид палива 1 | Вид палива 2 | Вид палива 3 | Ви |
|-----------------------------|----------------|----------------------------|--------------|----|
| Вид палива | Електроенергія | Задане користувачем паливо | | |
| Споживання палива - одиниці | МВт·год | ГДж | | |
| Вартість палива - одиниця | UAH/кВт·год | UAH/ГДж | | |
| Вартість палива | | 291,100 | | |

| Розклад | Одиниця | Розклад 1 | Розклад 2 | Розклад 3 | Розклад 4 | Розклад 5 |
|---|---------|-----------|------------|-----------|-----------|-----------|
| Опис | | 24/7 | Зайнятий | Зайнятий | Зайнятий | Зайнятий |
| Температура - опалення приміщень | °C | 20,0 | 20,0 | | | |
| Температура - кондиціонування приміщень | °C | 20,0 | 20,0 | | | |
| Температура - без людей | +/-°C | | Незайнятий | | | |
| | | | 2,0 | | | |
| Коефіцієнт зайнятості - в день | | год/день | Зайнятий | | | |
| Понеділок | | 24 | 16,0 | | | |
| Вівторок | | 24 | 16,0 | | | |
| Середа | | 24 | 16,0 | | | |
| Четвер | | 24 | 16,0 | | | |
| П'ятниця | | 24 | 16,0 | | | |
| Субота | | 24 | 16,0 | | | |
| Неділя | | 24 | 16,0 | | | |
| Коефіцієнт зайнятості - в рік | год/рік | 8 760 | 5 840 | | | |
| | % | 100% | 67% | | | |
| Температура переключення опалення/охолодження | °C | | 16,0 | | | |

Початок **Енергетична модель** Засоби

Рисунок 1.8 – Режим зайнятості будівлі та тарифи [35]

RETScreen

Оболонка будівлі: 1 2 3 4 5 | Опис: Школа

| Північна сторона будівлі | Базовий випадок | | | | Запропонований випадок | | | | Додаткові капітальні затрати |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------------|
| | Розклад 1 | Розклад 2 | Розклад 3 | Розклад 4 | Розклад 1 | Розклад 2 | Розклад 3 | Розклад 4 | |
| Опис | 24/7 | Зайнятий | | | Зайнятий | | | | |

| Оболонка будівлі | Базовий випадок | | | | Запропонований випадок | | | | Додаткові капітальні затрати |
|---|---|-------|---------|-------|------------------------|---------|---------|---------|------------------------------|
| | Північ | Схід | Південь | Захід | Північ | Схід | Південь | Захід | |
| Стіни | <input type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| Площа | 390 | 200 | 390 | 200 | 390 | 200 | 390 | 200 | |
| г-значення | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 0,745 | 1,88136 | 1,88136 | 1,88136 | 1,88136 | UAH 944 000 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Вікно | <input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| Площа | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | |
| г-значення | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | UAH |
| Коефіцієнт теплопотоків від сонячної радіації | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | 0,65 | |
| <input type="checkbox"/> Сонячне затінення - сезон використання | <input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Двері | <input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| Площа | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | 2 | 4 | |
| г-значення | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | UAH |
| <input checked="" type="checkbox"/> Дах | <input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| Площа | 2 100 | | | | 2100 | | | | |
| г-значення | 2 | | | | 2 | | | | UAH |
| <input checked="" type="checkbox"/> Підлога | <input checked="" type="checkbox"/> Базовий випадок = запропонованому | | | | | | | | |
| Площа | 2 100 | | | | 2100 | | | | |
| г-значення | 0,5 | | | | 0,5 | | | | UAH |
| <input type="checkbox"/> Стіна - нижче поверхні землі | | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Підлога - нижче поверхні землі | | | | | | | | | |

[Далі](#) [Далі](#)

Рисунок 1.9 – Оболонка будівлі [42]

Результатом виконання розрахунків буде визначення фінансово-економічних

показників проекту. Програма передбачає можливості як для комплексного моделювання об'єктів, так і надає можливість вивчати окремі об'єкти, підсистеми або квартири.

Результати розрахунку в програмному середовищі :

- базова лінія;
- економічний ефект від впровадження заходів;
- план розвитку проекту;
- аналіз доцільності;
- графік сукупного потоку грошових коштів.

Аналіз вихідних даних дозволить оцінити рентабельність проекту відповідно до горизонту планування та терміну роботи конкретного обладнання. Таким чином, програма провести комп'ютерне моделювання впровадження таких енергозберігаючих заходів (наприклад, утеплення зовнішніх огорожень, заміна вікон, зменшення теплового потоку в нічний час, встановлення децентралізованої системи вентиляції та ін.) у заданій будівлі та проаналізувати результати роботи з енергетичної, екологічної, фінансової точки зору (рис. 1.10-1.12).

| Резюме | | Показат дані | | | | | | | |
|---|-----------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|
| | | Паливо | | Базовий випадок | | Запропонований випадок | | Економія витрат на паливо | |
| | | Споживання палива - одиниці | | Споживання палива | | Споживання палива | | Економія витрат на паливо | |
| Вид палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива | Вартість палива |
| Електроенергія | МВт·год | UAH 349,000 | 2 449,4 | UAH 854 844 | 2 449,4 | UAH 854 844 | 0,0 | UAH - | - |
| Задане користувачем паливо | МВт·год | UAH 333,000 | 7 716,1 | UAH 2 569 469 | 2 526,7 | UAH 841 379 | 5 189,5 | UAH 1 728 090 | 1 728 090 |
| Разом | | | | UAH 3 424 313 | | UAH 1 696 223 | | UAH 1 728 090 | |
| Перевірка проекту | | Споживання палива - одиниці | Споживання палива - традиційне | Споживання палива - базовий | Споживання палива - зміна | | | | |
| Електроенергія | МВт·год | | | 2 449,4 | | | | | |
| Задане користувачем паливо | МВт·год | | | 7 716,1 | | | | | |
| Енергія | | Опалення | Охолодження | Електроенергія | Разом | | | | |
| | | МВт·год | МВт·год | МВт·год | МВт·год | | | | |
| Споживання енергії - Базовий випадок | | 6 325 | | 910 | 7 235 | | | | |
| Споживання енергії - Запропонований випадок | | 2 692 | | 910 | 3 602 | | | | |
| Економічна енергія | | 3 633 | | 0 | 3 633 | | | | |
| Економічна енергія - % | | 57,4% | | 0,0% | 50,2% | | | | |
| Мітка | | | | | | | | | |
| Одиниця енергії | | кВт·год | | | | | | | |
| Еталонна одиниця | | м² | | 57 720 | | | | | |
| Мітка | | | | | | | | | |
| Енергія | | Опалення | Охолодження | Електроенергія | Разом | | | | |
| | | кВт·год/м² | кВт·год/м² | кВт·год/м² | кВт·год/м² | | | | |
| Споживання енергії - Базовий випадок | | 109,6 | | 15,8 | 125,3 | | | | |
| Споживання енергії - Запропонований випадок | | 46,6 | | 15,8 | 62,4 | | | | |
| Економічна енергія | | 62,9 | | 0,0 | 62,9 | | | | |

Рисунок 1.10 – Енергетичний аналіз [42]

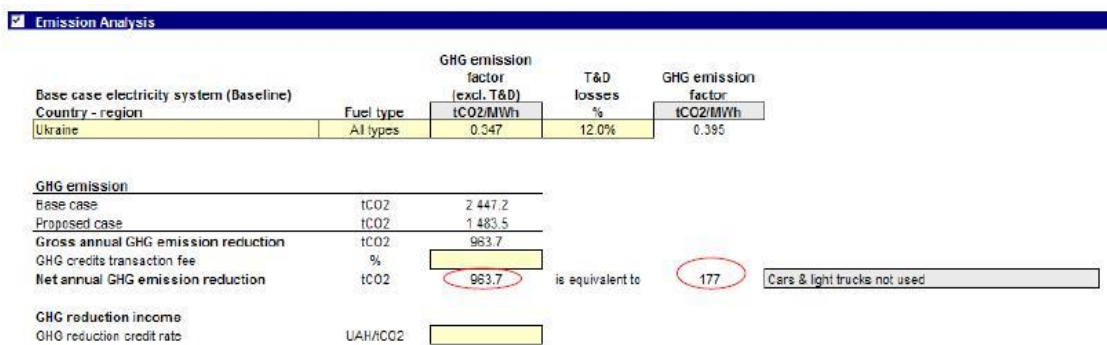


Рисунок 1.11 – Аналіз викидів [42]

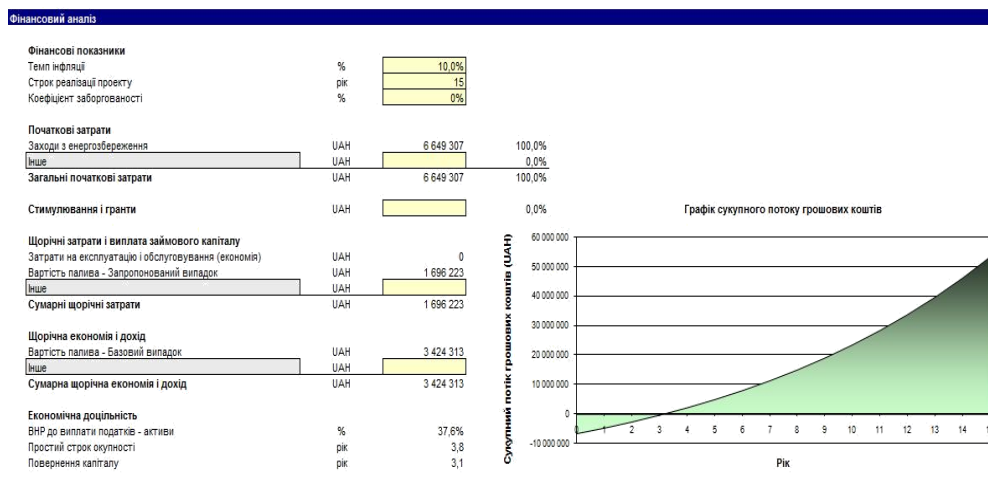


Рисунок 1.12 – Фінансовий аналіз [42]

Аналіз рис. 1.9-1.12 свідчить про те, що нас сьогодні доцільно та потрібно використовувати сучасні програмні продукти з інтерфейсом дружнім до користувача, в тому числі й вітчизняні розробки, для високоякісного багатокритеріального моделювання роботи комплексу всієї теплоізоляційної оболонки будівлі з можливістю ще на стадії розгляду варіантів приймати управлінське рішення щодо вибору кращі альтернативи.

Висновки по розділу 1

1. Україна протягом 15 останніх років упевнено переймає передовий міжнародний, в першу чергу європейський досвід та принципи енергоефективного та енергоощадного проектування, закріплено на рівні національних норм.
2. Сучасні інформаційного технології моделювання енергоощадного простору

приміщень (REVIT, EnergyPlus, ArchiCAD, тощо) дозволяють оцінити гіпотетичний ступінь енергоефективності будівлі при чисельному моделюванні, що дозволяє значно скоротити час на вибір оптимального енергоефективного рішення як то конструктиву стіни та к і загальної конфігурації будівлі в цілому. ешевлює прийняті рішення в перспективі подальшої їх експлуатації.

3. Поступовий перехід прийнятих підходів у практиці чинного проектування в нашій країні, до наскрізного інформаційного моделювання, що буде закріплено законодавчо, дозволить будувати енергоефективне житло на рівні ведучих країн Європи.

2 ПРОГРАМНІ ПРОДУКТИ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ АНАЛІЗУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ

2.1 Класифікація програмних продуктів для моделювання енергетичного стану будівель

Для аналізу теплового стану будівель використовуються програмні продукти, які базуються на стандартах для визначення енергопотреби будівель, авторських розробках або комбінації обох. В аналізі будівель доступний широкий спектр програмних продуктів, які відрізняються за вартістю, доступністю та операційною системою. З методологічної точки зору вони можуть бути побудовані:

- як бази даних;
- на основі фізичних розрахунків, використовуючи фізичні закони та рівняння;
- для вирішення оптимізаційних задач;

для моделювання енергоспоживання об'єктів у різних режимах (стаціонарні, квазістаціонарні, нестаціонарні) [56].

Багато програмних продуктів можна знайти в Інтернеті як у вільному доступі, так і за ліцензією. У цьому огляді наведено програмні продукти, які дозволяють проводити аналіз як окремих будівель (зон), так і групи будівель або району міста. Найпоширенішими підходами ВЕМ є використання програмних продуктів EnergyPlus та TRNSYS [57, 58]. ВЕМ використовуються для аналізу вже існуючих будівель. Залежно від типу задач, які можна вирішити, розглянуті програмні продукти поділяються на наступні категорії:

- прогнозування та планування енергоспоживання: EnergyPlus [57], TRNSYS [58], eQUEST [59];
- оптимізація енергоспоживання: Energy PLAN, EnergyPlus, eQUEST, TRNSYS, OSeMOSYS, HOMER, Modelica [57, 58, 60];
- визначення енергетичних характеристик будівель: Енергетичний паспорт, Дисплей, EnergyPlus, eQUEST, TRNSYS [57, 58, 59, 61].

Програмні продукти різняться за складністю, доступністю та іншими характеристиками, що впливає на їхню розповсюдженість. Деякі програмні продукти, які можуть бути недоступні для загального використання (наприклад, FLUENT), мають безкоштовні аналоги на базі Linux (наприклад, OpenFOAM). Розглянуті програмні продукти здатні вирішувати широкий спектр завдань. Для визначення енергетичних характеристик будівель найбільш поширеним є використання наявних програмних продуктів, таких як EnergyPlus, eQUEST, TRNSYS, ANSYS/FLUENT, SolidWorks, Modelica та інші.

2.2 Особливості моделювання енергоефективності на прикладі деяких популярних програм

EnergyPlus є найбільш розширеною та деталізованою програмою для аналізу енергоспоживання в будівлях, яка ґрунтується на динамічному моделюванні. Україні доцільно використовувати EnergyPlus з декількох причин: цей програмний продукт є безкоштовним, має високу точність розрахунків та розширені можливості. Крім того, для двох українських міст - Києва та Одеси - доступні годинні кліматичні файли, які підтримуються програмою International Weather for Energy Calculations (IWEC) [62]. EnergyPlus не має власного графічного редактора, тому розміри елементів огорожень можна вказувати координатами або використовувати графічний редактор Google SketchUp або ліцензійну версію Design Builder. В програмі можна встановити теплофізичні властивості багатошарових огорожень, вікон з оптичними особливостями скління, інженерні системи, графіки роботи та температурні режими. Програма враховує інерційні властивості огорожень та будівельних систем, динаміку змін кліматичних даних. В результаті EnergyPlus надає дані щодо температури повітря, радіаційної температури поверхонь, навантаження на систему опалення/охолодження та вентиляцію (HVAC-систему) та інше. EnergyPlus використовує функції DOE-2 та BLAST, які наближені до європейських стандартів, що робить його привабливим

для будівель різного призначення та різних параметрів у програмному середовищі EnergyPlus.

PHPP (Німеччина) - це програма для проектування пасивних будинків, яка використовується для підтвердження відповідності стандартам пасивного будинку. Вона була розроблена в 1998 році і постійно вдосконалюється. Кожна нова версія програми включає нові фактори, що впливають на енергетичний баланс будинку, а також нові методи розрахунку. PHPP забезпечує розрахунки різних параметрів, таких як енергетичні потреби на опалення та охолодження, комфорт при пасивному охолодженні, використання відновлювальної енергії та інші.

У програмі враховуються різноманітні фактори, такі як кліматичні умови, фізичні характеристики будівлі, затінення від сусідніх об'єктів та втрати тепла через різні конструкції. PHPP також враховує різні види вентиляції і можливість пасивного охолодження. Розрахунки можна проводити як для опалювального сезону, так і для літнього періоду для охолодження.

Результати розрахунків виводяться у графічному вигляді, що дозволяє легко порівняти вплив різних параметрів. Крім того, програма дозволяє вводити дані про реконструкцію будівлі та порівнювати економічну доцільність різних варіантів планування. Для спрощення введення геометричних даних об'єкту, розроблений плагін Design PH для програми ScetchUp, який автоматично передає дані у PHPP після моделювання проекту у 3D форматі.

PHPP разом із плагіном Design PH є ефективним програмним забезпеченням для розрахунку теплового балансу будівлі. Проте варто взяти до уваги, що програма PHPP не враховує повний вплив внутрішніх структурних елементів будинку один на одного. Також вона не враховує процеси переміщення повітря всередині будівлі, а розглядає об'єкт як єдину оболонку. Крім того, немає можливості встановлювати різні параметри внутрішнього клімату в різних зонах будівлі.

Не дивлячись на ці обмеження, РНРР є потужним інструментом для розрахунку енергетичного балансу пасивних будинків. Вона надає значну кількість даних і графіків, які допомагають проектувальникам та розробникам оцінити енергоефективність будівлі та приймати інформовані рішення щодо її опалення, охолодження та використання енергії.

З урахуванням обмежень РНРР, рекомендується використовувати інтегрований підхід при проектуванні пасивних будинків, де програма РНРР поєднується з іншими інженерними і архітектурними інструментами для отримання більш точних та повних розрахунків. Цей інтегрований підхід дозволяє досягти більшої енергоефективності та комфорту у пасивних будинках. В Австрії для енергетичних розрахунків використовується програма ArchiPHYSIK [63], подібна до РНРР, яка надає енергетичний сертифікат, відповідний законодавству країни. ArchiPHYSIK має спрощені та детальні розрахунки для одиночних та багатозонних енергетичних сертифікатів. У цій програмі, як і в РНРР, вводяться дані про конструкцію та матеріали будівлі, а отримуємо розраховані дані про об'єкт. ArchiPHYSIK розглядає будівлю як єдину теплову оболонку.

Геометричні та географічні дані є важливою складовою будівельних фізичних розрахунків, і два спеціальних додатки до ArchiPHYSIK спрощують обробку САD-даних. Для перепланування та реконструкції доступні дані з ArchiCAD, а також можливість роботи зі SketchUp. Крім розрахунку теплового балансу, програма також визначає екологічний індекс ОІЗ для житлових субсидій в Австрії і надає матеріали для екологічної сертифікації ÖGNI. Крім того, програма здійснює розрахунки та надає результати звукоізоляції будівлі.

ОРТІМА (Польща) є простим у використанні та наочним інструментом для енергетичного моделювання будівель. Ця програма розроблена для використання на ранніх етапах проектування будівель і дозволяє зручно здійснювати енергетичну та економічну оцінку будівлі ще на етапі концепції проектного рішення. Точність результатів у даній програмі має другорядне значення, а ак-

цент робиться на швидкість, інтуїтивність і простоту у використанні, що досягається за допомогою робочої моделі, яка полягає у заданні конфігурації оболонки будівлі із запропонованих збірних елементів з певними показниками. Програма виконує розрахунок енергетичних показників (розраховує трансмісійні втрати тепла, втрати через вентиляцію, прогнозує витрати енергії на опалення та гаряче водопостачання) та оптимізує рішення, що впливають на енергетичну якість будівлі, що в кінцевому підсумку вказує на оптимальні рішення. Програма також аналізує економічну рентабельність використання відновлювальних джерел енергії та вибрану систему опалення. В ОРТІМА можна оцінити енергетичну, екологічну та економічну ефективність окремих будівельних елементів, що впливають на споживання енергії, а також визначити вартість їх використання та можливе збільшення інвестиційних витрат.

Найбільш інформаційний інструмент енергетичного моделювання будівель з усіх на сьогодні наявних – пакет програм Hottgenroth (Німеччина)[64], висновки якої офіційно визнаються урядом Німеччини. Це декілька програм, які співпрацюють одна з одною та кожна відповідає за свою частину розрахунку. У програмах можна змоделювати у 3D форматі систему опалення, охолодження, вентиляції, водопостачання, протипожежний захист, спроектувати роботу фотоелектричних систем, спроектувати тепловий насос та режим його роботи для об'єкту, графічно змоделювати та розрахувати нагрівальні трубні мережі для опалення, скласти погодинний графік теплового балансу будівлі, скласти сертифікат споживання енергії для будинку та багато іншого. Інструментом для моделювання теплового балансу будівлі в цій збірці програм є софт ETU-Planer – універсальне рішення, що дозволяє проводити велику кількість розрахунків в одному програмному середовищі. Програма дає можливість продивлятися 3D-зображення на будь-якому етапі моделювання, можливість виділення зон (окремих приміщень) з різними температурними режимами, визначення теплового навантаження приміщень, виконувати розрахунок радіаторів, нагрівальних елементів на підлозі або на стіні, виходячи з навантаження на опалення та багато супутніх

розрахунків. Графічне представлення навантажень і результатів виконується у вигляді діаграм.

Потужним інструментом оцінки теплового балансу будівлі є EcoDesigner STAR – розширення ARCHICAD [65] дозволяє використовувати всі переваги BIM проектування в процесі Енергетичного Моделювання Будівель (BEM). Нюансом програми є те, що температурні показники кожної зони будівлі, що проектується, не можна задати з самого початку, вони є похідними від вибраної системи опалення або охолодження (і підраховуються програмою автоматично), тобто обернену задачу можна вирішувати тільки методом підбору варіантів систем опалення та охолодження. Ще однією особливістю програми є те, що взаємний тепловий вплив зон враховано тільки трансмісійним та інфільтраційним видом теплообміну, а способів врахування променевого та конвективного виду теплообміну не передбачено. Проте програма зручна у використанні за рахунок того, що дозволяє проектувати у програмі GRAPHISOFT ARCHICAD [65] та паралельно переносити дані у EcoDesigner STAR для швидкого складання енергобалансу, змінювати об'ємно-планувальні рішення, якщо результати не задовольняють, порівнювати їх та вибирати найкращий варіант проекту.

Графічно тепловий баланс будівлі надається у вигляді двох стовбчастих графіків один над одним – надходження тепла у кВт у графіку з додатніми стовпчиками та втрати тепла у графіку з від'ємними стовпчиками. Графіки можуть бути створені для кожної зони або для об'єкту в цілому. Також підраховуються пікові навантаження на системи опалення та охолодження

Також, практично всі програмні засоби розглядають об'єкт в цілому як єдину теплову оболонку, не враховуючи в повній мірі вплив одного елемента внутрішньої структури на інший [65]. Такий розгляд робить неможливим задання різних мікрокліматичних умов в різних приміщеннях (наприклад, в дитячій кімнаті потрібно задати $+25^{\circ}\text{C}$, а в іншому приміщенні - спортзалі чи санвузлі $+19^{\circ}\text{C}$) та детально проаналізувати вплив приміщень з різним мікрокліматом на загальний тепловий баланс будинку. Критичний огляд вищезазначених методик

та програмних засобів для моделювання енергоспоживання будівлі представлений в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Методи та програмні засоби оцінки теплового балансу при проектуванні архітектурних об'єктів, за даними [66]

| № | Різновид | Країна походження | Різновид | Функціональність | Можливість моделювання внутрішньої геометрії об'єкту, наявність графічного супроводу |
|---|--|-------------------|---------------------|---|--|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції | Україна | Настанова | Розрахунок загальних тепловтрат будинку через огорожувальну оболонку; -розрахунок теплонадходжень протягом опалювального періоду; -розрахунок значення питомих тепловтрат на опалення будинку за опалювальний пе-ріод; - присвоєння будівлі класу енергетичної ефективності від А до G. | Неможливе Розглядає об'єкт як єдину теплову оболонку). Не має графічного додатку. |
| 2 | РНРР (пакет проектування пасивного будинку) | Німеччина | Програмний комплекс | Розрахунок потреб енергії на опалення та максимальне опалювальне навантаження; - розрахунок потреб енергії на охолодження; - розрахунок пасивного охолодження, частоту перегріву при ньому; - розрахунок попиту на відновлювану первинну енергію та попиту на первинну енергію всіх енергетичних послуг вцілому по будівлі; - оцінка річного приросту відновлюваної енергії. | Не можливо. Графічний додаток є, проте об'єкт сприймається програмою як єдина теплова оболонка. |
| 5 | ArchiPHYSIK | Австрія | Програмний комплекс | -Розрахунок потреб енергії на опалення та охолодження | Не можливо. Графічний додаток є, проте об'єкт сприймається програмою як єдина теплова оболонка. |
| 6 | Optima | Польща | Програмний комплекс | -Розрахунок енергетичних показників (трансмійні втрати тепла, втрати через вентиляцію, прогноз витрати енергії на опалення та гаряче водопостачання) -оптимізація рішень, що впливають на енергетичну якість будівлі; -аналіз економічної рентабельності Використання відновлювальних джерел енергії та економічний аналіз вибраної | Не можливо. Графічний додаток є, проте об'єкт сприймається програмою як єдина теплова оболонка. |

Продовження табл. 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|--|------------------------|--|--|--|
| 7 | Hottgenroth (зокрема, софт ETU- Planer) | Німеччина | Програмний комплекс | - Моделювання теплової поведінки будівель, зон; - визначення теплового Навантаження приміщень; - розрахунок нагрівальних елементів; - проектування систем питної води; - планування та проектування систем вентиляції будинку; - енергетична реконструкція будівель; - розрахунок навантаження на охолодження; - моделювання систем гарячого водопостачання та сонячного опалення; - проектування фотоелектричних систем; - планування літньої теплоізоляції; - проектування когенераційних установок, систем теплового насоса; - можливість продивлятися 3D- зображення на будь-якому етапі моделювання; - детальна підготовка документів для затвердження. | Можливо. Внутрішня геометрія Враховується при розрахунках. Не вирішується обернена задача проектування. |
| 8 | GRAPHISOFT EcoDesigner STAR | Міжнародна розробка | Розширення до графічного програмного пакету САПР GRAPHISOFT ArchiCAD | - Розрахунок втрат тепла для кожної зони; - розрахунок потреб енергії на опалення та охолодження впродовж року; - прогнозування температурних показників у кожній зоні впродовж року. | Можливо. Внутрішня геометрія враховується при розрахунках. Не можливо задати різні температурні показники для різних приміщень як вихідні дані. Не вирішується обернена Задача проектування. Графічні Можливості обмежені. |

Аналіз даних табл. 2.1 та програм, що наведено у огляді вказує на той факт, що на сьогоднішній день на ринку існує багато різних за призначенням та функціоналом програмним забезпеченням, яке дозволяє моделювати енергопотребу будівлі.

Висновки по розділу 2

1. Великий вибір програмних продуктів, що наявний на ринку, для виконання моделювання енергоефективності свідчить про те, що перелік потреб інженерів, що проектують енергоефективні будівлі, має тенденцію до зростання, та кожний наступний програмний продукт покриває їх у тій чи іншій мірі.

2. В нашій державі використання подібних продуктів носить лише точковий характер та не є масовим. Кожний програмний продукт має свої переваги та недоліки. Окрім цього, переважна більшість є комерційними та вартують недешево.

3. Одним з найпопулярніших у нашій країні програмних комплексів, що користується попитом серед архітекторів та інженерів проєктувальників є ArchiCAD, в меншій мірі REVIT, що дозволяє підійти комплексно до проєктування, в тому числі має потужний функціонал з моделювання енергоефективності, хоча й складний в опануванні.

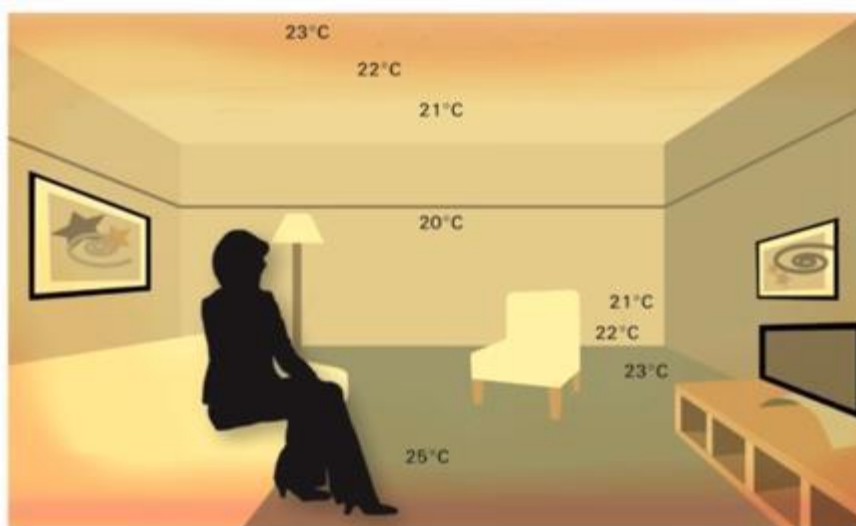
4. Достовірність результатів будь-якого моделювання можливо оцінити лише шляхом додаткової верифікації моделі енергоспоживання у різних програмних пакетах, що є проблематичним у випадку несумісності програмних продуктів.

3 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІМ- ПРОДУКТУ ARCHICAD 20

3.1 Оцінка енергоефективності огорожувальних конструкцій шляхом побудови ВІМ-моделі

Правильний мікроклімат у середині приміщення створює комфортне середовище для роботи та відпочинку, а також не спричиняє шкідливих для здоров'я факторів. Явище «теплого комфорту» широко використовується у європейській практиці проектування громадських будівель. Різниця температур у різних зонах приміщення не повинна перевищувати 2-4⁰С. (рис 3.1).

Оперативна температура /тепловий комфорт/



Різниця температур /випромінювання від предметів/ не повинна перевищувати 4 0С. Між головою і ногами не більше 2 0С (інакше виникне небезпека появи "холодних ніг")

Рис. 3.1 – Різниця температур у приміщенні

Заходи щодо підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій повинні призводити до зменшення різниці температур на всіх поверхнях приміщення.

Комплексний підхід щодо енергоефективності передбачає:

- правильну орієнтацію по сторонам світу;
- масивну теплоізоляцію;

- проектування будівель без теплових мостів та уникнення зон конденсації;
- правильно спроектовану систему вентиляції;
- енергоефективні вікна;
- герметичність віконних та дверних прорізів.

Ці вимоги можна виконати шляхом побудови тривимірної інформаційної моделі будівлі із заданням усіх можливих параметрів.

Кліматичний аналіз BIM-моделі будівлі, інтегрованої у ARCHICAD, надає просту технологічну процедуру проведення енергетичної оцінки проектів.

Інструмент Енергетичної оцінки виконує динамічну оцінку на всіх стадіях проектування, що дає можливість проектувальнику приймати обґрунтовані рішення, які стосуються вибору огорожувальних конструкцій та утеплювача.

Включення цього аналізу в робочий процес дає можливість створювати проекти, що відповідають вимогам сучасних будівельних стандартів в галузі енергоефективності.

Задля наочного відображення ефективності методики енергетичної оцінки будівлі у ARCHICAD 20, порівняно з іншими підходами, побудуємо інформаційну модель громадської будівлі – торгово-офісного центру у м.

Вінниця.

Отримана модель являє собою не тільки тривимірне відображення майбутньої будівлі, а й містить у собі усі необхідні архітектурно-конструкторські та техніко-економічні рішення.

Функція енергетичної оцінки містить наступні можливості:

- Створення та візуалізація геометрії безлічі термоблоків Енергетичної Моделі Будівлі (BEM) прямо з Інформаційної Моделі Будівлі (BIM) ARCHICAD за допомогою Панелі Перегляду Енергетичної Моделі.
- Використання сонячного аналізу на основі моделі для визначення інтенсивності погодинного сонячного опромінення скління кожного зовнішнього отвору на протязі всього року з урахуванням затінення від

зовнішніх чинників (навколишніх будинків, дерев і т.п.) і пристроїв сонцезахисту.

- Експортування даних геометрії та властивостей матеріалів моделі ARCHICAD через IFC або у вигляді електронних таблиць XLS для передачі їх в зовнішні додатки енергетичного аналізу.
- Інформація про щорічне споживання енергії і щомісячний енергетичний баланс.

Для порівняння енергоефективності об'єкта по результатам типового розрахунку і обчислень в програмі ArchiCAD були взяті дані проекту 2-х поверхової адміністративної будівлі, запроектованої у м. Вінниця. В ПК ArchiCAD була побудована 3D модель з урахуванням проектних характеристик будівлі.

У вкладці меню Параметри - Реквізити елементів - Будівельні матеріали програми були задані відповідні матеріали огорожувальних конструкцій житлового будинку.

Основне вікно програми активізується з меню Конструювання - Оцінка енергоефективності - Перегляд енергетичної моделі. Для розрахунку було змодельовано 4 термоблока відповідно до кількості опалювальних поверхів будівлі (рис. 3.2).

| ID | Имя | Профиль Эксплуатации | Зона | Площадь | Объем [м³] | Непокрытая Облас... | Общая Пл... | Инженеры... |
|-----|------------------|----------------------|------|---------|------------|---------------------|-------------|-------------|
| 002 | Другой поверх | Персональный офис | 7 | 297.43 | 766.49 | .. | 347.16 | 🔥 ❄️ 🌞 |
| 001 | Перший поверх | Персональный офис | 9 | 456.45 | 1279.84 | .. | 524.15 | 🔥 ❄️ 🌞 |
| 003 | Третий поверх | Персональный офис | 4 | 300.54 | 775.06 | .. | 347.08 | 🔥 ❄️ 🌞 |
| 004 | Четвертый поверх | Персональный офис | 4 | 316.15 | 557.67 | 76.37 | 231.32 | 🔥 ❄️ 🌞 |

Рис. 3.2 – Змодельовані термоблоки BIM-моделі

У вкладці Інженерні системи для термоблоків було задано центральне тепlopостачання і штучна система вентиляції. Розрахункова тривалість

опалювального періоду відповідно становила 222 доби [36]. За допомогою BIM-продукту ArchiCAD також були задані характеристики джерел енергії та їх вартість.

Відповідно до постанови Національної комісії що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) вартість електроенергії та природнього газу, яким планується опалюватись будівля, на 2023 рік наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вартість джерел енергії для громадських будівель [43]

| Тариф на електроенергію для нежитлових приміщень, грн/1 кВт·год з ПДВ | Тарифи на природній газ для непобутових споживачів, грн/1000м ³ |
|---|--|
| 2,64 | 13200 |

У першу чергу задаємо параметри оточуючого середовища. Географічні дані та кліматичні умови були вибрані для міста Вінниця [44]:

- помірно-континентальний клімат;
- середня температура січня $-4,1^{\circ}\text{C}$, липня $+19,2^{\circ}\text{C}$;
- річна кількість опадів – 591 мм;
- тривалість світлового дня – від 8 до 16,5 годин.

Згідно результатів інженерно-геологічних вишукувань в діалоговому вікні вказуємо тип ґрунту – суглинок.

Проаналізувавши розу вітрів задаємо, що будівля захищена від вітру з північної сторони, те не захищена з південної та північно-східної сторони.

Також обираємо, що територія навколо будівлі переважно заасфальтована, так як проектується в умовах щільної міської забудови. Процент вимощення становив 30%. Цей показник впливає на вплив сонячного випромінювання на огорожувальні конструкції (рис. 3.3).

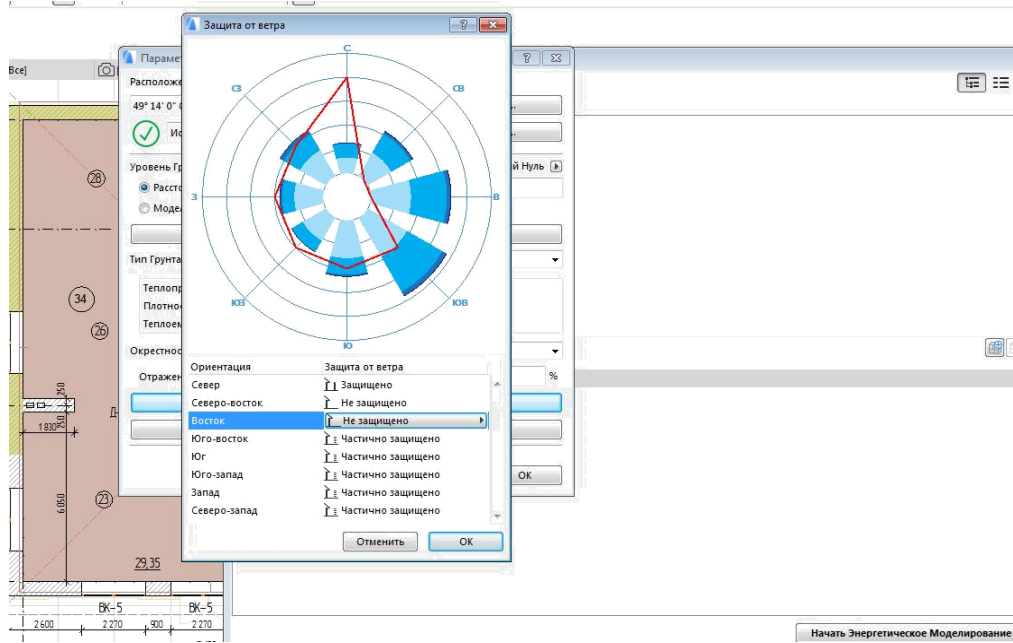


Рис. 3.3 – Роза вітрів для адміністративної будівлі

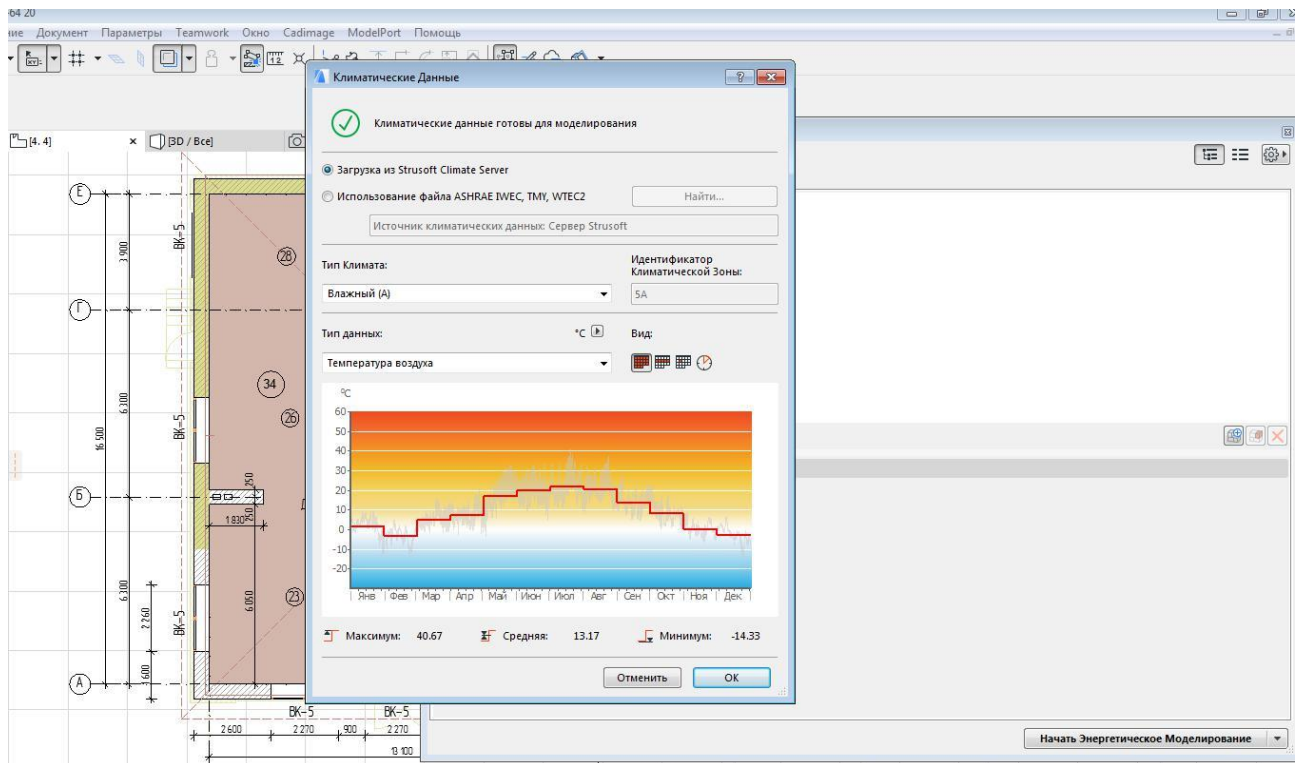


Рис. 3.4 – Кліматичні параметри адміністративної будівлі

Для того, щоб вірно оцінити енергоефективність огорожуючої конструкції, усі приміщення класифікуються у термоблоки, де задаються параметри оптимальної температури, тип конструкцій та кількість віконних, дверних прорізів.

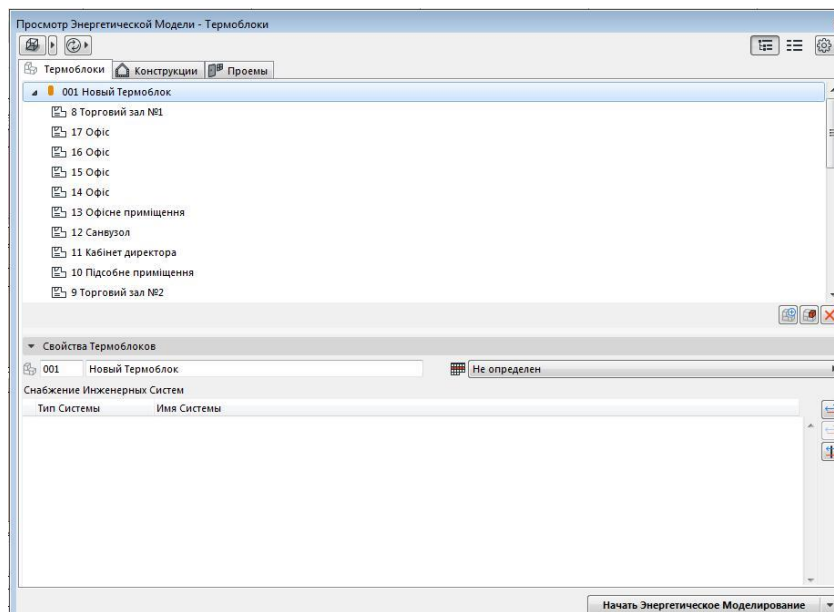


Рис. 3.5 – Зонування приміщень у термоблоки

Так як будівля проектується під офіси та приміщення для надання адміністративних послуг, вказуємо тип кожного приміщення за допомогою інструменту «Зонування» та задаємо приблизні дані щодо робочих та вихідних днів. Таким чином можна знизити споживання опалення у нічний період.

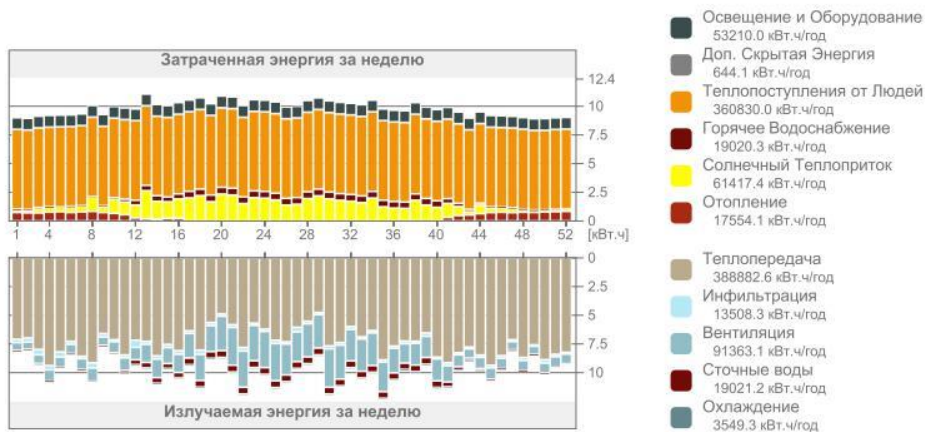
Розрахунок енергетичної ефективності будівлі проводився на персональному комп'ютері. Одиниці виміру енергії показників оцінки енергетичної ефективності призначені в кВт·год.

Із наведених обчислень проаналізуємо енергоефективність огорожувальних конструкцій торгово-офісного центру. Основні характеристики наведені в табл. 3.2.

Таблиця 3. 2 – Характеристики огорожувальних конструкцій торгово-офісного центру.

| Склад конструкції | Матеріал | Товщина, мм | Теплопровідність, λ , Вт/м ⁰ С |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|---|
| Стіна поверху 1...2 | Цегла М100 | 510 мм | 0,81 |
| | Жорсткі мінераловатні плити | 120 мм | 0,052 |
| | Штукатурка цементно-вапняним розчином | 20 мм | 0,814 |

Энергетический баланс проекта



Термоблоки

| Термоблок | Кол-во Зон | Эксплуатация | Общая Площадь м ² | Объем м ³ |
|----------------------|------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| 001 Первый поверх | 9 | Персональный | 524.15 | 1273.84 |
| 002 Другой поверх | 7 | Персональный | 347.16 | 766.49 |
| 003 Третий поверх | 4 | Персональный | 347.08 | 775.06 |
| 004 Четвертый поверх | 1 | Персональный | 231.32 | 557.67 |
| Итого: | 21 | | 1449.71 | 3373.06 |

Рис. 3.6 – Проектні дані споживання будівленню джерел енергії

Виходячи з даних, наведених на рис. 3.6, можна зробити висновок, що при заданих характеристиках огорожувальних конструкцій будівля буде споживати 17554 кВт·год на опалення та 3549 на охолодження кВт·год щорічно.

Энергопотребление Целей

| Наименование Цели | Энергия | | | CO ₂ |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|
| | Количество кВт.ч/год | Основная кВт.ч/год | Цена грн/год | Выделение кг/год |
| Отопление | 17 | 19 | 10150 | 3791 |
| Охлаждение | 3 | 6 | 1824 | 175 |
| Горячее Водоснабжение | 19 | 20 | 10167 | 3798 |
| Вентиляторы | 16 | 49 | 36935 | 3545 |
| Освещение и Приборы | 53 | 159 | 119722 | 11493 |
| Итого: | 109 | 255 | 178800 | 22803 |

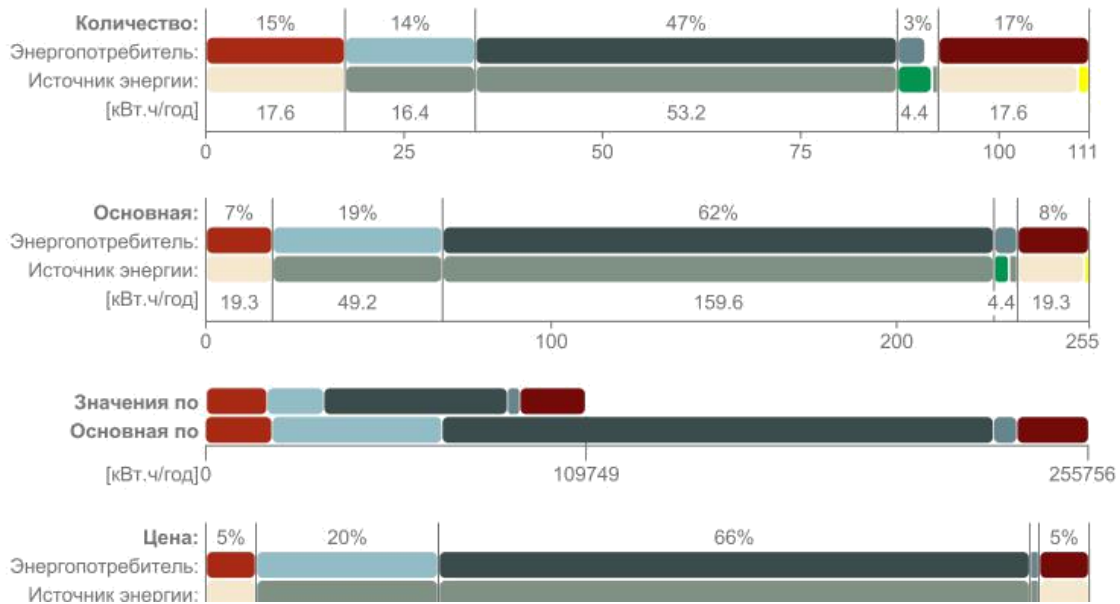


Рис. 3.7 – Річна потреба в матеріальних коштах на опалення, вентиляцію та водопостачання будівлі.

Згідно результатів обчислень річна потреба будівлі на вентиляцію, опалення та освітлення буде становити 178 800 грн з ПДВ.

Виходячи з отриманих даних щодо річної потреби в опаленні, охолодженні та гарячому водопостачанні визначимо клас енергоефективності огорожувальних конструкцій.

Загальний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою [22]:

$$EP \leq EP_{\max}; \quad (3.1)$$

де, EP – розрахункова або фактична питома річна енергопотреба будівлі;

EP_{\max} – максимально допустиме значення енергопотреби будівлі,

кВт· год/м³;

Для громадських будинків розрахункове значення EP розраховується за наступною формулою:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd})/V, \quad (3.2)$$

де $Q_{H,nd}$, $Q_{C,nd}$ та $Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання відповідно, кВт·год;

V – кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, м³.

Відповідно до п. 5.2 табл. 1 ДБН В. 2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель, приймаємо $EP_{max} = 38$ кВт·год/м³.

Розрахункове значення EP становило:

$$EP = (91363,1 + 17554,1 + 19020,3) / 3373,06 = 37,93 \text{ кВт·год/м}^3.$$

Отже, умова $EP \leq EP_{max}$ виконується. Тоді $EP - EP_{max} = 37,93 - 38 = -0,07$.

Відповідно до таблиці 3.3, призначаємо клас енергоефективності будівлі С.

Таблиця 3.3 – Класифікація будинків за енергетичною ефективністю.

| Класи енергетичної ефективності будинку за питомою потребою | Різниця розрахункового значення питомої енергопотреби EP від максимально допустимого значення EP _{max} |
|---|---|
| A | -50 та менше |
| B | Від -49 до -10 |
| C | Від -9 до 0 |
| D | Від 1 до 25 |
| E | Від 26 до 50 |
| F | Від 51 до 75 |
| G | 76 та більше |

3.2 Порівняння енергоефективності огорожувальних конструкцій

Для того, щоб вибрати найбільш оптимальні огорожувальні конструкції, які будуть відповідати міжнародним стандартам енергоефективності[44]: задамо нові характеристики будівлі.

Таблиця 3.4 – Прийняті архітектурно-конструктивні рішення будівлі торгово-офісного центру.

| Склад конструкції | Матеріал | Товщина мм, | Теплопровідність λ , Вт/м ⁰ С |
|---------------------|---------------------------------------|-------------|--|
| Стіна поверху 1...2 | Керамічні блоки Porotherm | 440 мм | 0,25 |
| | Жорсткі мінераловатні плити | 120 мм | 0,052 |
| | Штукатурка цементно-вапняним розчином | 20 мм | 0,814 |

Виконаємо кліматичний аналіз будівлі за допомогою функції Оцінки Енергоефективності у ArchiCAD. Результати розрахунку наведені на рис 3.8.

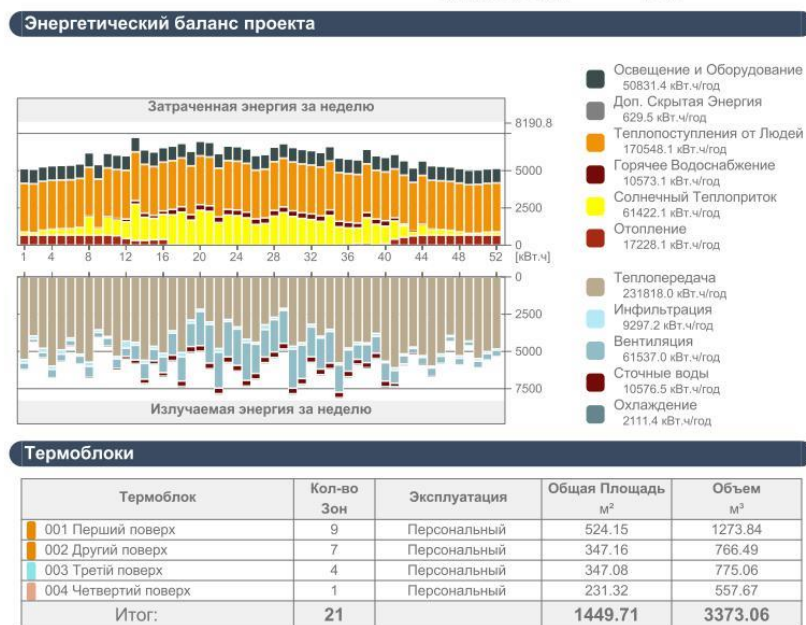


Рис 3.8 – Результати оцінки енергетичної ефективності будівлі з новими проектними рішеннями

Для вибору найбільш оптимальних огорожувальних конструкцій порівнюємо витрати на обслуговування будівлі з цегляної стіни та конструкції з керамічних блоків. Результати наведені згідно обчислень, взятих з BIM-моделі у

програмному комплексі ARCHICAD.

Таблиця 3.5 – Порівняння огорожувальних конструкцій торгово- офісного центру у м. Вінниця

| Огороджувальна конструкція | Річна потреба, кВт×год | | | Річна вартість в експлуатації будівлі, грн |
|--|------------------------|------------|-----------------------|--|
| | опалення | вентиляція | Гаряче водопостачання | |
| Стіна з повнотілої керамічної цегли М100 з утеплювачем | 17554,1 | 91363,1 | 19020,3 | 178800 |
| Стіна з керамічних блоків типу Porotherm з вентиляльованим фасадом | 17228,1 | 61537,0 | 10573,1 | 165207 |

Як видно із порівняльного аналізу, найбільш оптимальним рішенням щодо вибору матеріалу зовнішніх стін та утеплювача є стіна з керамічних блоків товщиною 440, утеплена мінераловатними плитами товщиною 120 мм та вентфасадом. В таблиці зазначено, що така будівля буде споживати енергії на 38599,3 кВт·год менше, ніж аналогічна, побудована із цегли.

Згідно формули 3. 2 розрахуємо загальний показник енергоефективності EP:

$$EP = (17228,1 + 61537,0 + 10573,1) / 3373,06 = 26,49 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3.$$

Умова $EP \leq EP_{\max}$ виконується. Тоді $EP - EP_{\max} = 26,49 - 38 = - 11,52$.

Відповідно до таблиці 2.2, призначаємо клас енергоефективності будівлі В.

Отже, можна зробити висновок що для підвищення класу енергоефективності будівлі торгового-офісного центру слід прийняти у якості огорожувальних конструкцій стіни з керамічних блоків товщиною 440 мм. Розрахунок інформаційної моделі будівлі показав, що таким чином можна знизити річні витрати на опалення, вентиляцію та водопостачання на 13593 грн.

3.3 Моделювання теплового моста в програмному комплексі ArchiCAD 20

У ARCHICAD [58] є можливість виконувати моделювання теплових мостів, яка дозволяє наочно оцінити енергетичну ефективність будь-якої конструкції.

Завдяки цьому ще на етапі проектування будівлі можна виділити проблемні вузли і внести коригування. При створенні будь-якої інформаційної моделі будівлі дуже важливо оцінювати енергетичну ефективність створюваних конструкцій.

Тепловий міст (його також називають «міст холоду») є певним елементом або місцем, де відсутня теплоізоляція, або ж вона набагато менше в порівнянні з іншими районами теплової оболонки будівлі. Тобто якщо на вулиці буде холодно, то через такі місця буде відбуватися втрата додаткового тепла і, навпаки, в спеку в будівлю буде проникати небажане тепло, що буде впливати на внутрішній мікроклімат (рис 3.9).

Тепловий міст /матеріальний/

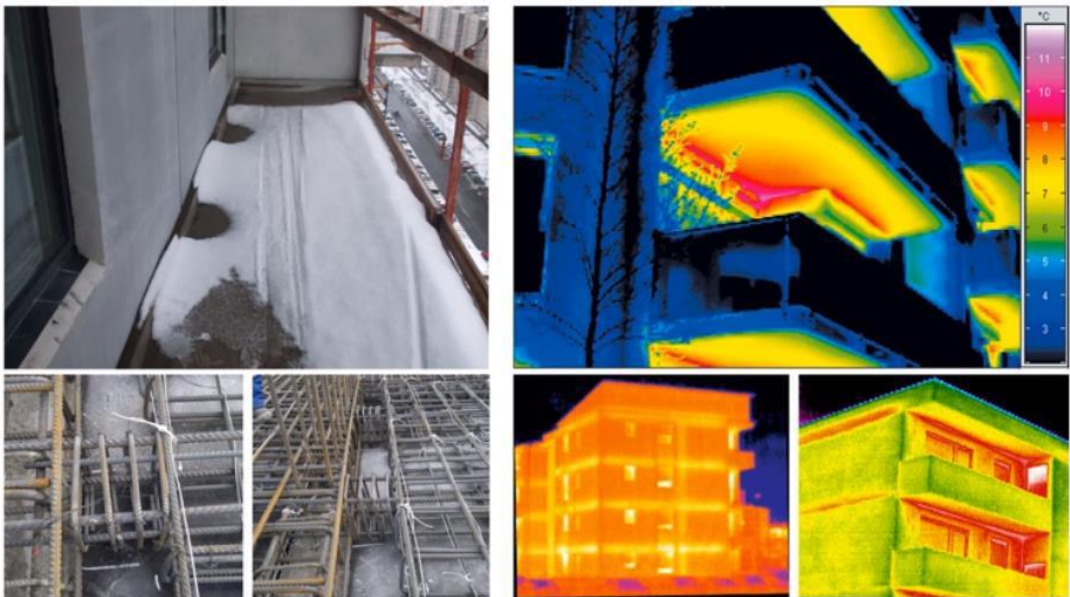


Рис. 3.9 – Приклад утворення «містків холоду» на балконах та лоджіях

При проектуванні будинків і споруд втрати тепла від будь-яких конструктивних теплових мостів повинні бути розраховані і враховані. Нехтування цього показника призводить до появи грибка та утворення зон конденсації (рис 3.10).



Рис. 3. 10 – Результат появи теплового моста у середині приміщення

Оцінка енергетичної ефективності проекту показала, що стіна з керамічних блоків, утеплена мінераловатними плитами, задовольняє кліматичним вимогам будівлі. Для більш детального аналізу тепловтрат розглянемо явище появи «містків холоду» на стиках огорожувальних конструкціях, та біля віконних, дверних прорізів. Для цього використаємо функцію моделювання теплового моста у програмному комплексі ArchiCAD [58].

Основними несучими елементами будівлі є керамічні блоки товщиною 440 мм, на які опираються пустотні плити перекриття. Найбільш очікувані появи містків холоду у вузлах обпирання плит перекриття на зовнішні огорожувальні конструкції. Для аналізу оберемо вузол обпирання плити перекриття першого поверху на стіну **по івісі 5**.

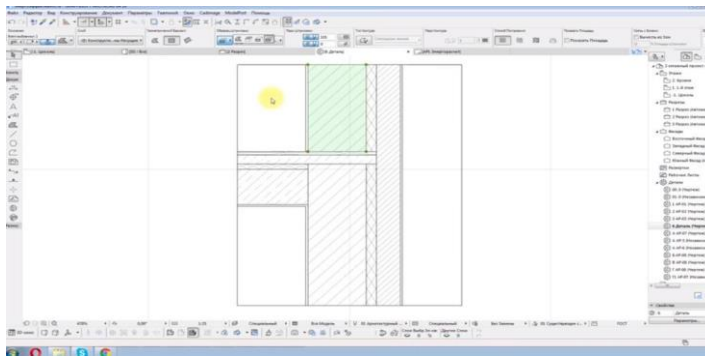


Рис. 3.11 – Вузол обпирання плити перекриття на стіну з керамоблоків

Для розрахунку містків холоду задаємо матеріал стіни, утеплювача та штукатурки відповідно у вкладці «Штриховка» (рис 3.12).

За допомогою вбудованої функції «Оцінка Енергоефективності» обираємо розрахунок теплового моста, після чого задаємо температуру повітря у приміщенні та назовні. Відповідно до ДСТУ, обираємо температуру найбільш

холодної п'ятиденки $-19,8^{\circ}\text{C}$ для м. Вінниця [44].

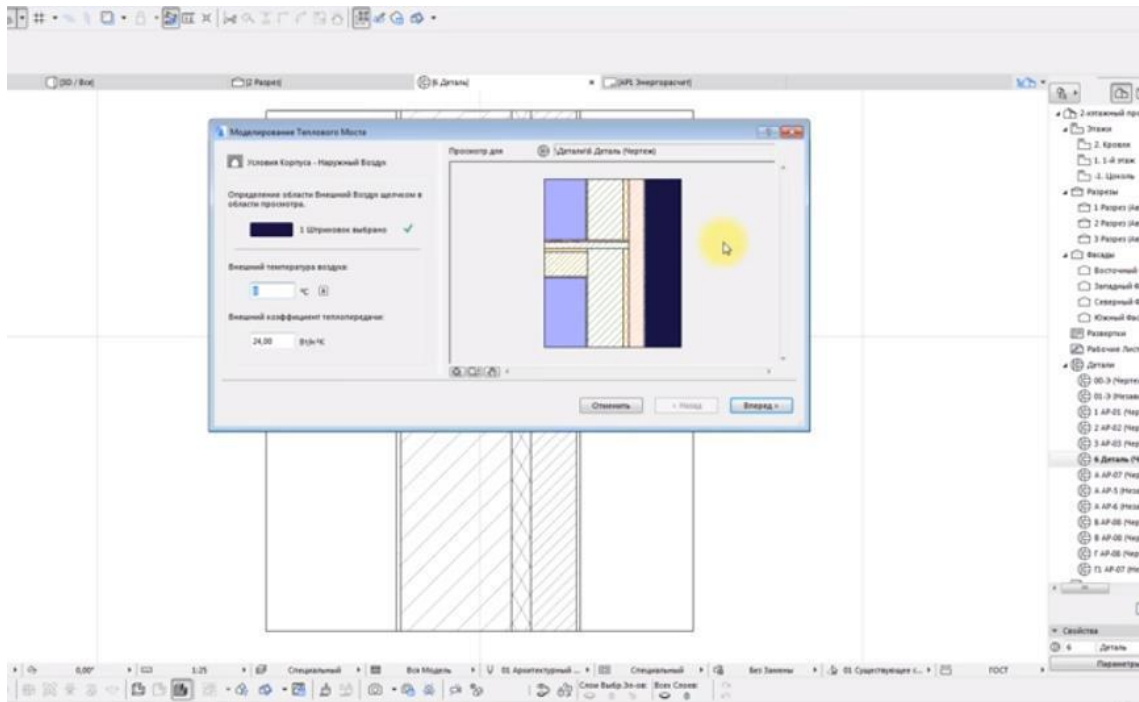


Рис. 3.12 – Розрахунок теплового моста огорожувальної конструкції

Виходячи з виконаного моделювання теплового моста можна стверджувати, що втрати тепла будуть відбуватися переважно у вузлах стикування плит перекрытия та зовнішніх стін (рис .3.13).

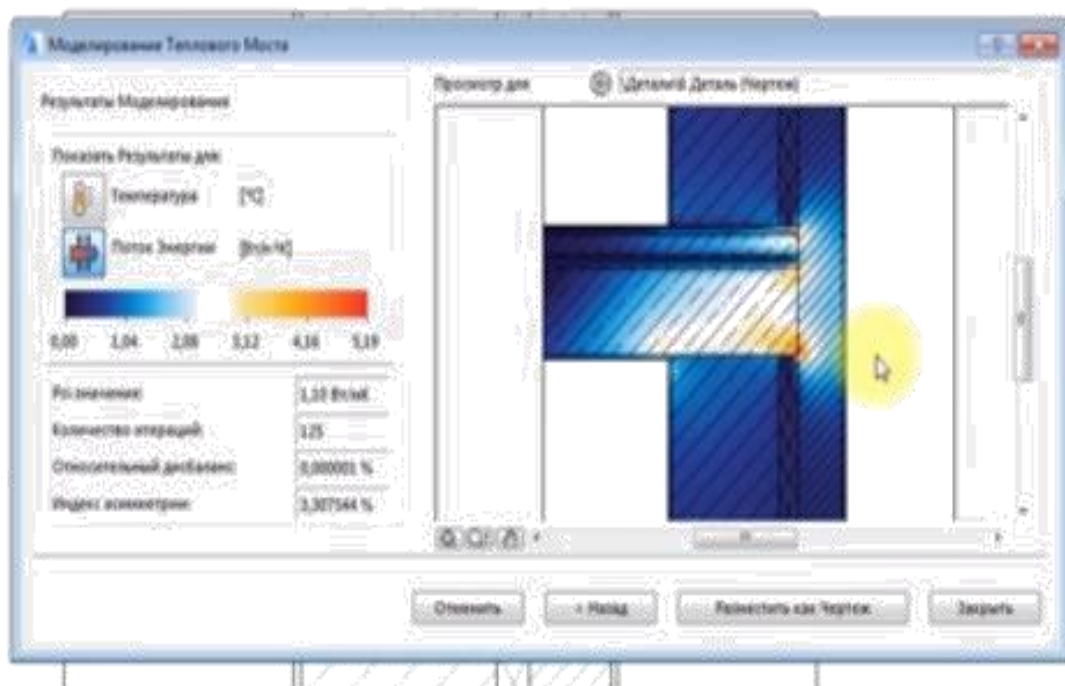


Рис. 3.13 – Результат моделювання містка холоду у вузлі стикування плити та зовнішньої стіни

Із розрахунку теплового моста можна зробити наступні висновки:

1. Аналіз моделювання вузла обпирання плити перекриття на зовнішню стіну будівлі показав, що в місці примикання плити відбуватимуться суттєві коливання температурних полів, що в довгостроковій перспективі може призвести до втрати теплотехнічних характеристик утеплювача, з подальшим випадінням конденсату, просочуванням вологи у товщу утеплювача та руйнування захисного шару теплоізоляції.

2. Місця обпирання несучих конструкцій є потенційними містками холоду, які необхідно ефективно захищати, створюючи неперервний контур теплоізоляції. Одним із заходів щодо покращення теплотехнічної неоднорідності конструкцій може бути використання термовкладишів, що влаштовуються у плиті перекриття. За цією технологією у плиті просвердлюють спеціальні отвори (250 – 400 мм), розміри яких залежать від товщини зовнішньої стіни. Подібний спосіб широко застосовується у сучасному будівництві та вважається найменш затратним і трудомістким.

Висновки по розділу 3

Для більш детального розгляду питання енергоефективності огорожувальних конструкцій були розглянуті шляхи впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання, загальні підходи в проведенні енергетичних обстежень будівель та запропоновані шляхи удосконалення законодавчо-нормативної бази стосовно енергоефективності будівельного фонду. Для оцінки стану енергоефективності огорожувальних конструкцій була взята BIM-модель торгово-офісного центру, запроектованого у м. Вінниця. Для вибору найбільш оптимальних огорожувальних конструкцій був проведений порівняльний аналіз цегляної стіни товщиною 510 мм та керамічних блоків товщиною 440 мм.

Із отриманих досліджень можна винести наступні висновки та рекомендації:

1. Технологія інформаційного моделювання будівлі дозволяє найбільш детально

оцінити її енергоефективність, оскільки містить повну інформацію щодо виду огорожувальних конструкцій, кліматичних умов, опалення, вентиляції, освітлення та функціонального призначення приміщень.

2. Результати оцінки енергоефективності в програмному комплексі ARCHICAD показали, що огорожувальна конструкція із керамоблоків 44 см споживає енергії на 38599,3 кВт·год/рік менше, ніж цегляна стіна товщиною 510 мм.

3. Вибір більш оптимальної огорожувальної конструкції будівлі підвищив клас енергоефективності будівлі з С на В, оскільки зменшились річні потреби на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.

4. Аналіз теплових містків (містків холоду) показав, що у вузлах стикування плит перекриття та зовнішніх стін будуть виникати додаткові тепловтрати. Одним із способів усунення теплотехнічної неоднорідності огорожувальних конструкцій є встановлення термовкладишів товщиною 250-400 мм у саму плиту перекриття.

4 ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Введення

Основним призначенням архітектури завжди було створення необхідної для існування людини життєвого середовища, характер і комфортабельність якій визначалися рівнем розвитку суспільства, його культурою, досягненнями науки і техніки. Ця життєве середовище, звана архітектурою, втілюється в будинках, що мають внутрішній простір, комплексах будинків і споруд які організують зовнішнє простір-вулиці, площі, міста.

У сучасному розумінні архітектура – це мистецтво проектувати і будувати будівлі, споруди та їх комплекси. Вона організовує всі життєві процеси. За своїм емоційним впливом архітектура – одне з найзначніших і стародавніх мистецтв. Сила її художніх образів постійно впливає на людину, тому що вся його життя проходить в оточенні архітектури. Разом з тим створення архітектури вимагає значних витрат суспільної праці і часу. Тому в коло вимог, висунутих до архітектури поряд з функціональною доцільністю входить економічність. Крім раціонального планування приміщень, що відповідає тим чи іншим функціональним процесам, зручність всіх будівель забезпечується правильним розподілом сходів, розміщенням обладнання та інженерних пристроїв (санітарні прилади, опалення, вентиляція). Таким чином, форма будівлі багато в чому визначається функціональною закономірністю, але разом з тим, вона будується за законами краси.

Скорочення витрат в архітектурі і будівництві здійснюється раціональним об'ємно-планувальним рішенням будівель, правильним вибором будівельних і оздоблювальних матеріалів. Полегшенням конструкції, удосконаленням методів будівництва.

Головним економічним резервом в будівництві є підвищення ефективності використання землі.

4.1.2 Паспорт об'єкта

Згідно з завданням запроектовано 2-х поверхову цегляну адміністративну будівлю.

- Пункт будівництва – м. Вінниця;
- Рельєф будівельного майданчика – спокійний;
- Нормативна глибина промерзання ґрунту– 0,8 м
- Клас капітальності будівлі – II;
- Ступінь довговічності – II;
- Ступінь вогнестійкості – II;
- Категорія складності об'єкта будівництва I;
- Ступінь відповідальності будівлі – СС2;

За умовну позначку 0,000 прийнятий рівень чистої підлоги першого поверху;
Наявність транспортних магістралей – автомобільні;
Будівельні матеріали – місцеві.

4.1.3 Природно-кліматичні характеристики району будівництва

Клімат регіону помірний.

Район будівництва з архітектурно-будівельним кліматичним районуванням II – Північно-Західний.

Середні температури січня $-5,1^{\circ}\text{C}$, липня $+18,5^{\circ}\text{C}$. Середня кількість опадів – 613 мм в рік [44]. Середня вологість повітря найбільш холодного місяця біля 85%, а найбільш теплого – 72%, відповідно до кліматичної карти України. Глибина промерзання ґрунтів — 0,9 м [44].

Тип місцевості – IV;

Характеристичне значення вітрового навантаження – 0,5 кПа;

Характеристичне значення снігового навантаження – 1,34 кПа;

Ґрунти:

шар 1 – насипний (потужність пласта 0,5 м);

шар 2 – суглинки (потужність пласта 6,0 м);

шар 3 – супіски (потужність пласта 10,0 м);

район будівництва – не сейсмічний.

4.1.4 Генеральний план

Головний фасад адміністративної будівлі виходить на проїжджу частину. Навколо будівлі виконати озеленення у вигляді газону і квіткових клумб. За огорожею банку розташувати місце для парковки автомобілів.

Основні техніко-економічні показники:

поверховість – 2;

Загальна площа 18 360 м²;

Будівельний обсяг 5720 м³;

Площа забудови 549 м²;

Площа озеленення 1470 м²;

4.1.5 Об'ємно-планувальне рішення

Найважливіша вимога до проектування – забезпечення співвідношення площ, відповідно до їх функціонального призначення та взаємозв'язками.

Запроектоване приміщення – адміністративна будівля.

На першому поверсі розташовуються такі приміщення:

- комора цінностей населення;
- каса;
- касовий зал;

- вестибюль;
- тамбур головного входу;
- кімната охорони;
- кімната персоналу;
- гардероб;
- електрощитова;
- сан. вузол;
- червоний куточок;
- експедиція;
- предкладової;
- комора цінностей;
- вечірня каса;
- комора вечірньої каси;
- приміщення розрахунку грошових квитків;
- бокс-гараж.

На другому поверсі розташовані такі приміщення:

- машинне бюро;
- приміщення ремонту машин;
- операційний зал;
- зал обчислювальної техніки;
- комора банків;
- кабінети керівника і зам. керуючого;
- архів;
- кредитна група;
- сан. вузол.

4.1.6 Конструктивне рішення

Конструктивне рішення будівлі визначається на початковому етапі проектування вибором конструктивної і будівельної систем і конструктивної схеми. Конструктивне рішення будівлі прийнято виходячи з його призначення і повністю обґрунтовує прийняті розміри основних несучих конструкцій. За конструктивною схемою будівля є безкаркасною з несучими стінами та збірним перекриттям із пустотних плит перекриття.

Фундаменти

Для будівлі розроблені фундаменти мілкового закладення. Підстави фундаментів проектованої будівлі служить суглинок. В результаті інженерно-геологічних досліджень ділянки ґрунтового воді не розкриті.

Перед закладанням фундаментів необхідно скласти акт про відповідність натуральних ґрунтових умов даними інженерно-геологічного звіту.

Фундаменти – зі збірних залізобетонних блоків.

Фундаментні стіни – збірні з великих бетонних блоків.

Стіни та перегородки

Будівля 2-х поверховий, прямокутна в плані. Зовнішні стіни виконані з керамоблоку типу «PoroTherm» 440 мм. Внутрішні стіни - з червоного повнотілої цегли. Перегородки – гіпсобетонні, частково цегляні, у вологих приміщеннях - гіпсобетон на пуцоланових в'язучих (табл. Г.1 додатку Г).

Перекрыття та покриття

Для міжповерхових перекрыттів і покриттів застосовано залізобетонні плити з круглими пустотами серії 1.141.1 в 60, 61, 63 (табл. Г.2 додатку Г).

Перемички

Перемички за серією 1.038.1-1 в-1 та 1.038.1-1 в-2 (табл. Г.3 додатку Г).

Сходи

Зв'язок між поверхами здійснюється по сходах (табл. Г.4 додатку Г), які розташовуються в центральній частині будівлі.

Вікна та двері

Вікна – індивідуальні, прямокутні (табл. Г.5 додатку Г).

Двері – дерев'яні по серії 1.136-10 (зовнішні), по серії 1.136-10 (внутрішні) (табл. Г.5 додатку Г)

Підлоги

Підлоги в адміністративних будівлях повинні задовольняти вимогам міцності, опірності зносу, достатньої еластичності, зручності прибирання. В якості покриття підлоги прийняті:

мозаїчні підлоги - тамбур головного входу, вестибюль, кімната перерахунку грошей, коридор, ел. щитова, каса, операційний зал;

штучний паркет - кімната зберігання зброї, кабінети керівника і зам. керуючого банком;

лінолеум - кімната охорони, гардероб, червоний куточок, приміщення перерахунку грошових квитків, експедиція, машинне бюро, кредитна група, комора, приймальня;

керамічна плитка – комора цінностей, комора вечірньої каси, сан. вузли.

Покрівля

Покрівля прийнята поєднана з 4-х шарів руберойду. Місця примикання покрівлі до вертикальних поверхнях стіни парапету необхідно закрити захисним фартухом з оцинкованої сталі товщиною 0.5 мм за ГОСТ 19903-74.

Зовнішня і внутрішня обробка

Зовнішнє оздоблення:

виконується у вигляді навісного і фальш-фасаду. Цоколь майданчики головного входу облицьовувався гранітом. Козирки виконуються з анодованого алюмінію.

Внутрішнє оздоблення: передбачається з високоякісних матеріалів; облицювання стін керамічною плиткою, клейова забарвлення стін і стелі; в машинному бюро передбачити акустичну обробку.

Віконні і дверні блоки – емалеве забарвлення за 2 рази, колір – білий.

Обладнання будівлі

Будівля обладнується центральним опаленням, гарячим водопостачанням, каналізацією, електрикою, телефонного та радіотрансляційної мережею, приточно-втяжною вентиляцією з механічним і природним спонуканням.

4.1.7 Теплотехнічний розрахунок

Згідно [2] для району будівництва прийняті наступні розрахункові параметри:

- кліматичний район – I;
- зона вологості – суха;
- внутрішній режим приміщення – нормальний;
- температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби (із забезпеченістю 0,92) $t_{ext} = -25$ °С;
- температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки (із забезпеченістю 0,92) $t_{ht} = -21$ °С;
- температура опалювального періоду $t_{ht} = -0,1$ °С;
- тривалість опалювального періоду 203 доби.

Загальні положення

При проектуванні огорожувальних конструкцій необхідно, щоб їх опір теплопередачі було не менше величини, яка визначається за санітарно-гігієнічними вимогами [3]:

$$R_{\sum np} \geq R_{q, \min} , \quad (4.1)$$

де $R_{\sum np}$ – приведений опір огороження теплопередачі, яке обчислюється з урахуванням його конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q, \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі, м²·К/Вт.

Для зовнішніх стін будівель I температурної зони України за чинними нормами

$$R_{q,\min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} [3];$$

Зовнішня стіна виконана із цегляної кладки поризованої кераміки типу Porotherm товщиною $\delta_1=440$ мм, по якій влаштовано утеплювач – мінераловатні плити густиною 75 кг/м^3 а також вентиляований фасад з покриттям керамогранітною оздоблювальною плиткою. Конструктивні елементи стіни показано на рис. 4.1.

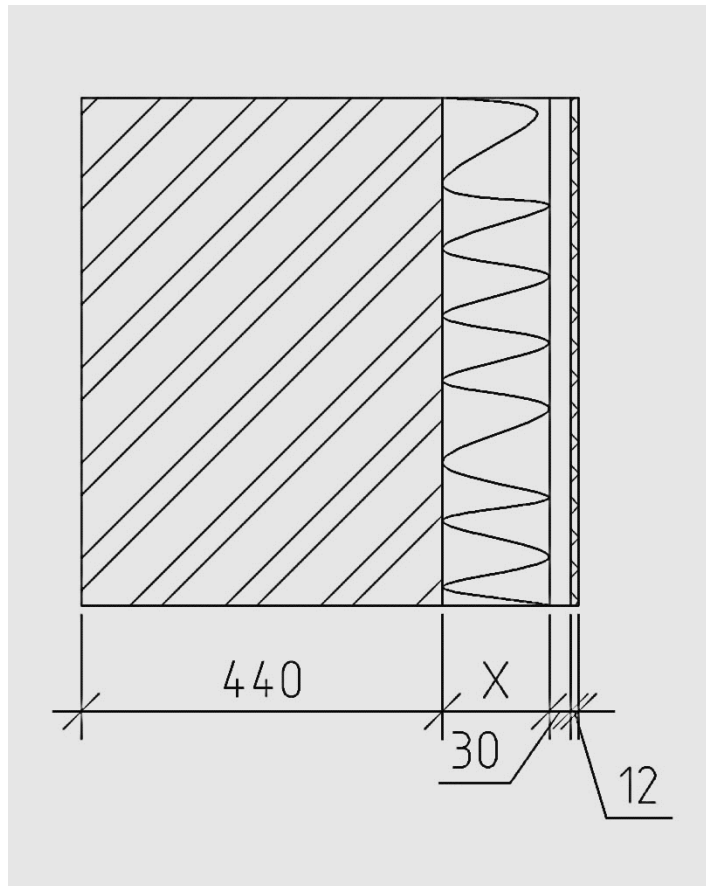


Рисунок 4.1 – До визначення термічного опору стінової конструкції
Теплотехнічні характеристики матеріалів для умов експлуатації Б [табл. Л.1, 2]
наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Матеріали для зовнішньої стіни

| Матеріал | δ , м | γ , кг/м ³ | λ , Вт/м·К |
|--|--------------|------------------------------|--------------------|
| Цегла глиняна на цементно-піщаному розчині | 0,44 | 618 | 0,14 |
| Мінераловатна плита «ROCKWOOL» | X | 75 | 0,052 |
| Керамогранітна плита «MIRAGE» | 0,012 | 703 | 0,36 |

Для задоволення нормативних вимог до термічного опору огороження повинні виконуватись умови за формулою И.1 [2]

$$R_{q_{\min}} \leq \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_з} \quad (4.2)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – опори теплосприймання і тепловіддачі на контакті огороження відповідно із внутрішнім і зовнішнім середовищем.

При цьому опір теплосприймання:

$$\alpha_в = 8,7 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}; \quad \alpha_з = 23 \text{ (Вт/м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Потрібне значення товщини мінераловатної плити:

$$R \geq \frac{1}{8,7} + \frac{X}{0,052} + \frac{0,44}{0,14} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{1}{23} = 4,52 + 19,23 \cdot \delta_1 = 4,0;$$

$$\delta_1 \geq \frac{4,0 - 4,52}{19,23} < 0 \text{ (м)}.$$

Не зважаючи на те, що потрібна товщина утеплювача виявилась менше нуля, тобто термічний опір стіни задовільняє вимоги чинних норм, прийнято товщину утеплювача 120 мм, враховуючи перспективне збільшення вимог щодо термічного опору стін, насичення вологою утеплювача, деградації його теплоізоляційних характеристик та нагальну потребу до переходу до більш енергоощадного опалення (в контексті ситуації з війною та вартістю енергоносіїв)

$$R_{\sum np} \geq \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,052} + \frac{0,44}{0,14} + \frac{0,012}{0,36} + \frac{1}{23} = 6,8 \geq 4,0;$$

Визначаємо розрахунковий внутрішній перепад на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції:

$$\Delta t_0 = \frac{n \times (t_{\text{int}} - t_{\text{ext}})}{R_{\sum np} \alpha_в} = \frac{1 \times (20 - (-21))}{3,60 \times 8,7} = 1,31^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_0 = 1,31^\circ\text{C} \leq \Delta t_n = 4^\circ\text{C}$$

Висновок: оскільки умова по теплозахисту виконується, то дана конструкція утеплення підібрана вірно.

4.1.8 Техніко-економічні показники

Економічні показники адміністративних будівель визначаються їхніми об'ємно-планувальними рішенням, характером і організацією санітарно-технічного обладнання.

Важливу роль відіграє запроєктоване в будівлі співвідношення робочої зони і підсобних приміщень, висота приміщення, розташування санітарних вузлів.

Будівельний об'єм надземної частини адміністративного будинку визначається як добуток горизонтального перетину на рівні першого поверху вище цоколя (по зовнішніх гранях стін на висоту від рівня підлоги першого поверху до верхньої межі перекриття).

Площа забудови розраховують як площа горизонтального перерізу будівлі на рівні цоколя, включаючи всі виступаючі частини, які мають покриття.

Робочу площу будівлі визначають як суму площ робочих приміщень.

Загальну площу розраховують як суму площ робочих і підсобних приміщень, коридорів, тамбурів.

Площа приміщень вимірюють між поверхнями стін і перегородок на рівні підлоги. Площа всієї будівлі визначають як суму площ поверхів виміряних у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін. Площа сходових кліток так само входить до площі поверху.

Основні техніко-економічні показники будівлі наведено у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники будівлі

| | |
|--|--|
| Будівельний об'єм будинку | $V_{\sigma} = 3486,17 \text{ (м}^3\text{)}$ |
| Загальна площа будівлі | $S_0 = 1011,88 \text{ (м}^2\text{)}$ |
| Робоча площа | $S_p = 925,56 \text{ (м}^2\text{)}$ |
| Площа підсобних приміщень | $S_n = 86,32 \text{ (м}^2\text{)}$ |
| Кількість поверхів | 2 |
| Коефіцієнт співвідношення робочої і загальної площі | $k_1 = \frac{S_p}{S_0} = \frac{925.56}{1011.88} = 0.914$ |
| Коефіцієнт економічності використання обсягу будівлі | $k_2 = \frac{V_3}{S_0} = 3.44$ |

4.2 Технологія будівельного виробництва

4.2.1 Область застосування

У даному розділі розробляється наступна документація:

- технологічна карта на цегляну кладку;
- технологічна карта на монтаж навісного вентилязованого фасаду.

Коротка характеристика об'єкта : двохповерхова адміністративна будівля у м. Житомир. Будівництво даного об'єкту здійснюється за допомогою двох типів кранів – баштового стрілового та автомобільного крану, оскільки поверховість будівлі відносно низька – в осях 1...3 – двоповерхова з підвалом.

4.2.2 Вихідні дані

Основні показники об'єкту забудови :

Площа забудови – 549 м²;

Об'єм будівлі - 3984,5 м³;

Будівля двоповерхова, розмірами в плані 30×18,3 метра; висотою 10,43 м.

Основні матеріали: цегла глиняна, збірний залізобетон. Тривалість будівництва за ДСТУ Б А.3.1-22:2013 – 10 місяців.

Місцеві умови будівництва:

перевезення здійснюються автомобільним транспортом, середня відстань перевезення не перевищує 5 км;

енергопостачання будівельного майданчика здійснюється від існуючої трансформаторної мережі;

тимчасовий водопровід від існуючих мереж.

Роботи по зведенню об'єкту складаються з монтажних по встановленню залізобетонних конструкцій фундаментів, монолітних ділянок, мурування керамічної цегли з наступним встановленням утеплювача з мінеральної вати та оздобленням вентилязованими фасадами. Роботи проводяться в літній період часу в дві зміни. Подача конструкцій і матеріалів проводиться гусеничним або колісним краном.

4.2.3 Розробка технологічної карти на цегляне мурування

Технологічна схема розроблена на виробництво кам'яних робіт поточно-розчленованим методом бригадою мулярів чисельністю 30 осіб із застосуванням нормокомплекту засобів механізації, обладнання, інвентарю та інструменту (табл. Г.8, Г.9 додатку Г). При виконанні робіт необхідно дотримуватись вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Технологічна карта розроблена на зведення адміністративної будівлі (2 поверхи), з розмірами в плані 30×12м, висота поверху – 3 м.

Зовнішні стіни товщиною 510 мм з повнотілої глиняної цегли.

Внутрішні стіни товщиною 380 мм виконуються з повнотілої глиняної цегли.

Перегородки – гіпсобетонні (табл. Г.1 додатку Г) і частково цегляні (120 мм);
 Перемички – збірні залізобетонні (табл. Г.2 додатку Г);
 Плити перекриття – збірні залізобетонні (табл. Г.3 додатку Г);
 Сходи – зі збірних з / б маршів і площадок (табл. Г.4 додатку Г);
 Віконні і дверні блоки прийняті з широкими коробками (табл. Г.5 додатку Г).

До складу робіт входять:

- транспортування стінових матеріалів і розчину на робочі місця мулярів:
 цегли 220 тис. шт.
 розчину 131,6 м³;

- мурування кам'яних зовнішніх і внутрішніх стін (специфікацію матеріалів див. табл. Г.7 додатку Г). з цегли на розчині з переміщенням матеріалів у межах робочого місця:

- зовнішніх стін 310 м³
 - внутрішніх стін 150 м³
 - перегородок 90 м³;
 - монтаж з / б виробів 107 шт. ;
 - влаштування риштування і огорож 53,47 м³.

Відосмість об'ємів розчину та цегли на зведення надземної частини наведено у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 Матеріально-технічні ресурси на зведення цегляного мурування

| Матеріал | Од. ви- мір. | Кількість на 1м ³ мурування | Об'єм муру- вання м ³ | Кількість на весь об'єм |
|---------------------------------------|-----------------|---|-------------------------------------|----------------------------|
| Зовнішні стіни завтовшки 440 мм | | | | |
| Поризована кераміка типу Porotherm | шт | 400 | 310 | 124000 |
| Розчин | м ³ | 0,241 | 310 | 74,71 |
| Внутрішні стіни завтовшки 380 мм | | | | |
| Цегла глиняна звичайна | шт | 400 | 150 | 60000 |
| Розчин | м ³ | 0,237 | 150 | 35,56 |
| Перегородки завтовшки 120 мм | | | | |
| Цегла глиняна звичайна | шт | 400 | 90 | 36000 |
| Розчин | м ³ | 0,237 | 90 | 21,34 |

4.2.4 Вибір методів виробництва робіт та комплекту машин

При зведенні будівель провідною машиною в комплекті, що визначає тривалість монтажу конструкцій, є монтажний кран. Необхідно вибрати марку монтажного крана за технічними параметрами: вантажопідйомності (маса найбільш важкого елемента, вантажозахоплювального пристрою), т; висоті підйому стріли $H_{стр\ потр}$, м; вильоту стріли $L_{стр\ потр}$, м.

Монтажна маса конструкцій підраховується за формулою:

$$Q_m = Q_k + \sum q, \quad (4.3)$$

де Q_k – маса конструкції, т;

$\sum q$ – сумарна маса монтажних пристосувань, т.

Визначимо найважчі конструкції:

Сходовий марш ЛМФ 39.14.17-5– 1420 кг;

Плита перекриття ПК 60.15-6АтV та –2850 кг;

Маса бадді з бетонною сумішшю місткістю 2,5 м³ – 5000 кг.

Найважчим вантажем є баддя з бетонною сумішшю. Технічні характеристики бадді наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Характеристики бадді ББМ-0,2-2

| Показники | Один. | Величина |
|---------------------|----------------|----------|
| Об'єм | м ³ | 2 |
| Довжина | мм | 2460 |
| Ширина | мм | 2460 |
| Висота | мм | 2481 |
| Висота завантаження | м | 2,04/1,1 |
| Маса бункера | кг | 290/320 |
| Маса з сумішшю | кг | 5000 |

Визначаємо монтажну масу бадді з сумішшю : $Q_m = 5000 + 904 = 5904$ (кг) ;

Висота піднімання гака крана для стрілових кранів визначається за формулою:

$$H_m = h + h_z + h_e + h_{cnp}, \quad (4.4)$$

де h – перевищення опори елемента, який монтується, над рівнем стоянки крана, м;

h_z – необхідна відстань для заведення елемента над опорою, приймається рівною 1,0 м;

h_e – висота елемента, який монтується, м;

h_{cnp} – висота вантажозахватного пристрою, м.

$$H_m = 10,43 + 1,00 + 0,22 + 1,25 = 12,9 \text{ (м)}.$$

Потрібний виліт стріли крану визначається:

$$l_{cnp} = B + f + f' + d + R_{32}, \quad (4.5)$$

де B – ширина будівлі в осях, м;

f, f' – відстань від осі до виступаючої частини будівлі, м;

d – відстань між виступаючою частиною будівлі і хвостовою частиною крану при його повороті, приймається вірною 1,0 м;

R_{32} – радіус, який описує хвостова частина крану при його повороті, орієнтовно приймається рівною для кранів вантажопідйомністю: до 5 т – 3,5 м; від 5 до 15 т – 4,5 м; від 15 т – 5,5 м.

$$l_{\text{смп}} = 12 + 0,51 + 0,51 + 1,0 + 4,5 = 18,52 \text{ (м)}.$$

За отриманими значеннями характеристик обираємо кран КС-7361 з [23], технічні параметри якого наведено на рис. 4.2.

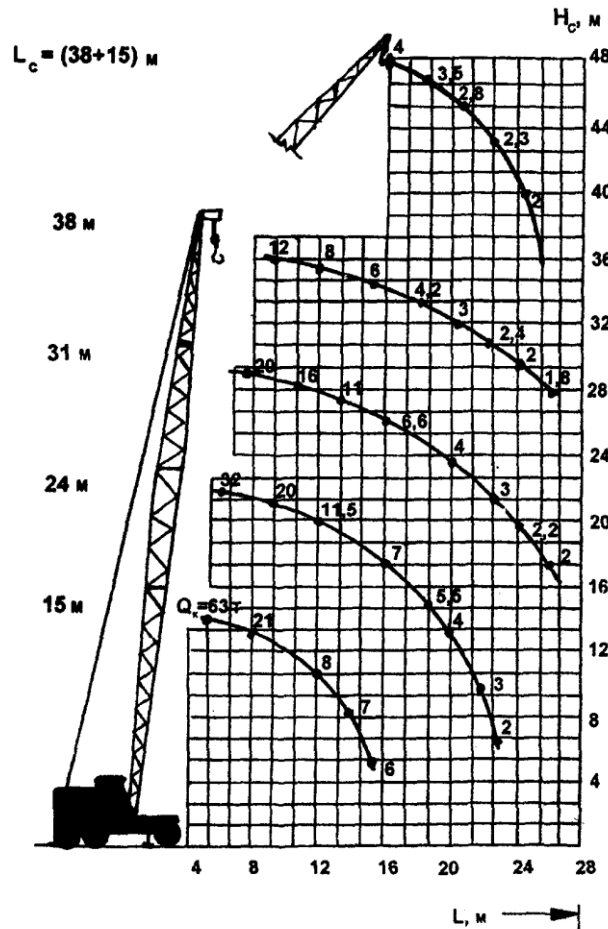


Рисунок 4.2 – Характеристики пневмоколісного крана КС-7361

Основні характеристики крану наведено у табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Характеристики крану КС-7361

| Максимальні | | Габарити, м | | | Мінімальні, м | | | Розміри опорного контуру, (довжина та шарина) м |
|-----------------------|------------------------|-------------|------|--------|-------------------|-----------------|----------------|---|
| Вантажопідйомність, т | Висота підйому гака, м | Колія | База | Висота | Відстань до стіни | Радіус повороту | Задній габарит | |
| 63 | 48 | 2,8 | 6,0 | 4,2 | 5,2 | 15 | 4,2 | 5,9×4,5 |

Для транспортування будівельних конструкцій використовується автомобільний транспорт.

При організації автомобільних перевезень попередньо повинна бути обстежена дорога та визначені обмеження по габаритам, радіусу повороту, нахилу дороги.

Для транспортування на будівельний майданчик пустотних плит покриття (перекриття) 6,0x1,5 м використовується напівпричіп УПЛ-0906 за табл. 10.4 [23]. Його технічні характеристики вказані в табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Технічні характеристики напівпричіпа плитовоза УПЛ-0906

| Показники | Величина |
|----------------------------------|-----------|
| Вантажопідйомність, т | 9 |
| Колія, мм | 1790 |
| Максимальні розміри елементів, м | 6,1x3,0 |
| Тягач (двигун) | ЗИЛ-130В1 |

Для транспортування піддонів з цеглою на будівельний майданчик використовується бортовий автомобіль ЗИЛ-131 за табл. 10.4 [23]. Його технічні характеристики вказані в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Технічні характеристики бортового автомобіля ЗИЛ-131

| Показники | Величина |
|----------------------------------|----------|
| Вантажопідйомність, т | 3,5 |
| Колія, мм | 1820 |
| Максимальні розміри елементів, м | 3,5x2,0 |
| Тягач (двигун) | ЗИЛ-131 |

4.2.5 Калькуляція працевитрат і заробітної плати

Після підрахунку об'ємів робіт з влаштування цегляної кладки, монтажу перемичок, плит покриття та перекриття, сходових маршів та площадок сходових клітин, та віконних панелей визначаємо роботи, які виконуватимуться на об'єкті і розраховуємо працевитрати і за

робітну плату. Ці показники вираховуємо окремо для кожного виду роботи, а також на одиницю і на весь об'єм в цілому. Для складання калькуляції використовуємо ДБНи і РЕКНи України, які є чинними в даний період часу. Технологічні розрахунки складаються по даним калькуляції працевитрат і заробітної плати. Вони слугують основою для побудови графіку руху робітників.

У калькуляції повинні бути визначені працевитрати та заробітна плата робітників на виконання робіт по кожному процесу, а також по всьому комплексу робіт по зведенню будівлі або споруди.

Калькуляція працевитрат та заробітної плати складається в табличній формі та представлена в додатку Г. Операційний контроль якості кладки ведеться за переліком об'єктів контролю при виконанні цегляного мурування (табл. А. 6. додатку А).

4.2.6 Технологічний розрахунок влаштування цегляного мурування

Складається на основі калькуляції, а графік будується з урахуванням потокового методу виконання робіт. По графіку виконання робіт будується графік руху робочих. У табл. 4.8 приведений технологічний розрахунок виконання робіт з цегляного мурування.

Таблиця 4.8 – Технологічний розрахунок виконання робіт цегляного мурування

| № пп | Назва виду робіт | Об'єм робіт | | Нормативне джерело | Трудоємність | | Склад бригади | | Змінність | Тривалість днів |
|------|--|----------------|-------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------------|
| | | Од. виміру | К-сть | | люди-зм | маш-зм | Професія | Кількість | | |
| | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Мурування зовнішніх стін керамічною цеглою завтовшки 440 мм | м ³ | 310 | Е8-6-3 | $\frac{112,3}{112,0}$ | $\frac{18,11}{18,00}$ | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 8 | 2 | 7 |
| 2 | Мурування внутрішніх стін керамічною цеглою завтовшки 380 мм | м ³ | 150 | Е8-6-7 | $\frac{69,3}{69,0}$ | $\frac{7,5}{7,0}$ | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 6 | 2 | 6 |
| 3 | Мурування перегородок армованих завтовшки в ½ цегли | м ³ | 90 | Е8-7-3 | $\frac{6,63}{6,00}$ | $\frac{4,2}{4,0}$ | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 6 | 1 | 1 |

Продовження табл. 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|--|-------------------|--------|---------|---------------------|---------------------|---------------------|----|----|----|
| 4 | Монтаж з/б елементів | 100 шт | 1,07 | Е7-45-2 | $\frac{8,98}{9,0}$ | $\frac{3,75}{3}$ | Машиніст, монтажник | 4 | 2 | 1 |
| 5 | Улаштування та розбирання інвентарного підмоцнування і риштувань | 10 м ³ | 53,4 | Е8-6-7 | $\frac{6,2}{6}$ | $\frac{2,06}{2,00}$ | Машиніст, різнороб. | 2 | 2 | 2 |
| 6 | Укладання цегли на піддони для подачі краном | 1000 шт | 220 | Е8-7-3 | $\frac{46,75}{46}$ | - | такелажник | 12 | 2 | 2 |
| 7 | Подача цегли на піддоні ємністю до 200 шт. | 1000 шт | 220 | Е8-6-7 | $\frac{19,8}{20}$ | $\frac{9,9}{9,0}$ | такелажник | 5 | 2 | 2 |
| 8 | Подача розчину в ящиках ємністю 0,25 м ³ | м ³ | 131,61 | Е8-6-7 | $\frac{6,96}{7,00}$ | $\frac{3,48}{3,00}$ | такелажник | 1 | 2 | 3 |

| | | | |
|-------|----------------------|-----------------|--|
| Разом | <u>276,92</u> 275 | <u>49</u> 46 | |
|-------|----------------------|-----------------|--|

4.2.7 Техніка безпеки та охорона праці при улаштуванні цегляного мурування

Забороняється викладати стіну стоячи на ній. При виконанні кладки в небезпечних місцях (зведення стін на рівні перекриття, площадки карнизів і ін.) муляри повинні користуватися запобіжними поясами.

На помості між стіною, складеними матеріалами і встановленим інвентарем слід залишати прохід не менше 80 см. До установки столярних виробів віконні та дверні прорізи викладаються стін необхідно захищати включеними в нормокомплект спеціальними огорожами.

Мурування стін (бортика) на рівні перекриття, що встановлюється зі збірних з/б плит, повинні проводитися з риштувань нижчого поверху. Не допускається монтувати плити перекриття без попередньо викладеного з цегли бортика на два ряди вище рівня укладаються плит.

При кладці стін з внутрішніх риштування слід по всьому периметру будівлі влаштовувати зовнішні інвентарні козирки у вигляді настилу на кронштейнах, що навішуються на сталеві гаки, які закладаються в кладку в міру її зведення на відстані не більше 3 м один від іншого. Над входом в сходові клітки стін з внутрішніх риштувань слід влаштовувати навіси розміром не менше 2×2 м. Забороняється залишати матеріали та інструменти на стінах під час перерви в кладці.

У разі виявлення перенапруги в кладці у вигляді тріщин, нерівномірних осад, спучування і т. д. негайно вживати заходів щодо збільшення жорсткості будівлі шляхом установки тимчасових стійок, стяжок, підпірок.

Якість цегельної кладки і допустимі відхилення повинні задовольняти вимогам ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування.

Приймання закінчених кам'яних конструкцій повинно супроводжуватися перевіркою:

- правильності перев'язки, заповнення та товщини швів, вертикальності, горизонтальності і прямолінійності поверхонь і вузлів кладки;
- правильності пристрою димових і вентиляційних каналів;
- наявності встановлених заставних деталей - зв'язків і анкерів по проекту;
- забезпечення відводу поверхневих вод від будівлі і захисту від них підвальних приміщень і фундаментів.

Для випадків приймання кам'яних конструкцій зводяться в зимовий час в журналі робіт повинні бути відображені умови зведення і витримання конструкцій, для чого щодня слід відзначати:

- температуру зовнішнього повітря в період виконання робіт;
- наявності опадів (сніг, дощ зі снігом і т. д.);

- температура в момент укладання

Для випадків приймання кам'яних конструкцій зводяться в зимовий час в журналі робіт повинні бути відображені умови зведення і витримування конструкцій, для чого щодня слід відзначати:

- температуру зовнішнього повітря в період виконання робіт;

- наявність опадів (сніг, дощ зі снігом і т.д.);

- температура в момент укладання

- види і марки застосовуваних розчинів;

- кількість вводяться в розчин добавок.

Якість матеріалів, напівфабрикатів і виробів заводського виготовлення, що застосовуються в кам'яних конструкціях, має встановлюватися по сертифікатам і паспортам заводів виробників, а так само за даними контрольних лабораторних випробувань, що проводяться будівельними організаціями.

Виробництво кам'яних робіт, обслуговування розчиноперевантажувача та іншого обладнання та інвентарю, що входить до складу нормокомплекту, необхідно виконувати з дотриманням вимог ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

До роботи на розчиноперевантажувача допускаються особи які пройшли спеціальне навчання та інструктаж з техніки безпеки.

Всі операції, пов'язані з технічним доглядом. Чищенням і усуненням несправностей і ремонтом, виробляються лише при повному відключенні напруги мережі, при цьому необхідно рукоятку рубильника зняти і вивісити плакат «Не вмикати - ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ!» Ремонтні роботи, що проводяться в ємності розчиноперевантажувача і чистку її можна робити тільки після відключення теплоагрівачів і повного охолодження стін.

Машиніст, який обслуговує розчиноперевантажувач, зобов'язаний щодня перед початком робіт провести огляд справності заземлюючого пристрою і цілісність заземлюючих (занулюючих) провідників.

4.2.8 ТЕП по влаштуванню цегляного мурування

Витрати праці, люд.-зм. :

на весь обсяг робіт – 276,92;

на 1 м³ цегляної кладки – 0,50.

Витрати машинного часу, маш.-зм. :

на весь обсяг робіт – 49;

виробіток на одного робітника в зміну – 1,11.

4.2.9 Розробка технологічної карти на влаштування вентилязованого фасаду

Світовий будівельний ринок ґрунтується на наступних технологічних вимогах:

- застосування енергозберігаючих конструкцій;
- промислове виробництво конструкцій;
- максимально можливе зниження обсягу робіт, пов'язаних з «мокрими» процесами, особливо на фасадах будівель.

Поєднати перераховані вимоги дозволяють так звані вентилязовані фасади. За своїм призначенням вентилязовані фасади необхідні для:

- забезпечення теплового захисту знову споруджуваних будинків і споруд;
- приведення теплового захисту будівель, що реконструюються в відповідність до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»
- надання нового сучасного вигляду як знову зводяться будівель, так і реконструюється. Фрагмент конструктивного рішення по влаштуванню вентилязованого фасаду по целяній кладці наведено на рис. 4.2.

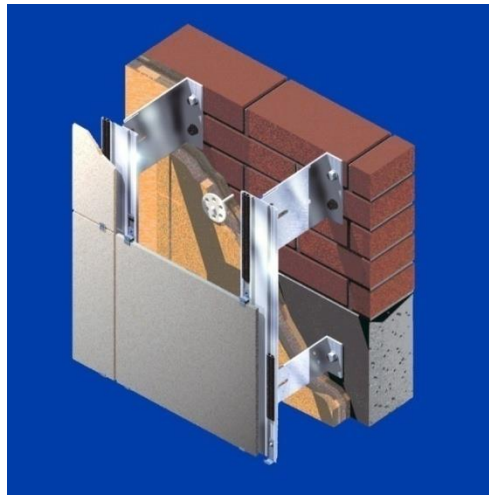


Рисунок 4.2 – Конструкція стіни з вентиляваним фасадом

Конструкція вентилязованого фасаду складається з наступних частин:

- анкерочні елементи;
- несучі і з'єднувальні елементи (підоблицювальна конструкція);
- кріпильні деталі;
- утеплювач;
- повітряний прошарок;
- облицювання;
- елементи примикання до загальнобудівельних конструкцій.

4.2.10 Обґрунтування проектних рішень

Опис конструкції. Анкерочні елементи забезпечують механічне анкерного кріплення кронштейнів облицювальної конструкції до стіни. Діаметр дюбелів і шурупів підбирається в залежності від висмикує навантаження на кронштейн кріплення конструкції до стіни і від матеріалу стіни, в яку встановлюється даний дюбель.

З'єднувальні елементи забезпечують механічне з'єднання частин облицювання один з одним. Вирівнюють розмірні відхилення, дозволяють нівелювати нерівності і опуклості на несучій стіні будівлі, перекривають тріщини і деформаційні шви. Утворюють необхідну відстань між утеплювачем і облицюванням, де утеплювач може мати будь-яку призначену товщину.

Кронштейни, що спираються на несучий профіль приймають на себе статичні навантаження від ваги облицювання, а також навантаження вітрового тиску і вітрового підсосу. За допомогою фіксованих і рухомих точок кріплення несучих профілів до кронштейнів забезпечується сприйняття температурних переміщень.

Як підконструкції використовуються:

- алюмінієві профілі, виготовлені відповідно до ГОСТ 22233-2001 «Профілі пресовані з алюмінієвих сплавів для огорожувальних будівельних конструкцій»;
- алюмінієві профілі, виготовлені відповідно до ГОСТ 24767-81 «Профілі холодногнуті з алюмінієвих сплавів для огорожувальних будівельних конструкцій»;
- листована нержавіюча сталь відповідно до ГОСТ 4986-79 «Вироби з нержавіючої сталі».

Кріпильні деталі здійснюють механічне кріплення облицювальних матеріалів до несучих профілів підоблицювальних конструкцій.

За способом кріплення розрізняють кріплення з видимими і прихованими елементами.

Видиме кріплення простіше здійснюється так званими кляммерами, виконаними з аркуша штампуванням. Щоб надати всієї конструкції єдине колірне рішення, видимі частини кляммерів фарбують в колір подібний облицювальному матеріалу.

Приховане кріплення вимагає додаткової обробки облицювальних панелей:

- фрезерування пазів типу «ластівчин хвіст» з тильного боку плити під установку монтажного «кліпу»;
- свердління глухих отворів з тильного боку плити під установку монтажних різьбових пробок;
- свердління глухих отворів в торці плити для установки монтажних штифтів.

Як кріплення використовуються:

Дюбелі розпірні і клейові кріплення основних і допоміжних кронштейнів провідних виробників (типу «FISHER», «HILTI», «MUNGO»,

«E JOT» та інших), що мають відповідний сертифікат відповідності.

- Оцинковані саморізи, болти, заклепки кріплення елементів підконструкцій між собою вітчизняних та імпортованих виробників, що мають відповідний сертифікат відповідності.

- Тарілчасті дюбелі для кріплення утеплювачів плит провідних виробників (типу «FISHER», «HILTI», «MUNGO», «E JOT», «KOELNER» та інших), що мають відповідний сертифікат відповідності.

утеплювач

- перебуваючи з зовнішньої сторони, забезпечує максимально можливу акумуляцію тепла в несучих будівельних елементах;
- зменшує температурні коливання стін, за допомогою чого зводить до мінімуму можливість появи тріщин на несучій поверхні;
- підвищує надійність і довговічність будови;
- забезпечує оптимальну температуру і комфорт в приміщеннях, перешкоджаючи вихолоджуванню і втрати тепла взимку і запобігаючи перегрів влітку;
- дозволяє водяним парам і волозі безперешкодно потрапляти в повітряний прошарок, запобігаючи утворенню й скупчення на конструкціях руйнуючого їх конденсату;
- забезпечує шумоізоляцію.

Для вентильованих фасадів зазвичай використовується мінераловатна плита з подвійною щільністю: більш щільний шар встановлюється до зовнішньої сторони фасадних конструкцій, менш щільний шар - безпосередньо на несучу стіну, так як м'який шар дозволяє утеплювачу краще прилягати до нерівностей утеплюється конструкції.

Як утеплювач використовуються жорсткі і тверді плити теплоізоляції, виготовлені з вологостійкої та водовідштовхувальної мінеральної вати типу «ТЕХНО-ВЕНТ стандарт»

Зовнішню сторону утеплювача часто покривають склотканиною, що перешкоджає деформації матеріалу під впливом вітрових і теплових навантажень.

Кріплення утеплювача здійснюється тарілчастими пластиковими дюбелями з щільною підгонкою плит утеплювача одна до одної.

Повітряний прошарок

Наявність цієї складової вентильованого фасаду принципово обумовлює його відмінність від інших типів фасадів. Найголовніше призначення повітряного прошарку – забезпечення вентиляції підоблицювального простору, де зазвичай накопичується тепло і волога.

Завдяки перепаду тисків в утвореному вентиляційному каналі починає працювати «принцип дії витяжної труби». В результаті чого, з несучої конструкції в навколишнє середовище віддаляється атмосферна і внутрішня волога, забезпечуючи функціональну здатність несучих конструкцій і масиву будівлі.

Облицювання

Є навісний, стійкої до атмосферних впливів, довговічною захистом утеплювача, несучих конструкцій. При пошкодженні піддається швидкому ремонту, а також легко очищається від забруднення. Дозволяє усувати пошкодження без видимих істотних наслідків. Залежно від матеріалу являє собою різноманіття форм облицювальних елементів.

За допомогою застосування різноманітних матеріалів, колірної гами, структури, форм, визначення проходження швів дозволяє робити своєрідні, цікаві в архітектурному плані акценти. Сприяє індивідуалізації зовнішнього вигляду кожної будівлі. У проекті в якості облицювального матеріалу застосовується керамогранітна плита типу MIRAGE. Являє собою пресовані на стрічковому пресі листи керамограніта. Поверхня може бути глазурована або матова. Керамічне облицювання - пожежо-морозо- і атмосферостійке, добре зберігає колірну гамму. Товщина плит, що використовуються – 12 мм, габаритні розміри 600×600 мм, 600×300 мм, 450×900 мм. Вибір засобів підмоцнення, вантажозахоплювальних та монтажних механізмів для влаштування вентиляваног фасаду наведено у табл. А. 10 додатку А.

4.2.11 Галузь застосування

Технологічна схема розроблена на виконання монтажних робіт бригадою монтажників чисельністю 6 чоловік із застосуванням нормокомплекту засобів механізації, інвентарю та інструменту.

При виконанні робіт необхідно дотримуватись вимог:

ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

Технологічна карта розроблена на облицювальні роботи будівлі (2 поверхи), з розмірами в плані 30×12м, висота поверху – 3 м.

До складу робіт входять:

- транспортування матеріалів на робочі місця монтажників:

Утеплювач плитний товщиною 1200×600×100, мм 661 пл.

Керамогранітні плити 600×600×10. мм 1 322 пл.

Каркасний профіль 1 143 п.м

- утеплення зовнішньої поверхні стіни 475,92 м²;

- монтаж направляючих 1 143 пог.м.;

- влаштування риштувань 1077,8 м²;

Перелік матеріально-технічних ресурсів для влаштування фасаду наведено у табл. Г.11 додатку Г.

4.2.12 Технологічний розрахунок влаштування вентиляваних фасадів

Цей розрахунок складається на основі калькуляції, а графік будується з урахуванням потокового методу виконання робіт. По графіку виконання робіт будується графік руху робочих. У табл. 4.9 приведений технологічний розрахунок виконання робіт влаштування вентиляваних фасадів.

Таблиця 4.9 – Технологічний розрахунок виконання робіт з влаштування вентиляваних фасадів

| № пп | Назва виду робіт | Об'єм робіт | | Нормативне | Трудомісткість | | Склад бригади | Змінність | Тривалість днів |
|------|------------------|-------------|--------|------------|----------------|--------|---------------|-----------|-----------------|
| | | Од. | ви-сть | | люд-зм | маш-зм | | | |
| | | | | | | | | | |

| | | | | джерело | Нормативна/ Прийнята | | Професія | Кількість | | |
|-------|--|----------------|--------|-----------|-------------------------|---|-----------|-----------|---|----|
| 1 | Монтаж риштувань | м ² | 1077,8 | Е8-35-1 | <u>24,3</u> 24 | - | Монтажник | 8 | 1 | 3 |
| 2 | Кріплення направляючих по стені саморізами | п.м. | 1143 | Ен15-80-1 | <u>61,4</u> 61 | - | Монтажник | 6 | 1 | 10 |
| 3 | Улаштування утеплювача | м ² | 475,92 | Ен15-80-1 | <u>23,7</u> 23 | - | Монтажник | 6 | 1 | 4 |
| 4 | Монтаж заповнення | м ² | 475,92 | Ен15-80-1 | <u>13,7</u> 14 | - | Монтажник | 7 | 1 | 2 |
| Разом | | | | | <u>123,1</u> 122 | - | | | | |

4.2.13 ТЕП по влаштуванню вентилязованих фасадів

Витрати праці, люд.-зм. :

на весь обсяг робіт 123,1;

на 1 м² поверхні 0,114.

Висновки по розділу 4

1. у підрозділі архітектурно-будівельних рішень розглянуто рішення генплану, архітектурно-конструктивні рішення будівлі, визначено термічний опір огорожуючої конструкції цегляної кладки товщиною 440 мм з утеплювачем товщиною 120 мм, який становить $R = 6,83 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$, що є більше нормативного $R_{\text{норм}} = 4,0 \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$.

В Підрозділі технології будівельного виробництва розроблено технологічну карту на зведення цегляного мурування а також на влаштування вентилятованих фасадів, підібрано основний кран для зведення КС – 7361;

виконано елементи проекту організації будівництва, зокрема запроєктовано будівельний генеральний план з усіма супутніми розрахунками та розроблено календарний графік виконання робіт – розділ організації та планування будівництва. Фактичний термін будівництва об'єкта склав 106 днів, що менше директивного терміну 137 днів;

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі випускної магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці під час будівництва малоповерхових будинків. Під час будівельно-монтажних робіт персонал попадає під вплив різноманітних небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Отже, згідно [67, 68], під час проектування, будівництва та реконструкції будинків і споруд на працівників впливають такі шкідливі та небезпечні виробничі фактори: фізичні, хімічні та трудового процесу. Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо). Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил). Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

За наявності зазначених шкідливих і небезпечних виробничих факторів безпека працюючих повинна забезпечуватися відповідно до проектно-технологічної документації (ПОБ та ПВР), а також такими заходами [69]:

раціональною організацією робочих місць мулярів із використанням засобів підмоцнування, контейнеризації, оптимального розташування матеріалів, тари, вантажозахоплювальних пристроїв;

визначенням безпечної послідовності виконання робіт;

визначенням місць установлення і типів засобів захисту людей і предметів

від падіння з висоти.

Зведення стін (цегляна кладка) кожного вищого поверху багатоповерхового будинку необхідно здійснювати після монтажу конструкцій міжповерхового перекриття, площадок і маршів у сходових клітках.

За необхідності зведення цегляних стін без укладання перекриттів або покриттів необхідно застосовувати тимчасові кріплення цих стін.

Під час зведення стін висотою більше ніж 7 м необхідно застосовувати захисні козирки або сітчасту огорожу по периметру будинків, що повинні задовольняти таким вимогам:

ширина захисних козирків або сітчастих огорож повинна бути не менше ніж 1,5 м з ухилом до стіни так, щоб кут, утворений між нижньою частиною стіни будинку і поверхнею козирка, був 110° , а зазор між стіною будинку і площиною козирка не перевищував 50 мм;

захисні козирки та сітчасті огорожі повинні витримувати снігове навантаження, визначене для даного кліматичного району, і зосереджене навантаження не менше 1600 Н (160 кгс), прикладене в середині прогону;

перший ряд захисних козирків повинен бути встановлений на висоті до 6 м від землі, мати суцільний настил і зберігатися до закінчення зведення стін на всю висоту.

Другий ряд захисних козирків необхідно встановлювати на висоті 6 м - 7 м над першим рядом і в процесі подальшого зведення стіни він повинен переставлятися через кожних 6 м - 7 м та мати суцільний або сітчастий настил з розміром отворів (чарунок) не більше ніж (50 x 50) мм.

Працівники, які зайняті на встановленні, очищенні або зніманні захисних козирків, повинні працювати в запобіжних поясах. Ходити по козирках, використовувати їх в якості риштувань, а також складати на них матеріали забороняється.

Зведення стін висотою до 7 м допускається виконувати без улаштування захисних козирків з визначенням небезпечної зони по периметру будинку.

Під час виконання кам'яних робіт необхідно дотримуватися вимог СНиП 3.03.01, НПАОП 0.00-1.30, НПАОП 45.25-7.01, НПАОП 63.0-7.20.

Для подавання будівельних матеріалів необхідно використовувати вантажопідіймальні крани та вантажні підйомники згідно з НПАОП 0.00-1.01, НПАОП 0.00-1.36.

Зведення стін необхідно виконувати з міжповерхових перекриттів або риштувань. Конструкція риштувань повинна відповідати допустимим навантаженням відповідно до зазначених у ПВР.

Виконувати цегляне мурування з випадкових риштувань заборонено.

Висота кожного робочого ярусу кладки визначається з таким розрахунком, щоб рівень кладки після кожного перемощування засобів підмоцнування був не менше ніж на два ряди кладки вище від рівня нового робочого настилу.

Зведення стін нижче та на рівні перекриття, що улаштовано зі збірних залізобетонних плит, необхідно виконувати з риштувань, що установлені на нижчому поверсі.

Заборонено монтувати плити перекриття без попередньо викладеного з цегли борту на два рядки вище плит, що укладаються.

Розшивання зовнішніх швів цегляного мурування необхідно виконувати з перекриття або риштувань після укладання кожного ряду мурування. Виконувати цю операцію зі свіжо- викладеної стіни заборонено.

Під час зведення стін будинків на висоту до 0,7 м від робочого настилу, а також під час робіт на висоті необхідно застосовувати зазначені в ПВР засоби колективного захисту (огороджувальні, уловлювальні пристрої) або запобіжні пояси. Не допускається зведення зовнішніх стін товщиною до 0,75 м, стоячи на стіні без використання засобів індивідуального захисту.

Під час грози, снігопаду, туману, які значно погіршують видимість у межах фронту робіт, або за швидкості вітру 15 м/с і більше виконувати цегляне мурування зовнішніх стін багатоповерхових будинків і споруд забороняється.

Для транспортування вантажопідіймальними кранами штучних матеріалів - цегли, керамічних каменів, дрібних блоків - необхідно застосовувати інвентарні піддони, контейнери, вантажозахоплювальні пристрої, які унеможливають падіння цих елементів під час піднімання, розпакування, вибирання для роботи.

Над місцем завантаження підйомника повинен бути установлений на висоті

2,5 м - 5 м захисний подвійний настил із дощок завтовшки не менше ніж 40 мм.

Допустимі висоти стін, що стоять вільно під час їх зведення, визначаються згідно з 6.16-6.19 СНиП II-22.

Улаштування кріплень карнизів, опалубок цегляних перемичок, арочних конструкцій необхідно виконувати відповідно до технологічної документації. Знімати тимчасові кріплення, опалубки цегляних перемичок і арочних конструкцій допускається, якщо розчин досяг міцності, визначеної технологічною картою.

Зведення кам'яних конструкцій методом заморожування дозволяється за наявності в ПВР вказівок про можливість, порядок та умови застосування цього методу. При цьому на розчинах без хімічних добавок дозволяється зводити споруди не більше 4 поверхів і не вище 15 м висотою.

У разі застосування методу заморожування у ПВР повинен бути зазначений спосіб відтанення конструкцій (штучний або природний), а також заходи із забезпечення стійкості та геометричної незмінюваності конструкцій на період відтанення і набирання міцності розчином.

За конструкціями, що перебувають у процесі природного відтанення і тверднення, необхідно запровадити постійний нагляд.

Підготовку та обробку природних каменів у межах будівельного майданчика необхідно виконувати у спеціально відведених місцях, де перебування осіб, які не виконують зазначену роботу, забороняється. Робочі місця, розташовані на відстані менше ніж 3 м одне від одного, повинні бути розділені захисними екранами, а робітники - забезпечені засобами індивідуального захисту.

Обробляти камені необхідно в рукавицях і окулярах з небитким склом.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання заводу та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як роботи виконуються назовні приміщень.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам [70, 71]:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками. Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Експлуатація ручного електроінструменту дозволяється у разі дотримання таких вимог: перед кожною видачею інструменту в роботу повинна бути перевірена його комплектність та надійність кріплення деталей, справність захисного кожуху, кабелю (рукава); перед початком роботи повинна бути перевірена

справність вимикача та машини на холостому ході; під час перерв у роботі, після закінчення роботи, під час змащування, очищення, заміни робочого елемента інструменту ручні машини необхідно вимкнути та від'єднати від електричної мережі; ручні машини, маса яких із розрахунку на руки працюючого, перевищує 10 кг, повинні мати пристрій для підвішування; під час роботи з ручними машинами на висоті необхідно використовувати засоби підмоцнення (помости); нагляд за експлуатацією ручних машин необхідно доручати спеціально призначеній для цього особі.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт) [72]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на постійних робочих місцях

| Період року | Категорія робіт | Температура, °С | Відносна вологість, % | Швидкість руху, м/с |
|-------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Теплий | Пб | 16-27 | 70 при 25°С | 0,2-0,5 |
| Холодний | Пб | 15-21 | не більш 75 | не більш 0,4 |

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [73]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдуву; провітрювання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та цемент, їх ГДК [72] наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

| Назва речовини | ГДК, мг/м ³ | | Клас небезпечності |
|-----------------|------------------------|-----------------|--------------------|
| | Максимально разова | Середньо добова | |
| Пил нетоксичний | 0.5 | 0.15 | 4 |
| Цемент | 6 | | 4 |

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [73]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [74] розряд зорової роботи IV, підрозряд «г» (таблиця 5.3).

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

| Х-ка зорової роботи | Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Контраст об'єкта з фоном | Х-ка фону | Штучне при системі комбінованого освітлення | | Природне Ен пр | Сумісне Е сум |
|---------------------|--|-----------------------|---------------------------|--------------------------|-----------|---|------------------------|----------------|---------------|
| | | | | | | всього | у т. ч. від загального | | |
| Малої точності | Від 1,0 до 5 включно | V | б | малий | середній | - | 200 | 3 | 1,8 |

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [75] (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

| Характер робіт | Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | |
|---|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| | 32 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 |
| Постійні робочі місця в промислових приміщеннях | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 |

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно: безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі; для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в табл. 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

| Вид вібрації | Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц | | | | | | | | | |
|--|--|-------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-----|-----|-----|------|
| | 2 | 4 | 8 | 16 | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| Загальна вібрація: На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях | <u>1,3</u> 108 | <u>0,45</u> 99 | <u>0,22</u> 93 | <u>0,2</u> 92 | <u>0,2</u> 92 | <u>0,2</u> 92 | - | - | - | - |

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

а) Класи умов праці за показниками важкості праці:

Загальні енергозатрати організму (кг/м):

Зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(Вт);

При регіональному навантаженні (для чоловіків) - 12 000(40);

При загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) - 40 000(80);

Маса вантажу. Що постійно підіймається – до 25.

Стереотипні робочі рухи:

При локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60 000;

При регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30 000;

Статичне навантаження (кг/с):

Двома руками (чоловіки) – до 70 000;

За участю м'язів тулуба та ніг – до 200 000.

Робоча поза:

Періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) до 25% часу зміни

Нахил тулуба:

Вимушені нахили протягом зміни – 150 разів;

Переміщення у просторі(переходи задля технологічного процесу) – більше 12

б) Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження:

Зміст роботи - рішення складних завдань з вибором за алгоритмом;

Сприймання інформації та їх оцінка - сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій;

Розподіл функцій за ступенем складності завдання - обробка, контроль, перевірка завдання.

Сенсорні навантаження:

Зосередження (%за зміну) - до 50;

Щільність сигналів (звукові за 1 год) - до 150;

Навантаження на слуховий аналізатор (%) – розбірливість слів та сигналів від

50 до 80;

Навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження:

Ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; Ступінь ризику для власного життя – вірогідний;

Ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці:

Тривалість робочого дня - більше 8 год;

Змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Розрахунок режимів радіаційного захисту працівників

5.3.1 Дія радіації на людину

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгєнівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою - в організм людини.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

Деякі речовини харчових продуктів (пектинові, барвники) утворюють нерозчинні сполуки зі стронцієм, кобальтом, свинцем, кальцієм та іншими важкими металами, які не перетравлюються і виводяться з організму. Отже, ці речовини виконують радіозахисну функцію. Тому пектин, а також пектиномісткі продукти (чорна смородина, агрус, полуниця та ін.), використовують у спеціальному харчуванні для виведення радіоактивних елементів з організму.

Первинним процесом дії радіоактивних речовин в організмі людини є іонізація. Збуджена при цьому енергія іонізуючого опромінювання передається на різні речовини організму людини. У разі дії на прості речовини (гази, метали та ін.) будь-яких змін фізико-хімічної природи у них не спостерігається. При дії на складні речовини, молекули яких складаються з багатьох різних атомів, вони розпадаються (дисоціація). Це так звана пряма дія на прості або складні речовини організму людини. Більш суттєву роль відіграє механізм непрямой дії іонізуючого випромінювання, під яким треба розуміти радіаційно-хімічні зміни у певній розчинній речовині, зумовлені продуктами радіолізу (розпаду) води.

5.3.2 Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення підвального поверху

Коефіцієнт протирадіаційного захисту приміщення, в якому переховуватимуться люди розраховуватимемо за формулою

$$K_3 = \frac{0,77 \times K_1 \times K_{CT} \times K_{II}}{K_M \times (1 - K_{III}) \times [(K_0 \times K_{CT} + 1) \times (K_{II} + 1)]}$$

Для розрахунку використаємо такі дані:

1. Стіни залізобетонні (400 мм), маса 1 м^2 – 610 кг;
2. Стіни залізобетонні (500 мм), маса 1 м^2 – 816 кг;
3. Дверні прорізи: $1,9\text{ м}^2$.

4. Маса 1 м² міжповерхового перекриття – 690 кг/м².
5. Площа підлоги для розрахунку приміщення – 115,6 м²;
6. Висота приміщення – 3 м;
7. Ширина зараженої ділянки, що примикає до приміщення – 31 м;
8. Плоскі кути:

Кут $\alpha_1 = 38^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею 18,75 м².

Кут $\alpha_2 = 142^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею 55,5 м².

Кут $\alpha_3 = 38^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею 18,75 м².

Кут $\alpha_4 = 142^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (400 мм) площею 55,5 м² з прорізом площею 12,3 м²
- стіна залізобетонна (500 мм) площею 55,5 м².

Визначаємо зведені маси стін і перегородок, розташованих проти плоских кутів.

Кут $\alpha_1 = 38^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 18,75 м²

$$G_{зв} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м² стін і перегородок плоского кута α_1

$$G_{\Sigma}^1 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_2 = 142^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 55,5 м²

$$G_{зв} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м² стін плоского кута α_2

$$G_{\Sigma}^2 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_3 = 38^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 18,75 м²

$$G_{зв} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м² стін плоского кута α_3

$$G_{\Sigma}^3 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_4 = 142^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (400 мм) площею 55,5 м² з прорізом площею 12,3 м²

$$\alpha_{\text{ст}} = \frac{12,3}{55,5} = 0,22, \quad G_{36} = 610(1 - 0,22) = 475 \text{ (кг)}$$

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 55,5 м²
 $G_{36} = 816 \text{ (кг)}$

Сумарна маса 1 м² стін плоского кута α_4

$$G_{\Sigma}^4 = 475 + 816 = 1291 \text{ (кг)}$$

Сумарні маси 1 м² стін і перегородок проти плоских кутів приміщення

$$G_{\Sigma}^1 = 816 \text{ (кг)}; \quad G_{\Sigma}^2 = 816 \text{ (кг)};$$

$$G_{\Sigma}^3 = 816 \text{ (кг)}; \quad G_{\Sigma}^4 = 1291 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса стін і перегородок проти четвертого плоского кута приміщення більше 1000 кг/м², тому коефіцієнт K_1 , що враховує долю радіації після послаблення зовнішніми і внутрішніми стінами складе

$$K_1 = \frac{360}{36 + \sum \alpha_i} = \frac{360}{36 + 218} = 1,42$$

За мінімальною сумарною масою стін $G_{\text{сер}} = 816 \text{ кг/м}^2$ визначаємо [77] коефіцієнт $K_{\text{ст}} = 290$.

За шириною будівлі визначаємо коефіцієнт, який враховує долю розсіювання випромінювання $K_{\text{ш}} = 0,15$ (висота приміщення складає 3 м) [77].

Коефіцієнт K_0 , що враховує зниження поглинальної здатності зовнішніх стін за рахунок наявності в прорізів та проникнення в приміщення вторинного випромінювання, з врахуванням висоти від підлоги менше 0,8 м розрахуємо

$$K_0 = 0,8 \frac{S_0}{S_{\text{п}}} = 0,8 \frac{0}{115,6} = 0$$

де $S_0 = 0 \text{ м}^2$ – загальна площа віконних перерізів приміщення, що виходять на вулицю; $S_{\text{п}} = 115,6 \text{ м}^2$ – площа підлоги приміщення.

Коефіцієнт, що враховує зниження дози радіації в будинку, розташованому районі забудови, від екранувальної дії сусідніх споруд $K_{\text{м}} = 0,55$ [77].

Коефіцієнт, що враховує кратність послаблення радіації перекриттям підвалу $K_{\text{п}} = 800$ [77].

Тоді

$$K_3 = \frac{0,77 \times K_1 \times K_{CT} \times K_{II}}{K_M \times (1 - K_{III}) \times [(K_0 \times K_{CT} + 1) \times (K_{II} + 1)]} =$$

$$= \frac{0,77 \times 1,41 \times 290 \times 800}{0,55 \times (1 - 0,15) \times [(0 \times 290 + 1) \times (800 + 1)]} = 672$$

Висновки по розділу 5

Проведені для приміщення підвального поверху розрахунки показали, що коефіцієнт протирадіаційного захисту цього приміщення складає 672, тому дане приміщення можна використати як протирадіаційне укриття для чого необхідно:

- забезпечити можливість герметизації приміщення;
- забезпечити наявність мінімум двох виходів з приміщення;
- створити запас води та харчових продуктів тривалого зберігання;
- встановити в приміщенні фільтровентиляційну систему.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Порівняння енергоефективності огорожуючих конструкцій виконано в розділі 3. Для цих розглянутих конструкцій в даному розділі виконаємо економічне порівняння.

Представлено два варіанта для порівняння:

1 варіант – цегляна кладка 510 мм з утепленням мінеральною ватою 120 мм;

2 варіант – кладка із керамічних блоків Porotherm 400 мм, улаштування вентилязованого фасаду із використанням утеплювача мінеральної вати

Кошторисний розрахунок стін виконуємо за допомогою програмного комплексу АВК (таблиця 6.1-6.2) на 100 м².

Для розрахунку вартості робіт дотримувалися вимог КНУ «Настанови з визначення вартості будівництва».

Кошторисна вартість влаштування конструкцій враховує трудовитрати та заробітна плата будівельників та машиністів, кількість та вартість матеріальних ресурсів, експлуатації будівельних машин та механізмів. Кошторисна вартість влаштування конструкцій визначається як сума прямих та загальновиробничих витрат.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Прямі витрати (ПВ) враховують в своєму складі заробітну плату робочих, вартість експлуатації будівельних машин та механізмів, вартість матеріалів, виробів та конструкцій.

Загальновиробничі витрати (ЗВВ) – це витрати будівельно-монтажної організації, які входять у виробничу собівартість будівельно-монтажних робіт. Усі затрати, які відносяться до ЗВВ, згруповані в три групи.

Таблиця 6.1 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 1
Варіант 1

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 268,890 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 1,093 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 24,361 тис. грн.
Середній розряд робіт 4,2 розряд

Складений в поточних цінах станом на "" 2023р.

| № п/п | Обґрунтування (шифр норми) | Найменування робіт і витрат | Одиниця виміру | Кількість | Вартість одиниці, грн. | | Загальна вартість, грн. | | | Витрати труда робітників, люд.-год. | | |
|---|----------------------------|--|----------------|-----------|------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | Всього | експлуатації машин | Всього | заробітної плати | експлуатації машин | не зайнятих обслуговуванням машин | | |
| | | | | | | | | | | заробітної плати | в тому числі заробітної плати | в тому числі заробітної плати |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1 | E8-6-3 | Мурування зовнішніх середньої складності стін з цегли керамічної при висоті поверху до 4 м | м3 | 51 | <u>2682,43</u> 155,14 | <u>72,07</u> 23,29 | 136804 | 7912 | <u>3676</u> 1188 | <u>7,52</u> 1,3175 | <u>383,52</u> 67,19 | |
| 2 | EH15-78-1 | Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною 100 мм з опорядженням декоративним розчином за технологією "CEREZIT". Стіни гладкі | 100 м2 | 1 | <u>114461,79</u> 10774,65 | - | 114462 | 10775 | - | <u>479,94</u> | <u>479,94</u> | |
| 3 | EH15-46-1 | Просте штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю і бетону стін механізованим способом | 100м2 | 1 | <u>2122,37</u> 1113,74 | <u>102,65</u> 83,97 | 2122 | 1114 | <u>103</u> 84 | <u>55,3</u> 5,778 | <u>55,3</u> 5,78 | |
| Разом прямі витрати по кошторису | | | | | | | 253388 | 19801 | <u>3779</u> 1272 | | <u>918,76</u> 72,97 | |
| Разом будівельні роботи, грн. | | | | | | | 253388 | | | | | |
| в тому числі: | | | | | | | | | | | | |
| вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. | | | | | | | 229808 | | | | | |

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|--|---|--|---|---|---|---|--------------------|---|----|----|----|
| | | всього заробітна плата, грн. | | | | | 21 073 | | | | |
| | | Загальновиробничі витрати, грн. | | | | | 15 502 | | | | |
| | | трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. | | | | | 10 1,69 | | | | |
| | | заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. | | | | | 32 88 | | | | |
| | | Всього будівельні роботи, грн. | | | | | 26 8890 | | | | |
| | | ----- | | | | | | | | | |
| | | Всього по кошторису | | | | | 26 8890 | | | | |
| | | Кошторисна трудоємність, люд.год. | | | | | 10 93 | | | | |
| | | Кошторисна заробітна плата, грн. | | | | | 24 361 | | | | |

Склав _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив _____
[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

**Таблиця 6.2 - Локальний кошторис на будівельні роботи № 2
на варіант 2**

Основа:
креслення (специфікації) №

Кошторисна вартість 333,227 тис. грн.
Кошторисна трудомісткість 0,577 тис.люд.-год.
Кошторисна заробітна плата 11,898 тис. грн.
Середній розряд робіт 3,5 розряд

Складений в поточних цінах станом на " 2023 р.

| № п/п | Обґрунтування (шифр норми) | Найменування робіт і витрат | Одиниця виміру | Кількість | Вартість одиниці, грн. | | Загальна вартість, грн. | | | Витрати труда робітників, люд.-год. | |
|-------|----------------------------|---|----------------|-----------|-----------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------|
| | | | | | Всього | експлуатації машин | Всього | заробітної плати | експлуатації машин | не зайнятих обслуговуванням машин | |
| | | | | | | | | | | в тому числі заробітної плати | в тому числі заробітної плати |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 1 | E8-22-1 | Мурування стін із керамічних блоків Porotherm при висоті поверху до 4 м | м3 | 44 | <u>238,64</u> 110,01 | <u>77,84</u> 24,84 | 10500 | 4840 | <u>3425</u> 1093 | <u>5,88</u> 1,433 | <u>258,72</u> 63,05 |
| 2 | & C1422-10933-1 | Керамічні блоки Porotherm | 1000шт | 1,6 | <u>76716,04</u> - | - | 122746 | - | - | - | - |
| 3 | EH15-80-4 | Опорядження стін фасадів металосайдингом з улаштуванням каркасу з риштувань | 100 м2 | 1 | <u>153572,35</u> 2750,02 | <u>57,63</u> 20,81 | 153572 | 2750 | <u>58</u> 21 | <u>126,09</u> 1,1436 | <u>126,09</u> 1,14 |
| 4 | P11-32-1 | Оббивання поверхонь ізоляційним матеріалом | 100м2 | 1 | <u>183,74</u> 178,90 | <u>1,78</u> 1,53 | 184 | 179 | <u>2</u> 2 | <u>10,63</u> 0,0888 | <u>10,63</u> 0,09 |
| 5 | C114-4-У варіант 2 | Плити теплоізоляційні із мінеральної вати на синтетичному зв'язувальному, марка M75 | м3 | 10 | <u>3618,57</u> - | - | 36186 | - | - | - | - |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|-----------|--|-------|---|---------------------------|------------------------|---|------|---------------------|----------------------|------------------------|
| 6 | ЕН15-46-1 | Просте штукатурення цементно-вапняним розчином по каменю і бетону стін механізованим способом | 100м2 | 1 | <u>2122,37</u> 1113,74 | <u>102,65</u> 83,97 | 2122 | 1114 | <u>103</u> 84 | <u>55,3</u> 5,778 | <u>55,3</u> 5,78 |
| | | Разом прями витрати по кошторису | | | | | 325310 | 8883 | <u>3588</u> 1200 | | <u>450,74</u> 70,06 |
| | | Разом будівельні роботи, грн. в тому числі: вартість матеріалів, виробів та конструкцій, грн. всього заробітна плата, грн. Загальновиробничі витрати, грн. трудоємність в загальновиробничих витратах, люд.год. заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн. Всього будівельні роботи, грн. | | | | | 325310 312839 10083 7917 56,12 1815 333227 | | | | |
| | | ----- Всього по кошторису | | | | | 333227 | | | | |
| | | Кошторисна трудоємність, люд.год. | | | | | 577 | | | | |
| | | Кошторисна заробітна плата, грн. | | | | | 11898 | | | | |

Склав

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Перевірив

[посада, підпис (ініціали, прізвище)]

Результати порівняння варіантів наведені в таблиці 6.3.

Всі вищенаведені показники, окрім первісної вартості і-тої машини та нормативної тривалості роботи машини за рік, узяті з локальних кошторисів. При порівнянні варіантів приймається той варіант, який має мінімальне значення приведених витрат.

Розрахунок виконується за такою формулою

$$P_{\epsilon} = K_{\epsilon} + \sum_{i=1}^t \frac{C_i}{(1 + E_M)^i} \quad (6.1)$$

де P_{ϵ} – приведені витрати, грн.;

C_i – річні витрати на опалення у відповідні роки, грн/рік;

t – термін функціонування основних фондів, років;

K_{ϵ} – обсяги інвестицій у будівництво об'єкта, грн.

E_M – дисконтна ставка приведення різночасових витрат, $E_M = 0,25$.

Таблиця 6.3 - Порівняння варіантів

| Показники | Варіант 1 | Варіант 2 |
|--|---------------|---------------|
| Прямі витрати, тис. грн. | 253,388 | 325,31 |
| Кошторисна трудомісткість, тис. люд.-год. | 1,093 | 0,577 |
| Кошторисна заробітна плата, тис. грн. | 24,361 | 11,898 |
| Загальновиробничі витрати, тис. грн. | 15,502 | 7,917 |
| Усього за кошторисом, тис. грн. | 268,89 | 333,227 |
| Кошторисний прибуток, грн. | | |
| Показники (обчислені) | | |
| Кошторисна величина ЗВВ, тис. грн. | 15,502 | 7,917 |
| Річні витрати на опалення, тис. грн. | 160,21 | 86,34 |
| Показник приведених витрат, тис. грн. | 357,81 | 343,59 |
| Економічний ефект, тис. грн. | 14,22 | |

Висновки по розділу 6

В даному розділі виконано техніко-економічне порівняння стін. Для двох варіантів розроблений локальний кошторис за допомогою програмного комплексу АВК. В кошторисних документах визначена кошторисна вартість виконання робіт, з урахуванням заробітної плати, вартості матеріалів, вартості експлуатації

машин та трудовитрат. Усі загальні витрати зведені в порівняльну таблицю, в якій пораховані приведені витрати. Приведені витрати враховують в своєму складі майбутню вартість експлуатації приміщень, які мають різні тепловтрати і відповідно різні витрати на опалення приміщень.

Порівнюючи кожний варіант із таблиць 6.3 ми бачимо, що найбільш економічним є 2 варіант застосування керамічних блоків Porotherm і системи вентиляваного фасаду з використанням мінеральної вати товщиною 120 мм. Кошторисна вартість на влаштування становить – 333,23 тис. грн, кошторисна трудомісткість – 0,577 тис. люд-год., приведені витрати – 343,59 тис. грн.

ВИСНОВКИ

В результаті проведення досліджень в магістерській кваліфікаційній роботі можна зробити наступні висновки:

1. Запропоновано проведення аналізу енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівлі з використанням технології BIM, яка дозволяє найбільш детально оцінити її енергоефективність, оскільки містить повну інформацію щодо виду огорожувальних конструкцій, кліматичних умов, опалення, вентиляції, освітлення та функціонального призначення приміщень. В розрізі поставленої теми досліджень розглянуто шляхи впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання, загальні підходи в проведенні енергетичних обстежень будівель та запропоновані шляхи удосконалення законодавчо-нормативної бази стосовно енергоефективності будівельного фонду.

2. Виконано розрахунок на наявність теплових містків у місцях стикування зовнішніх стін та плит перекриття, що дозволяє ще на етапі розробки проектних рішень оцінити їх раціональність з точки зору виникнення температурних полів при неоднорідних теплопровідних включеннях. Аналіз моделювання вузла обпирання плити перекриття на зовнішню стіну будівлі показав, що в місці примикання плити відбуватимуться суттєві коливання температурних полів, що в довгостроковій перспективі може призвести до втрати теплотехнічних характеристик утеплювача, з подальшим випадінням конденсату, просочуванням вологи у товщу утеплювача та руйнування захисного шару теплоізоляції.

3. Місця обпирання несучих конструкцій є потенційними містками холоду, які необхідно ефективно захищати, створюючи неперервний контур теплоізоляції. Одним із заходів щодо покращення теплотехнічної неоднорідності конструкцій може бути використання термовкладишів, що влаштовуються у плиті перекриття. За цією технологією у плиті просвердлюють спеціальні отвори (250 – 400 мм), розміри яких залежать від товщини зовнішньої стіни. Подібний спосіб широко застосовується у сучасному будівництві та вважається найменш затратним і трудомістким.

4. Для оцінки стану енергоефективності огорожувальних конструкцій була взята BIM-модель адміністративної будівлі, запроектованої у м. Вінниця. Для вибору найбільш оптимальних огорожувальних конструкцій був проведений порівняльний аналіз цегляної стіни товщиною 510 мм та керамічних блоків товщиною 440 мм, який показав доцільність влаштування огорожувальної конструкції стіни з блоків поризованої кераміки типу Porotherm з подальшим додатковим утепленням та влаштуванням вентиляваного фасаду, що дозволяє підвищити клас енергоефективності будівлі за показником розрахункової або фактичної питомої річної енергопотреби будівлі з класу С до класу В. Аналіз потенційних енерговитрат у програмі Archicad проведене порівняння працевитрат та кошторисної вартості.
5. В розділі технології будівельного виробництва розроблено технологічну карту на зведення цегляного мурування а також на влаштування вентиляваних фасадів, підібрано основний кран для зведення КС – 7361;

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технология BIM и будущее АЕС URL: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim> (дата звернення: 17.03.2022).
2. Сопоставление Оценки Энергоэффективности и EcoDesigner STAR URL: https://www.graphisoft.ru/archicad/ecodesigner_star/ (дата звернення: 23.06.2021).
3. Довбенко Т.В. Розробка методики використання Building informational model–технологій при реконструкції будівель масових серій / Т.В. Довбенко, І.В. Мальований // Сучасні проблеми будівництва. Матеріали ХХ науково - технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів і викладачів ЗДІА - Запоріжжя: 2015 Том 2. С. 7.
4. Жигулина А.Ю. Энергоэффективные жилые дома. Мировая и отечественная практика проектирования и строительства. *Градостроительство*, 2012, № 2. С. 84-86.
5. Криницкий Е. В. Что такое «Информационная модель здания (BIM)»? URL: http://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=13854. (дата звернення: 23.09.2021).
6. Табунщиков Ю.А. Энергоэффективные здания / Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкин Н.В. Москва: АВОК-ПРЕСС, 2003. 200 с.
7. Сергейчук. О.В. Геометричне моделювання фізичних процесів при оптимізації форми енергоефективних будинків: дис. доктора техн. наук: 05.01.01 / Сергейчук Олег Васильович. Київ, 2008. 425 с.
8. Андрухов В. М., Мартинова Л. В. Наскрізні інформаційні технології супроводу будівельних інвестиційних проектів на протязі їх життєвого циклу. *Будівництво України*. 2009. №6. С. 2-7.
9. Які є види енергоефективних будинків URL: <https://ecotown.com.ua/news/YAki-ye-vydu-enerhoefektyvnykh-budynkiv/> (дата звернення: 10.02.2019).
10. Стандарт Minergie: теорія і практика URL: http://zvt.abok.ru/articles/132/Standart_Minergie_teoriya_i_praktika (дата звернення: 17.02.2019).
11. Практика ЄС щодо підвищення енергоефективності в сфері проектування будівель URL: <http://www.golub-architects.com/blog/2018/10/15/> (дата звернення: 15.10.2020).
12. Талапов В. В. Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 270800 "Строительство" Москва : ДМК Пресс, 2011. 391 с.
13. Шовкалюк М.М. Підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом удосконалення законодавчої та нормативної бази // Збірник наук. праць ІV міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку –PEMS'2017". [Київ, 25-27 квітня 2017 р.].
14. Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації: Закон України №327-VIII від 22.11.18 р. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/T150327.html. (Дата звернення 13.08.2021).

15. Про внесення змін до Бюджетного кодексу України (щодо запровадження нових інвестиційних можливостей...): Закон України №328-VIII від 31.12.2015 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/328-19/card5/sp:wide> (Дата звернення 13.08.2022).
16. Про енергетичну ефективність будівель» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст.359: Закон України № 2118 від 22.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (Дата звернення 13.08.2022).
17. В.Гуч. Енергоефективність як тренд // Сьогодні. - [5 жовтня 2017р.] – режим доступу. URL: <https://www.segodnya.ua/opinion/gutchcolumn/energoefektivnst-yak-trend-1061578.html> (Дата звернення 13.10.2022).
18. Барзилович Д.В., Фаренюк Г.Г. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель *Будівельні конструкції*. Вип.77. Київ: НДІБК, 2013. с. 3-9.
19. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Чинний з 2023-03-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022, 63 с.
20. Приклади розрахунків до ДСТУ Б В.2.6-189:2013 «Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель». Київ: ДП НДІБК, 2014. 106 с.
21. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. [Чинний з 2018-12-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2018, 20 с.
22. ДБН В.2.6-31:2021 Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний з 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій, 2021. 23 с.
23. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП. [Чинний з 2023-03-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 156 с.
24. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель. [Чинний з 2016-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України 2015. 29 с.
25. ДСТУ Б EN 15459:2017 Енергетична ефективність будівель. Процедура економічної оцінки енергетичних систем будівель (EN 15459:2017, IDT). [Чинний з 2018-07-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 54 с.
26. ДСТУ Б EN 15603:2013 Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чинний з 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. 91 с.
27. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN 13790:2008, IDT). [Чинний з 2013-07-01].
28. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014 Настанова з виконання термомодернізації будинків. [Чинний з 2015-10-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. 39 с.
29. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту. [Чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 50 с.

30. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення (ISO 50002:2014, IDT). [Чинний з 2016-09-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 24 с.
31. ДСТУ ISO 50001:2020. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2018, IDT). [Чинний з 2020-09-15]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.
32. ДСТУ Б EN 15251: 2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики будівель. [Чинний з 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. 33 с.
33. ДСТУ Б EN ISO 7730: 2011 Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення та інтерпретація теплового комфорту на основі розрахунків показників PMV і PPD і критеріїв локального теплового комфорту. [Чинний з 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2012. 33 с.
34. ДБН В.1.2-11:2021. Енергозбереження та енергоефективність. [Чинний з 2013-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2020. 20 с.
35. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження. [Чинний з 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 20 с.
35. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання. [Чинний з 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 239 с.
36. Закон України № 2118 від 22.06.2017 «Про енергетичну ефективність будівель» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст. 359.
37. ЗУ № 2095-19 від 08.06.2017р. «Про Фонд енергоефективності» / Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 32, ст.344.
38. Офіційний сайт Державного агентства з енергетичної ефективності України ДАЕЕ (Держенергоефективності) URL: <http://sae.gov.ua> (Дата звернення 12.06.2023).
39. Шовкалюк М.М., Леконцева О.Е. Розвиток програм стимулювання підвищення енергоефективності будівель в Україні // Збірник наук.праць V міжнар.наук.-техн. та навч.-метод. конф. "Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку –REMS'2018". [Київ, 17-19 квітня 2018 р.]. 134 с.
40. Є.М.Іншеков, Є.Є.Нікітін, М.В.Тарновский, А.В.Чернявський. Посібник з муніципального енергетичного менеджменту. Київ: 2014. 247 с.
41. Дешко В.І. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання/ Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Випуск 80, Київ 2014. С. 68–72.
42. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings. Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. - CEN. – European Committee for Standardization. 2008. – 76 p.

43. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=19611> (дата звернення: 05.02.2011).
44. ДСТУ-Н. Б. В. 1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2011. 127 с.
45. Беляев В.С., Хохлова Л.П. Проектирование энергоэкономичных и энергоактивных гражданских зданий. Учеб. пособие для студ. вузов по спец. «Промышленное и гражданское строительство». Москва:Высш. шк., 1991. 255 с.
46. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди (визначення класу наслідків (відповідальності). [Чинний з 2019-12-01]. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2019. 16 с.
47. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний з 2017-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, житлового та комунального господарства України, 2017. 38 с.
48. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. [Чинний з 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, житлового та комунального господарства України, 2018. 36 с.
49. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2.-2:2006 [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінбуд України, 2006. 59 с.
50. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти: [підручник] / М. Л. Зоценко та ін.; Полтава, 2003. 446 с.
51. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. [Чинний від 2019-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 40 с.
52. Сердюк В.Р., Ровенчак Т.Г. Розробка проекту виконання робіт для будівельного об'єкта. Навчальний посібник.-Вінниця:ВДТУ,2002.114с.
53. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний з 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ Мінрегіон України 2014. 36 с.
54. Сердюк В. Р., Ровенчак Т. Г. Розробка проекту виконання робіт для будівель різного призначення: навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2015. 80 с.
55. Методичні вказівки до опрацювання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах і роботах для студентів будівельних спеціальностей / Уклад. М.С.Лемешев, О.В.Березюк. Вінниця: ВНТУ, 2012. 64с.
56. Дешко В.І., Білоус І.Ю. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання. Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. 2014. № 80. С. 68–72.
57. Energy Plus URL: <https://energyplus.net/> (Дата звернення 20.05.2023).
58. TRNSYS URL: <http://www.trnsys.com/index.html> (Дата звернення 20.05.2023).
59. eQUESTthe QUick Energy Simulation Tool. URL: <http://doe2.com/eQUEST/> (Дата звернення 20.05.2023).
60. Open source library for building energy and control systems URL: <https://simulationresearch.lbl.gov/modelica/> (Дата звернення 20.05.2023).

61. ДСТУ-Н Б А.2.2.5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. [Чинний від 2008-07-01.]. К.: Мінрегіонбуд України, 2008. 44 с.
62. International Weather for Energy Calculations: https://energyplus.net/weather-location/europe_wmo_region_6/UKR. (Дата звернення 20.05.2023).
63. ArchiPHYSIK URL: <https://www.archiphysik.at/> (Дата звернення 20.11.2019).
64. Hottgenroth Software URL: <https://www.hottgenroth.de/index.html> (Дата звернення 20.05.2023).
65. GRAPHISOFT EcoDesignerSTAR URL: https://www.graphisoft.com/archicad/ecodesigner_star/ (Дата звернення 20.05.2023).
66. Болгарова Н. М. Геометрична модель формування раціональної структури архітектурного об'єкту за параметрами енергоефективності: дис. ... канд. технічних наук: 05.01.01 / Київський нац. ун-т буд-ва ат архітек-тури. Київ, 2018. 174 с.
67. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
68. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
69. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
70. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
71. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
72. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
73. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
74. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
75. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та

інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

76. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

77. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проєктах: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2006. 109 с.

ДОДАТКИ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій
промислових будівель в контексті використання BIM-технологій (Building
Information Modeling)

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
(кафедра, факультет)


Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 85,0 % Схожість 15,0 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

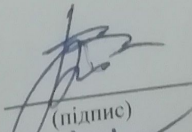
Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)

Блащук Н.В.
(прізвище, ініціали)

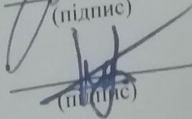
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)

Башинський С.І.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Бікс Ю.С.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б Специфікації конструкцій, інвентарю для влаштування мурування

Таблиця Б.7 – Специфікація конструкцій для розробки технологічної карти цегляного мурування

| Найменування збірних конструкцій | Марка | Розміри, мм | | | Кількість, м ³ | Ескіз |
|----------------------------------|------------|-------------|------------|------------|---------------------------|-------|
| | | Довжина l | Ширина b | Висота h | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1. Цегла повнотіла червона | | 250 | 125 | 60 | 550 | |
| 2. Перемички | 5ПБ 21-27а | 2070 | 120 | 220 | 1 | |
| | 1ПБ 13-1 | 1290 | 120 | 65 | 12 | |
| | 2ПБ 16-2 | 1550 | 120 | 140 | 61 | |
| | 3ПБ 13-37 | 1290 | 120 | 220 | 4 | |
| | 3ПБ 16-37 | 1550 | 120 | 220 | 8 | |
| | 2ПБ 25-3 | 2460 | 120 | 140 | 12 | |
| | 1ПП 12-3 | 1160 | 380 | 65 | 4 | |

Таблиця Б.8 – Склад нормокомплекта для зведення цегляного мурування

| Найменування обладнання, інвентаря, пристосувань та інструментів | Од.Вимір. | Кількість |
|--|-----------|-----------|
| 1 | 2 | 3 |
| Обладнання | | |
| 1. Розчиноперевант ажувач | шт. | 1 |
| Інвентар | | |
| 1. Бункер з щелепним затвором | шт. | 1 |
| 2. Ящик для розчину | шт. | 12 |
| 3. Ларь для зберігання в'язучих | шт. | 2 |
| 4. Інвентарні шарнірні риштування | шт. | 10 |
| 5. Захват для підйому цегли в пакетах | шт. | 1 |
| 6. Захватний пристрій для підйому пакетів цегли на піддонах | шт. | 1 |
| 7. Площадка для приймання вантажів через віконний проріз | шт. | 1 |
| 8. Шафа бригадна для зберігання інструменту | шт. | 1 |
| 9. Піраміда для зберігання гіпсокартонних перегородок | шт. | 1 |
| 10. Площадка для монтажника | шт. | 2 |
| 11. Виделковий захват для підйому сходових маршів | шт. | 2 |
| 12. Вишка прожекторна поперхова | шт. | 1 |
| 13. Світильник переносний | шт. | 12 |
| 14. Площадка для мурування сходових маршів | шт. | 1 |
| 15. Драбина для підйому робочих на риштування | шт. | 10 |
| 16. Траверса універсальна для підйому та монтажу крупнопанельних виробів | шт. | 1 |
| Пристосування | | |
| 1. Стійка для тимчасового кріплення плит козирку | шт. | 6 |
| 2. Пристосування (підкіс) для тимчасового кріплення перегородок | шт. | 1 |
| 3. Скребок металевий для очистки днища кузова від залишків розчину | шт. | 2 |
| 4. Інвентарна металева порядовка для мурування рогів | шт. | 12 |
| 5. Проміжна порядовка | шт. | 12 |
| 6. Огородження для віконних прорізів | шт. | 10 |
| 7. Шаблон для мурування димових и вентиляційних каналів 265x135 мм | шт. | 6 |
| 8. Шаблон для мурування димових и вентиляційних каналів 135x135 мм | шт. | 6 |

Продовження табл. Б. 8

| 1 | 2 | 3 |
|--|---------|-----|
| 9. То же, d=135 мм | шт. | 2 |
| 10. Шаблон для розмічування прорізів 890x80, 1530x80 мм | шт. | 2 |
| 11. Шаблон для розмічування прорізів 1530x119, 2810x119 мм | шт. | 2 |
| Ручний інструмент | | |
| 1. Кельма типу КБ | шт. | 16 |
| 2. Молоток кирочка типу МКИ | шт. | 16 |
| 3. Розшивка для опуклих швів РВ-1 | шт. | 6 |
| 4. Розшивка для вігнутих швів РВ -2 | шт. | 6 |
| 5. Кувалда прямокутна КБ-59039 | шт. | 6 |
| 6. Конопатка сталевая К-50 | шт. | 5 |
| 7. Лом монтажний типу ЛМ 24 | шт. | 5 |
| 8. Ножиці ручні для різки арматури | шт. | 3 |
| 9. Скарпель | шт. | 4 |
| 10. Щітка сталевая | шт. | 4 |
| 11. Лопата для розчину типу ЛР | шт. | 7 |
| 12. Відро 8-12 л. | шт. | 4 |
| 13. Рубанок с одиночним ножом | шт. | 3 |
| 14. Сокира А-1 | шт. | 3 |
| 15. Ножовка поперечна по дереву | шт. | 3 |
| 16. Лом цвяходер типу ЛГ | шт. | 3 |
| 17. Кліщі будівельні типу КС-250 | шт. | 3 |
| Контрольно-вимірювальний інструмент | | |
| 1. Метр складний металевий | шт. | 10 |
| 2. Висок Q=600г | шт. | 16 |
| 3. Рулетка РС-10 | шт. | 1 |
| 4. Рівень будівельний | шт. | 2 |
| 5. Рівень водяний | шт. | 1 |
| 6. Правило дерев'яне | шт. | 10 |
| 7. Шнур причальний (кручений) в корпусі | пог. м. | 100 |
| 8. Рейка з виском | шт. | |

Таблиця Б.9 – Характеристики інвентаря для цегляного мурування

| Найменування машин, обладнання і т. п. | Кількість | Технічна характеристика |
|---|-----------|--|
| Нормкомплект засобів механізації для виконання кам'яних робіт | 1 | |
| 1. Розчиноперевантажувач | | Місткість, м ³ -2,5 Габаритні розміри, мм-3500x2200x2300 |
| 2. Бункер з щелепним затвором | | Місткість, м ³ -1,2 Габаритні розміри, мм-3340x1160x900 |
| 3. Ящик для розчину | | Місткість, м ³ -0,25 Габаритні розміри, мм-1400x672x765 |
| 4. Ларь для зберігання в'язучих | | Місткість, м ³ -3,8 Габаритні розміри, мм-2779x1460x1435 |
| 5. Інвентарні шарнірно-панельні риштування | | Маса, кг-820 Габаритні розміри, мм-540x250x600(1200,1800) |
| 6. Захват для підйому цегли в пакетах | | Вантажопідйомність, кг-1750 Габаритні розміри, мм-1400x380x1500 |
| 7. Виделковий захват для підйому сходових маршів | | Вантажопідйомність, кг-1200 Габаритні розміри, мм-1330x240x500 |
| 8. Траверса | | Вантажопідйомність, кг-6300 Габаритні розміри, мм-500x180x530 |
| 9. Захватний пристрій для підйому пакетів цегли в піддонах | | Вантажопідйомність, кг-1600 Габаритні розміри, мм-1400x380x1500 |

Таблиця Б.10 – Склад нормокомплекта для влаштування вентиляованого фасаду

| Найменування обладнання, інвентаря, пристосувань та інструментів | Од. Вимір. | Кількість |
|--|----------------|-----------|
| Інвентар | | |
| 4. Риштування трубчасті | м ² | 90 |
| 5. Захват для підйому керамогранітних плит в пакетах | шт. | 1 |
| 6. Захватний пристрій для підйому пакетів керамогранітних плит | шт. | 1 |
| 8. Шафа бригадна для зберігання інструменту | шт. | 1 |
| 10. Площадка для монтажника | шт. | 2 |
| 15. Драбина для підйому робочих на риштування | шт. | 10 |
| Контрольно-вимірвальний інструмент | | |
| 1. Метр складний металевий | шт. | 10 |
| 3. Рулетка РС-10 | шт. | 1 |
| 4. Рівень будівельний | шт. | 2 |

Таблиця Б.11 – Матеріально-технічні ресурси для влаштування вентилязованого фасаду

| № п/п | Найменування виробу | Довжина, п.м | Вага, кг | Кіл-сть, шт. | Ескіз |
|-------|---|--------------|----------|--------------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Плита керамогранітна 10х600х600 мм | | | 1322 | |
| 2 | Утеплювач «Техновент проф» 1200х600х100 | | | 661 | |
| 3 | Направляюча вертикальна | 676 | 2,06 | | |
| 4 | Направляюча горизонтальна | 467 | 1,03 | | |

Продовження табл. Б. 11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|-----------------------------------|-------|-------|------|---|
| 5 | Кронштейн стаціонарний 140мм | 150 | 0,227 | 328 | |
| 6 | Кронштейн опорний середній 140 мм | 80 | 0,121 | 328 | |
| 7 | Кронштейн нижній 140 мм | 80 | 0,121 | 328 | |
| 8 | Шайба | 21x21 | 0,004 | 1312 | |

Продовження табл. Б. 11

| | | | | | |
|----|----------------------|----------|-------|------|--|
| 9 | Підкладка паронітова | 4x40x150 | | 328 | |
| 10 | Підкладка паронітова | 4x40x80 | | 656 | |
| 11 | Кронштейн плитки | 40 | 0,034 | 5248 | |
| 12 | Цанга "КЕІЛ" | | | 5248 | |
| 13 | Гвинт кріплення | | | 5248 | |
| 14 | Гвинт регулювальний | | | 5248 | |
| 15 | Болт М5х16.019 | | | 1968 | |
| 16 | Гайка М5.019 | | | 1968 | |
| 17 | Шайба 5.01.019 | | | 1968 | |
| 18 | Заклепка Д4х8 | | | 5248 | |
| 19 | Анкер | | | 1312 | |

Додаток В Карта-визначник

Таблиця В.1 – Карта – визначник

| № пп | Назва виду робіт | Об'єм робіт | | Норма- тивне дже-рело | Трудомісткість | | | | Склад бригади | | Змін- ність | Три- валість дн. |
|------------------|---|--------------------|-------|-----------------------------|----------------|-----|--------|----|---------------------------------|----------------|----------------|------------------------|
| | | Од. вим. | К-сть | | люд-зм | | маш-зм | | Професія | Кіль- кість | | |
| | | | | | Н | П | Н | П | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| Надземна частина | | | | | | | | | | | | |
| 16. | Монтаж збірних з/б плит над підвалом | 100 шт | 1,14 | Е7-45-6 | 55,45 | 55 | 3,99 | 4 | Машиніст, монтажник | 4 | 2 | 2 |
| 14. | Монтаж збірних пустотних з/б плит перекриття | 100 шт | 1,07 | Е7-45-2 | 52,04 | 52 | 3,75 | 3 | Машиніст, монтажник | 4 | 2 | 2 |
| 15. | Монтаж збірних з/б сходових маршів та площадок | 100 шт | 0,09 | Е7-47-4 Е7-47-2 | 13,74 | 13 | 0,62 | 1 | Машиніст, монтажник | 8 | 1 | 2 |
| 16. | Мурування зовнішніх стін керамічною цеглою завтовшки 440 мм | м ³ | 310 | Е8-6-3 | 233,12 | 233 | 40,84 | 40 | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 9 | 2 | 13 |
| 17. | Мурування внутрішніх стін кераміч- ною цеглою завтовшки 380 мм | м ³ | 150 | Е8-6-7 | 103,8 | 108 | 19,77 | 19 | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 6 | 2 | 9 |
| 18. | Мурування перегородок армованих за- втовшки в ½ цегли | 100 м ² | 90 | Е8-7-3 | 162,68 | 156 | 9,71 | 7 | Муляр5 р Муляр 4р Муляр3р | 6 | 2 | 13 |
| 19. | Улаштування перемичок | 100 шт | 5,44 | Е7-44-10 | 65,8 | 65 | 13,6 | 13 | Машиніст, монтажник | 4 | 2 | 4 |
| 20. | Улаштування плит парапету масою більше 0,5 т | 100 шт | 1,01 | Е7-53-11 | 65,8 | 65 | 2,72 | 2 | Машиніст, монтаж- ник. | 4 | 2 | 2 |

Продовження табл. В.1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|-----|---|--------------------|-------|------------|------------|-----|-------|------|----------------------------|----|----|-----|
| 21. | Монтаж збірних плит покриття | 100 шт | 1,08 | Е7-45-8 | 8,98 | 8 | 3,75 | 3 | Машиніст, монтажник | 4 | 2 | 2 |
| 22. | Улаштування двокамерних метало-пластикових вікон | 100 м ² | 6,15 | ЕН10-20-3 | 103,4 | 103 | 29 | 29 | Бетоняр, різнороб | 8 | 2 | 130 |
| 23. | Улаштування дверних блоків | 100 м ² | 5,807 | ЕН10-26-1 | 39,1 | 39 | 4,7 | 4 | Тесляр | 4 | 2 | 5 |
| 24. | Влаштування оштукатурення стін | 100 м ² | 50,2 | ЕН15-46-1 | 465,8 5 | 465 | 30,12 | 30 | Штукатур | 12 | 2 | 20 |
| 25. | Влаштування оштукатурення стель | 100 м ² | 36 | ЕН15-46-3 | 350,8 | 350 | 30,24 | 30 | Штукатур | 12 | 2 | 14 |
| 26. | Оздоблення зовнішніх стін мармуровими плитами по цоколю | 100 м ² | 0,38 | ЕН15-2-6 | 34,5 | 34 | 0,61 | 1 | Плиточник Плиточник | 4 | 2 | 5 |
| 27. | Влаштування підлог з керамічної плитки | 100 м ² | 0,47 | ЕН11-29-1 | 5,2 | 5 | 0,71 | 1 | Плиточник Плиточник | 4 | 1 | 6 |
| 28. | Влаштування покриттів мозаїчних | 100 м ² | 6,58 | ЕН11-17-1 | 118,8 | 118 | 10,4 | 10 | Бетоняр, різнороб. | 4 | 1 | 15 |
| 29. | Влаштування покриттів з паркету | 100 м ² | 0,88 | ЕН11-36-1 | 12,6 | 12 | 0,32 | 0,32 | Тесляр Тесляр | 4 | 1 | 3 |
| 30. | Влаштування підлоги з лінолеуму | 100 м ² | 2,48 | ЕН11-39-1 | 91,16 | 91 | 0,42 | 0,42 | Тесляр Тесляр | 4 | 1 | 11 |
| 31. | Влаштування плінтусів з мармурових плит | 1 м ² | 8 | ЕН11-44-1 | 8,54 | 8 | 0,12 | 0,12 | Плиточник | 4 | 1 | 2 |
| 32. | Покращене фарбування масляним складом по оштукатуреним стінам | 100 м ² | 4,5 | ЕН15-165-8 | 28,7 | 28 | 0,05 | 0,05 | Маляр | 5 | 1 | 6 |
| 33. | Оздоблення зовнішніх стін мармуровими плитами | 100 м ² | 0,38 | ЕН15-2-8 | 34,5 | 34 | 0,26 | 0,26 | Плиточник | 4 | 1 | 9 |
| 34. | Оздоблення відкосів оселковим мармуром | 100 м ² | 0,08 | ЕН15-3-1 | 25,53 | 25 | 0,1 | 0,1 | Лицювальник Лицювальник | 4 | 1 | 6 |
| 35. | Улаштування вентиляваного фасаду | 100 м ² | 12 | ЕН15-80-2 | 85,25 | 85 | 0,36 | 0,36 | Монтажник Монтажник | 8 | 1 | 22 |

Додаток Г Відомість графічної частини

| Лист | Зміст листа |
|----------|--|
| Лист №1 | Титульний аркуш |
| Лист №2 | Актуальність теми |
| Лист №3 | Мета роботи, об'єкт, предмет, практичне значення |
| Лист №4 | Енергозбереження та ВІМ, термосанація |
| Лист №5 | ВІМ модель будівлі |
| Лист №6 | Критерії оцінювання для матеріалів стін |
| Лист №7 | ВІМ модель конструктиву стіни (варіант А) |
| Лист №8 | Річне споживання енергії |
| Лист №9 | ВІМ модель конструктиву стіни (варіант Б) |
| Лист №10 | Річне споживання енергії (зміни) |
| Лист №11 | Містки холоду |
| Лист №12 | Висновки |
| Лист №13 | Архітектурно-будівельний розділ (фасад 1-3, фасад 3-1, фасад А-Г, схема генплану, експлікація будівель та споруд) |
| Лист №14 | Архітектурно-будівельний розділ (плани на відм. 0,000, +3,300, розріз 1-1, ффрагменти 1,2 вузол 1) |
| Лист №15 | Технологія та організація будівельного виробництва (розподіл на захватки, схеми монтажу, розрізи, вузли примикання до віконного прорізу, графік виконання робіт) |

Вінницький національний технічний університет



Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)

Виконав: студент 2-го курсу, групи Б-21мз,
Сергій БАШИНСЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доц. кафедри БМГА
Юрій БІКС

Актуальність

Євросоюз

- ▶ «будинок низького споживання енергії» - $< 60 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$
- ▶ «пасивний будинок» - $< 15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$

Україна

- ▶ Не унормовано поняття «пасивний будинок»
- ▶ Споживання енергії $120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ і більше, в середньому - $150\text{-}160 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$

Будівництво енергозберігаючого будинку дорожче лише на 5%, а окупність становить 5-7 років

Мета роботи - визначення класу енергоефективності будівлі шляхом оцінки інформаційної моделі, вирішення науково-технічної задачі щодо місць утворення містків холоду у типових вузлах, як потенційних джерел втрати тепла в оболонці будівлі, конструктивні рішення щодо підвищення теплостійкості та усунення можливих зон конденсації, аналіз результатів та вибір найбільш ефективних огороджувачих конструкцій для адміністративної будівлі шляхом побудови BIM-моделі.

Об'єкт досліджень - комплексна оцінка енергетичної ефективності огороджувальних конструкцій, змодельованих у програмному комплексі ArchiCAD

Предметом дослідження є характеристики енергетичних параметрів інформаційної моделі адміністративної будівлі, запроєктованої у м. Вінниця

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- ▶ створена методика оцінки рівня енергоефективності огороджувальних конструкцій за допомогою технології інформаційного моделювання (BIM).
- ▶ запропонований метод аналізу енергоефективності огороджувальних конструкцій для громадських будівель;
- ▶ досліджений метод розрахунку містків холоду будівлі у програмному комплексі ArchiCAD 20 та запропоновані способи їх усунення;

Практичне значення одержаних результатів.

- ▶ На основі проведених експериментально-теоретичних досліджень були запропоновані енергоефективні конструктивні рішення огороджувачих конструкцій громадської будівлі.

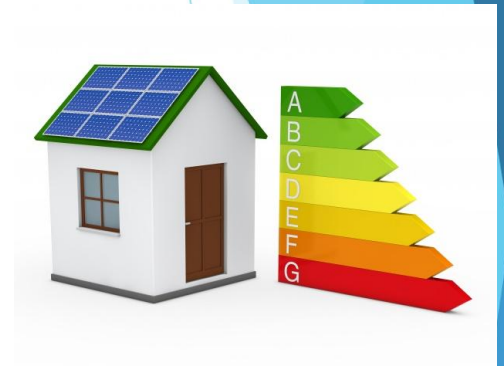
Енергозбереження та BIM

Енергоефективність та термосанація:

- ▶ Зменшення витрати на комунальні послуги
- ▶ Поліпшення зовнішнього вигляду вже існуючих будівель
- ▶ Підвищення комфорту та мікроклімату
- ▶ Збільшення вартості нерухомості на вторинному ринку
- ▶ Поліпшення технічного стану будівлі
- ▶ Зменшення викидів CO₂

BIM-технології

- ▶ Поліпшити якість проекту і опрацювання робочої документації
- ▶ Значно зменшити витрати на будівництво і терміни реалізації проекту
- ▶ Побачити всі подробиці в процесі проектування, які необхідні для прийняття ключових рішень
- ▶ Оптимізувати витрати і ресурси і підвищити ефективність проектної роботи
- ▶ Налагодити комунікацію в реальному часі між проектувальниками і будівельниками
- ▶ Зменшити кількість змін в ході проекту і скоротити помилки на етапі будівництва



ВІМ-модель будівлі

Параметри довкілля

- помірно-континентальний клімат;
- середня температура січня $-4,1^{\circ}\text{C}$, липня $+19,2^{\circ}\text{C}$;
- річна кількість опадів - 591 мм;
- тривалість світлового дня - від 8 до 16,5 годин
- тип ґрунту - суглинок
- територія заасфальтована, мощення - 15%

ФАСАД 1-3

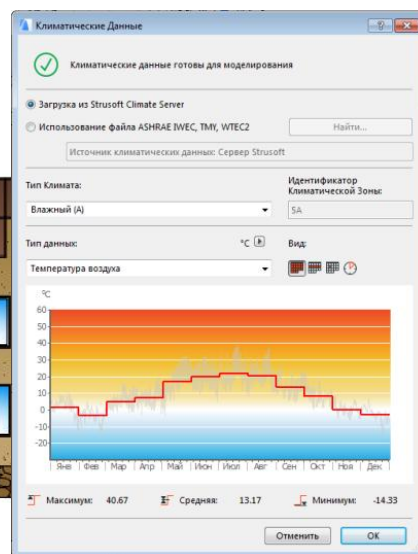
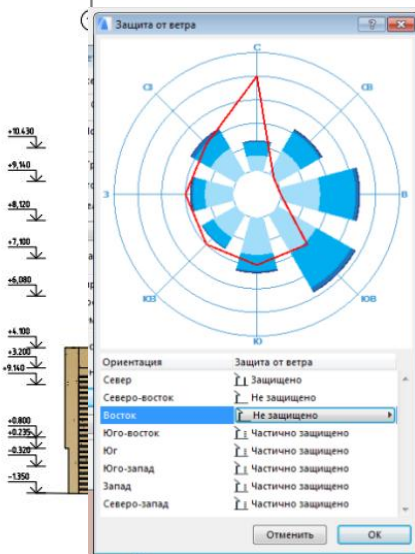
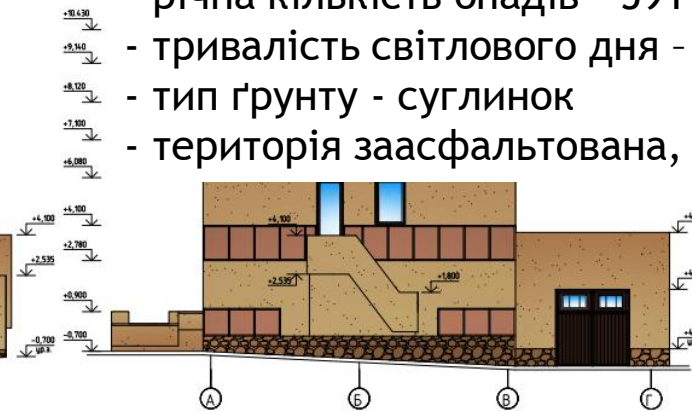
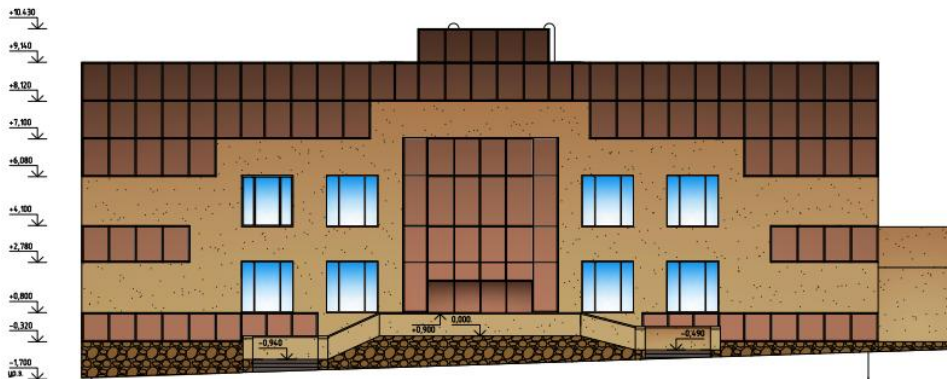
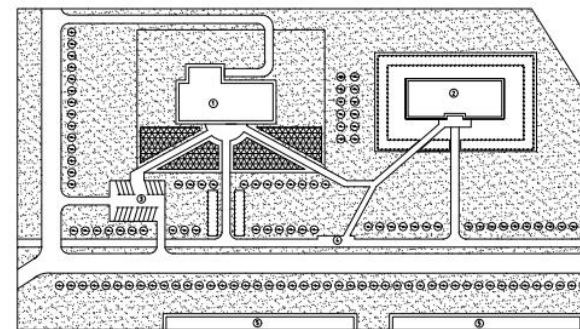


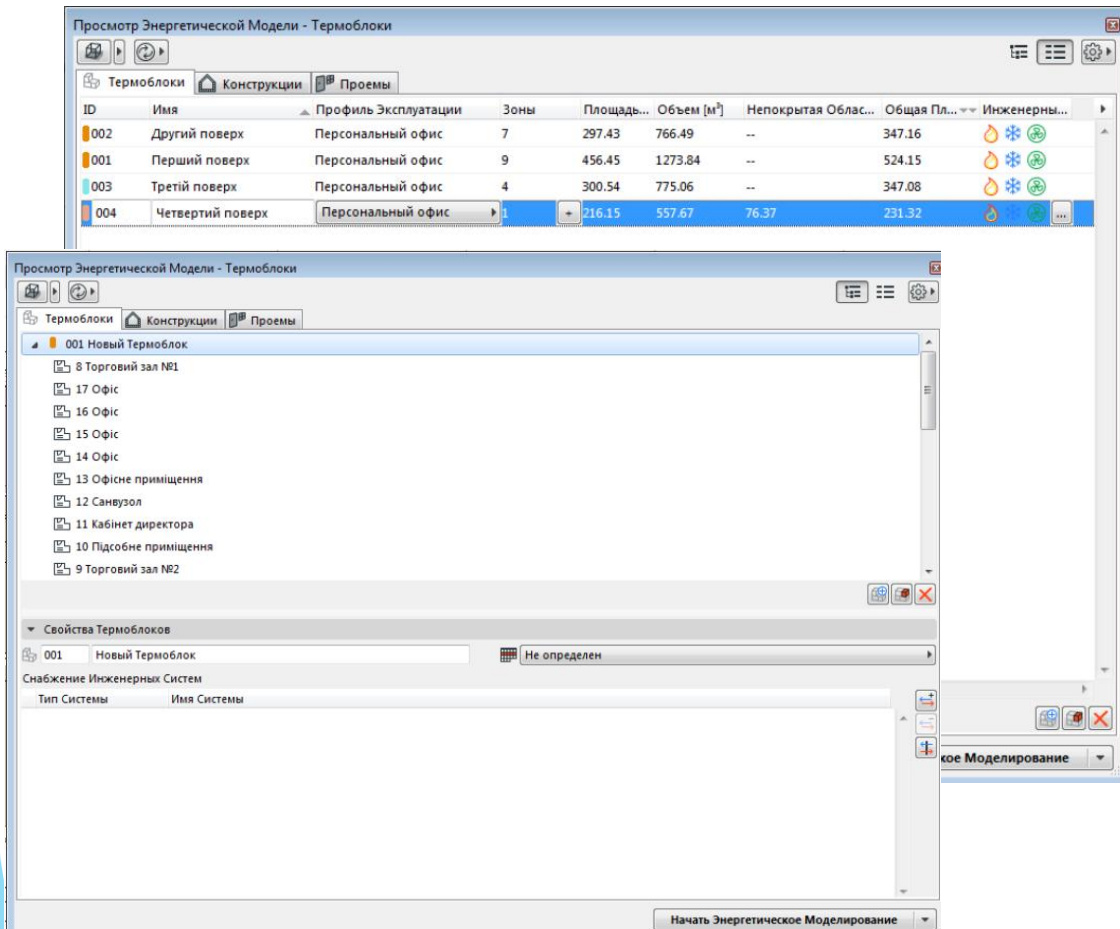
Схема генплана



Критерії оцінювання для матеріалів стін

- ▶ **PENRT** - загальна величина первинної невідновлюваної енергії. Це загальні енергетичні ресурси, необхідні для виробництва продукту або послуги, спільно називають первинним вмістом енергії (скорочено PE). PE вказується в МДж і розраховується з нижчої теплотворної здатності використаних енергетичних ресурсів;
- ▶ **GWP** - потенціал глобального потепління (ПГП), є сумою ПГП-викопного та ПГП-біогенного. Потенціал глобального потепління наведено для періоду 100 років (GWP100) і в кг CO₂-еквіваленту (кг CO₂-еквіваленту);
- ▶ **AP**- потенціал підкислювання. Підкислення в основному зумовлене взаємодією газів оксиду азоту (NO_x). Для розрахунку використовуються коефіцієнти та характеристики відповідно до ÖNORM EN 15804, додаток C. Для старіших даних LCA (до публікації ÖNORM EN 15804: 2014) використовувався середній «європейський потенціал підкислення» відповідно до CML 2001 v3.9;
- ▶ **EP** - потенціал евтрофікації. Потенціал евтрофікації введених поживних речовин визначається відповідно до CML 2001 v3.9 і вказується в кг (PO₄₃-екв. (фосфатний еквівалент));
- ▶ маса конструкції стіни кг/м²;
- ▶ коефіцієнт теплопередачі багатoshарової оболонки (u-value Вт/м²×К, величина обернена до термічного опору R)

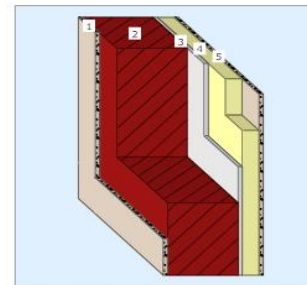
ВМ-модель



Варіант стіни «А»

Характеристики огорожувальних конструкцій

external wall type "A" – edit (30358)



Fläche: 1 m²
 mass: 840,4 kg/m²
 service life: yes, with integer replacements ra

0,255 W/m²K U value ²

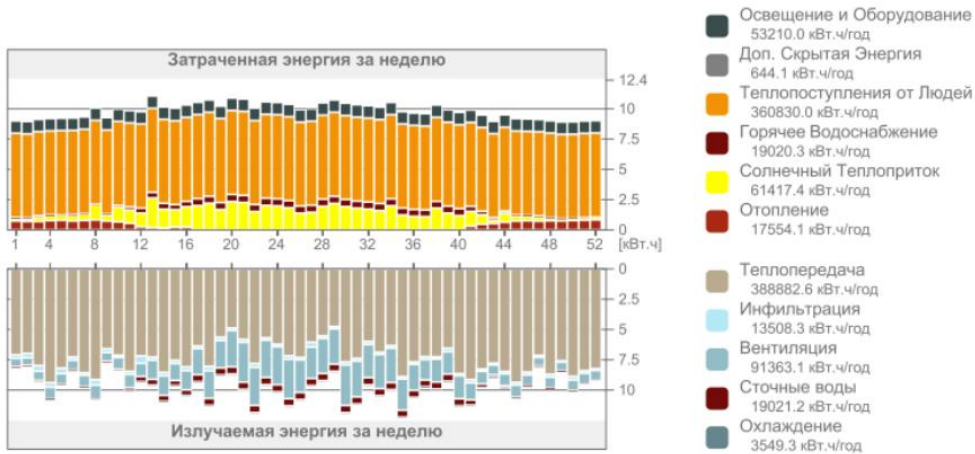
no. layer (from inside to outside)

| no. layer (from inside to outside) | d cm |
|--|--------------|
| 1 Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive)) | 0,09 |
| 2 bearing wall (Bricks full + normal mortar for brickwork (1600 kg/m ³)) | 51,00 |
| 3 Mineral adhesive | 0,50 |
| 4 insulator (Rock wool MW(SW)-W (40 kg/m ³)) | 12,00 |
| 5 Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive)) | 0,50 |
| building element | 64,09 |

¹ deviating from service life catalogue ² U value (Heat transfer coefficient) calculated according to ÖNORM EN ISO 6946.

Річне споживання енергії

Энергетический баланс проекта



Термоблоки

| Термоблок | Кол-во Зон | Эксплуатация | Общая Площадь м ² | Объем м ³ |
|----------------------|------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| 001 Первый поверх | 9 | Персональный | 524.15 | 1273.84 |
| 002 Другой поверх | 7 | Персональный | 347.16 | 766.49 |
| 003 Третий поверх | 4 | Персональный | 347.08 | 775.06 |
| 004 Четвертый поверх | 1 | Персональный | 231.32 | 557.67 |
| Итого: | 21 | | 1449.71 | 3373.06 |

Энергопотребление Целей

| Наименование Цели | Энергия | | | CO ₂ |
|-----------------------|----------------------|--------------------|---------------|------------------|
| | Количество кВт.ч/год | Основная кВт.ч/год | Цена грн/год | Выделение кг/год |
| Отопление | 17 | 19 | 10150 | 3791 |
| Охлаждение | 3 | 6 | 1824 | 175 |
| Горячее Водоснабжение | 19 | 20 | 10167 | 3798 |
| Вентиляторы | 16 | 49 | 36935 | 3545 |
| Освещение и Приборы | 53 | 159 | 119722 | 11493 |
| Итого: | 109 | 255 | 178800 | 22803 |



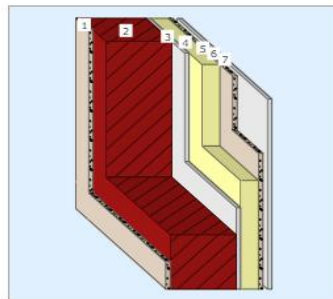
$$\Delta = EP - E_{p_{max}} = 37,93 - 38,00 = -0,07 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3 \Rightarrow \text{клас енергоефективності C (-9 ... 0)}$$

Зміни BIM-моделі

Варіант стіни «В»

Характеристики огорожувальних конструкцій

external wall Type "B" – edit (30358)



mass: 334,3 kg/m²
service life: yes, with integer replacements rates

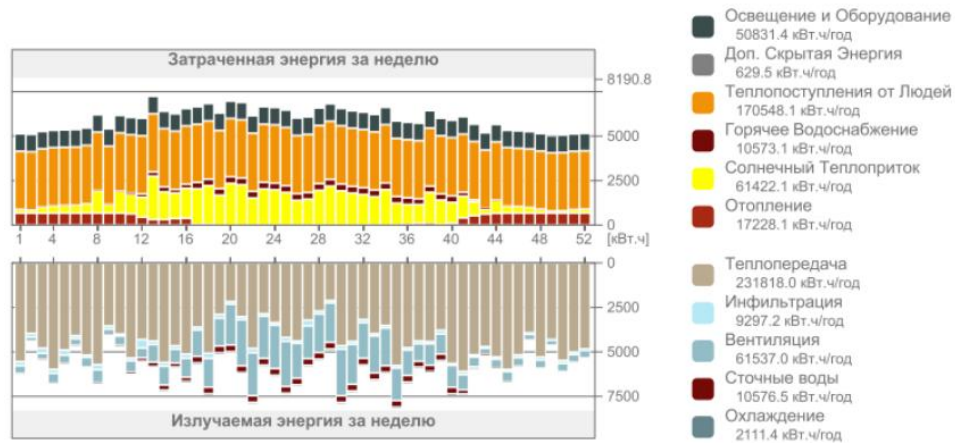
0,098 W/m²K U value ²

building element "": Es gibt keine Ökokennzahlen im gewünschten Katalog! (Schicht Nr. 7)

| no. layer (from inside to outside) | d cm |
|---|--------------|
| 1 Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive)) | 0,09 |
| 2 bearing wall (POROTHERM 44 W.i Plan) | 44,00 |
| 3 Mineral adhesive | 0,50 |
| 4 insulator (Rock wool MW(SW)-W (40 kg/m ³)) | 12,00 |
| 5 Plaster (Silicate plaster (without synthetic resin additive)) | 0,50 |
| 6 Vertical air layer, heat flow down 11 < d <= 15 mm | 1,50 |
| 7 Marble (2650 kg/m ³) | 1,20 |
| building element | 59,79 |

Зміни річного споживання енергії

Энергетический баланс проекта



Термоблоки

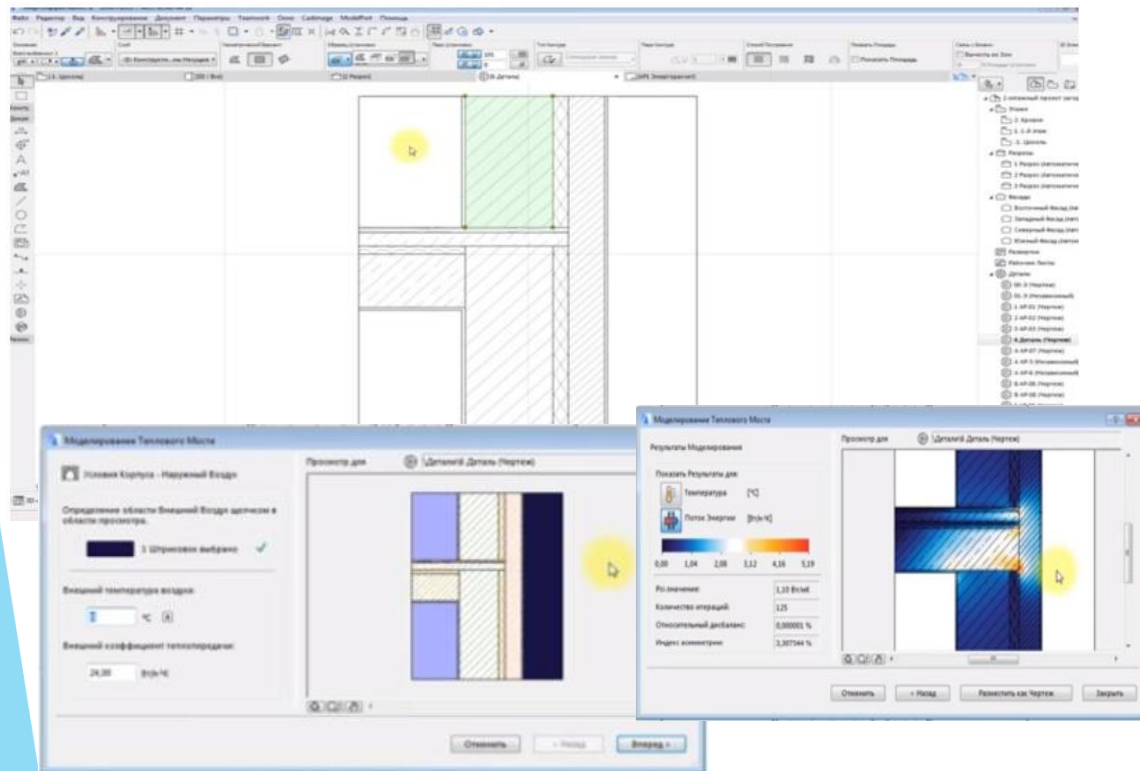
| Термоблок | Кол-во Зон | Эксплуатация | Общая Площадь м ² | Объем м ³ |
|--------------------|------------|--------------|------------------------------|----------------------|
| 001 Первый этаж | 9 | Персональный | 524.15 | 1273.84 |
| 002 Другой этаж | 7 | Персональный | 347.16 | 766.49 |
| 003 Третий этаж | 4 | Персональный | 347.08 | 775.06 |
| 004 Четвертый этаж | 1 | Персональный | 231.32 | 557.67 |
| Итого: | 21 | | 1449.71 | 3373.06 |

| Тип конструкції | Річна потреба, кВт·год | | | Річна вартість експлуатації будівлі, грн |
|-------------------------------------|------------------------|------------|-----------------------|--|
| | опалення | вентиляція | гаряче водопостачання | |
| Стіна з цегли М100 | 17554,1 | 91363,1 | 19020,3 | 178800 |
| Стіна з керамічних блоків Porotherm | 17228,1 | 61537,0 | 10573,1 | 165207 |

| Типи стін | Критерії оцінки життєвого циклу | | | | | |
|----------------|---------------------------------|---|--|---|------------------------------|--|
| | PENRT, МДж/м ² | GWP-total, кг CO ₂ екв./м ² | AP, кг SO ₂ екв./м ² | EP, кг PO ₄₃ /м ² | Маса стіни кг/м ² | Коеф. теплопередачі, Вт/м ² К |
| Стіна А | 2360 | 182,00 | 0,847 | 0,269 | 431,80 | 0,282 |
| Стіна В | 1742 | 129,00 | 0,602 | 0,216 | 129,30 | 0,158 |

$$\Delta = EP - E_{p_{max}} = 26,49 - 38,00 = -11,52 \text{ кВт·год/м}^3 \Rightarrow \text{клас енергоефективності В (-49 ... -10)}$$

Містки холоду



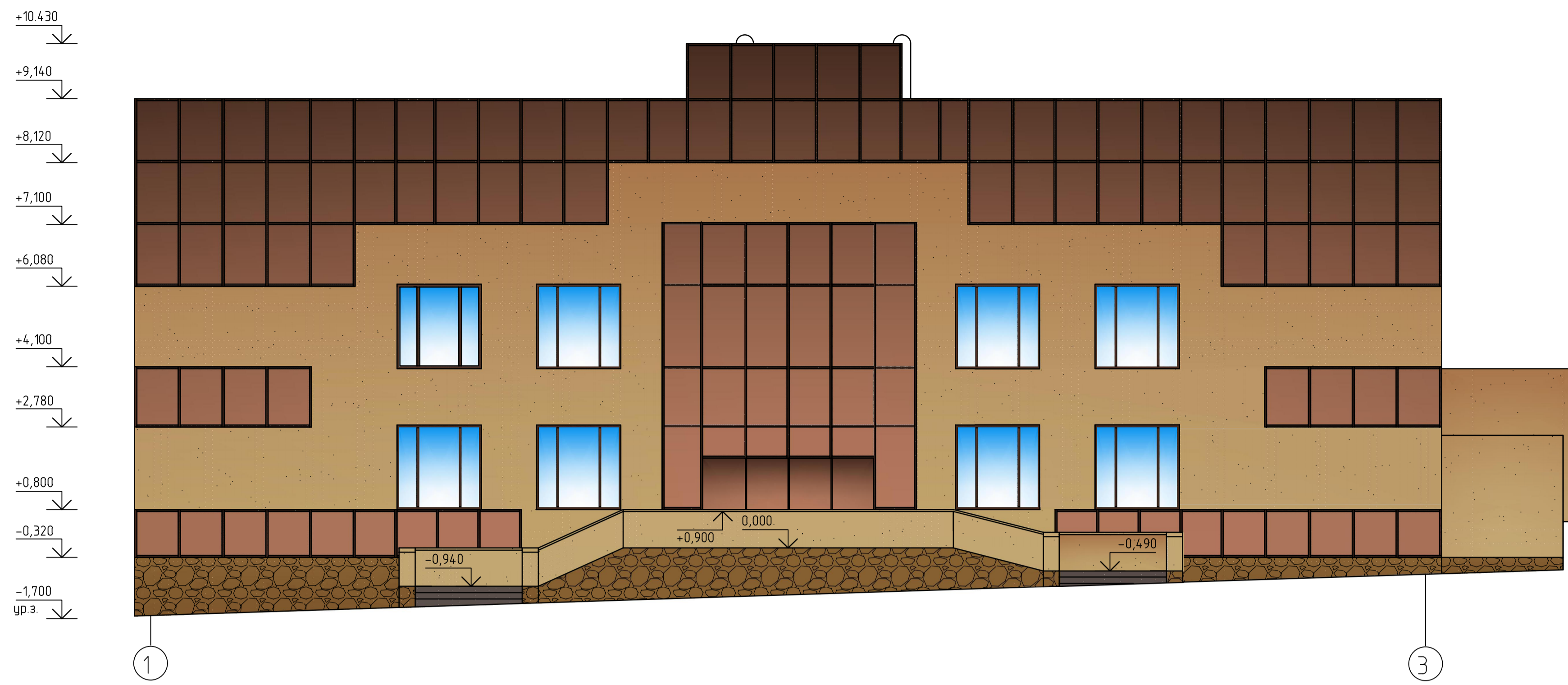
Аналіз моделювання вузла показав, що в місці примикання плити відбуватимуться суттєві коливання температурних полів, що може призвести до втрати теплотехнічних характеристик утеплювача, з подальшим випадінням конденсату, просочуванням вологи у товщу утеплювача та руйнування захисного шару теплоізоляції.

Місця обпирання несучих конструкцій є потенційними містками холоду, які необхідно ефективно захищати, створюючи неперервний контур теплоізоляції. Одним із заходів щодо покращення теплотехнічної неоднорідності конструкцій може бути використання термовкладішів, що влаштовуються у плиті перекриття.

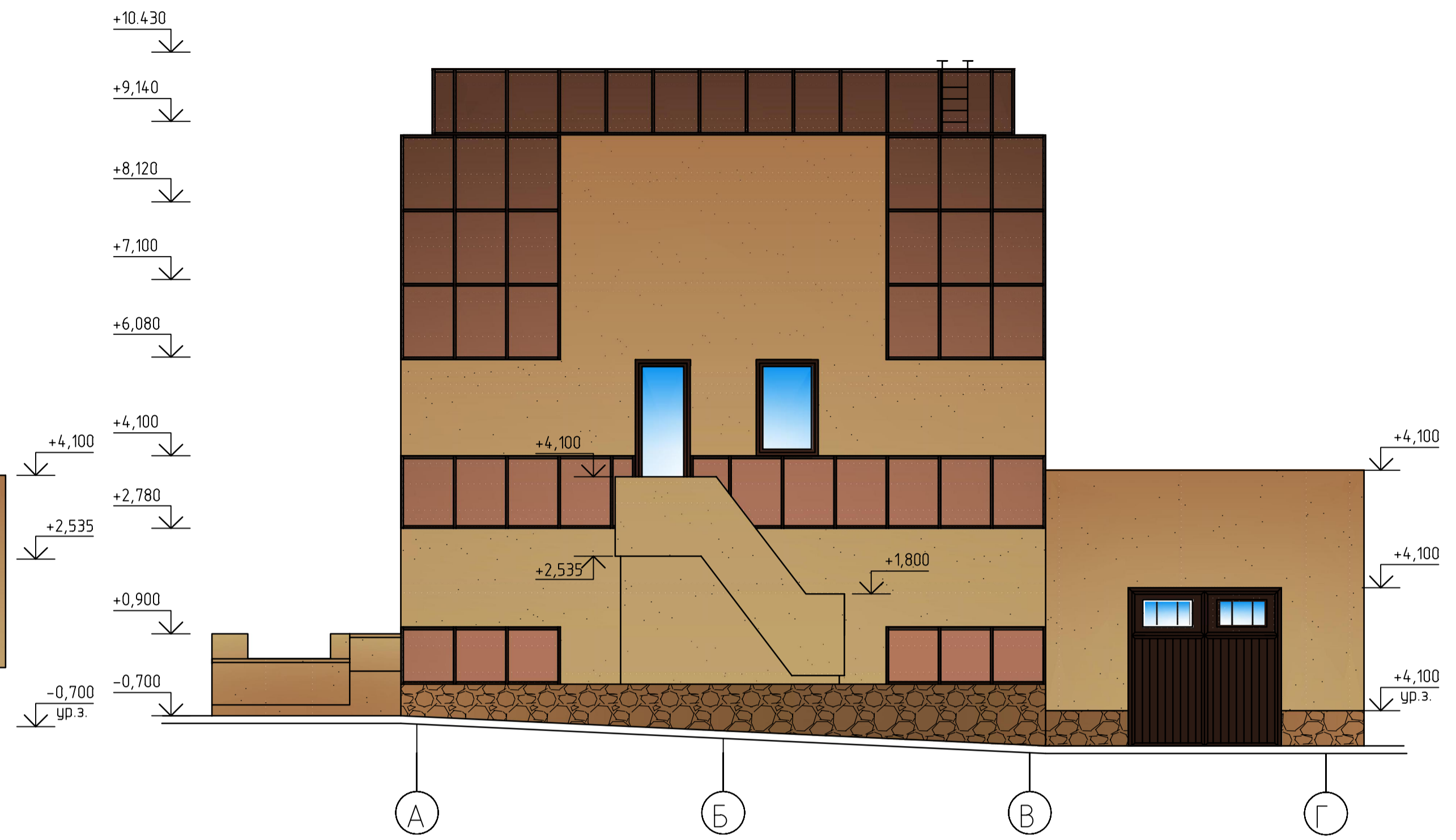
Висновки

- Запропоновано проведення аналізу енергетичної ефективності огорожувальних конструкцій будівлі з використанням технології BIM, яка дозволяє найбільш детально оцінити її енергоефективність, оскільки містить повну інформацію щодо виду огорожувальних конструкцій, кліматичних умов, опалення, вентиляції, освітлення та функціонального призначення приміщень. В розрізі поставленої теми досліджень розглянуто шляхи впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання, загальні підходи в проведенні енергетичних обстежень будівель та запропоновані шляхи удосконалення законодавчо-нормативної бази стосовно енергоефективності будівельного фонду.
- Виконано розрахунок на наявність теплових містків у місцях стикування зовнішніх стін та плит перекриття, що дозволяє ще на етапі розробки проектних рішень оцінити їх раціональність з точки зору виникнення температурних полів при неоднорідних теплопровідних включеннях. Аналіз моделювання вузла обпирання плити перекриття на зовнішню стіну будівлі показав, що в місці примикання плити відбуватимуться суттєві коливання температурних полів, що в довгостроковій перспективі може призвести до втрати теплотехнічних характеристик утеплювача, з подальшим випадінням конденсату, просочуванням вологи у товщу утеплювача та руйнування захисного шару теплоізоляції.
- Місця обпирання несучих конструкцій є потенційними містками холоду, які необхідно ефективно захищати, створюючи неперервний контур теплоізоляції. Одним із заходів щодо покращення теплотехнічної неоднорідності конструкцій може бути використання термовкладишів, що влаштовуються у плиті перекриття. За цією технологією у плиті просвердлюють спеціальні отвори (250 - 400 мм), розміри яких залежать від товщини зовнішньої стіни.
- Для оцінки стану енергоефективності огорожувальних конструкцій була взята BIM-модель адміністративної будівлі, запроектованої у м. Вінниця. Для вибору найбільш оптимальних огорожувальних конструкцій був проведений порівняльний аналіз цегляної стіни товщиною 510 мм та керамічних блоків товщиною 440 мм, який показав доцільність влаштування огорожувальної конструкції стіни з блоків поризованої кераміки типу Porotherm з подальшим додатковим утепленням та влаштуванням вентилязованого фасаду, що дозволяє підвищити клас енергоефективності будівлі за показником розрахункової або фактичної питомої річної енергопотребити будівлі з класу С до класу В. Аналіз потенційних енерговитрат у програмі Archicad проведене порівняння працевитрат та кошторисної вартості.
- Розроблено технологічну карту на зведення цегляного мурування а також на влаштування вентилязованих фасадів, підібрано основний кран для зведення КС - 7361;

ФАСАД 1-3



ФАСАД А-Г



ФАСАД 3-1

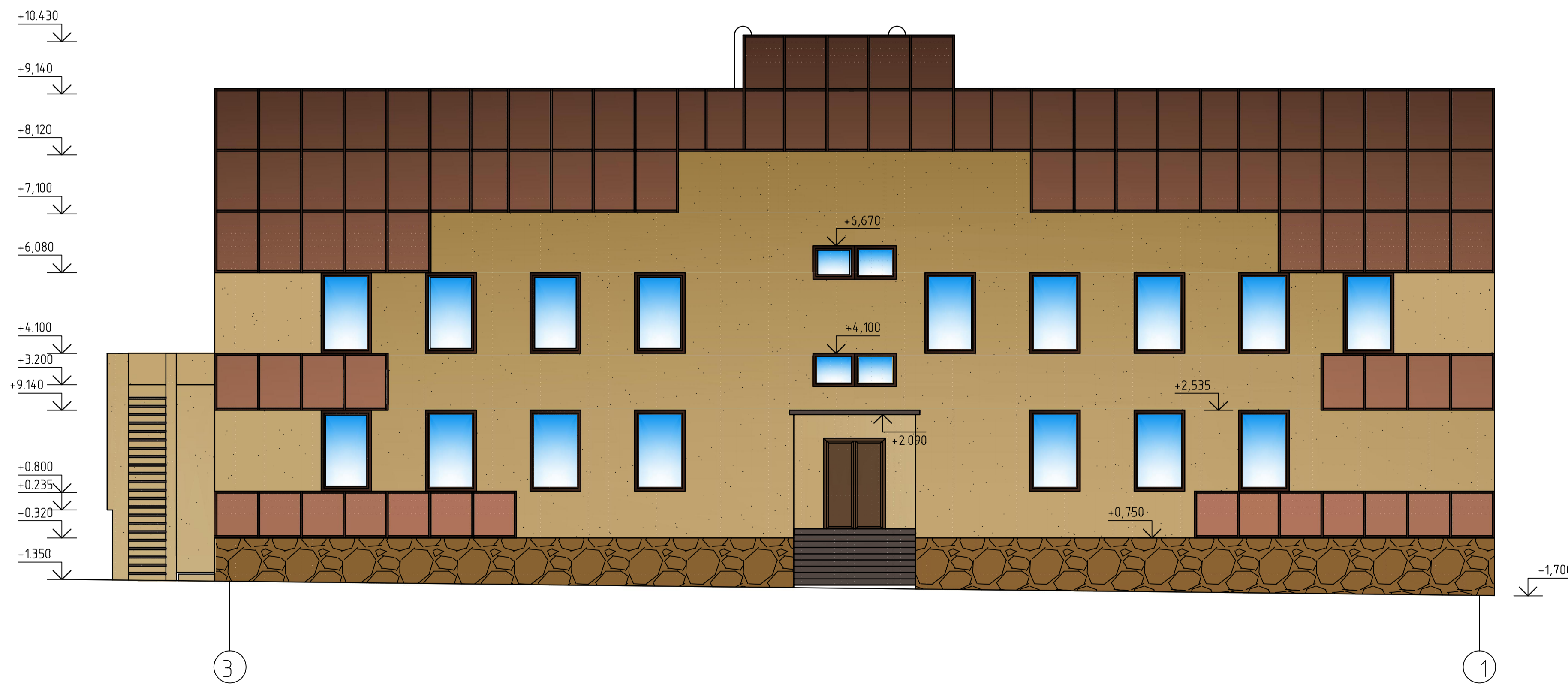
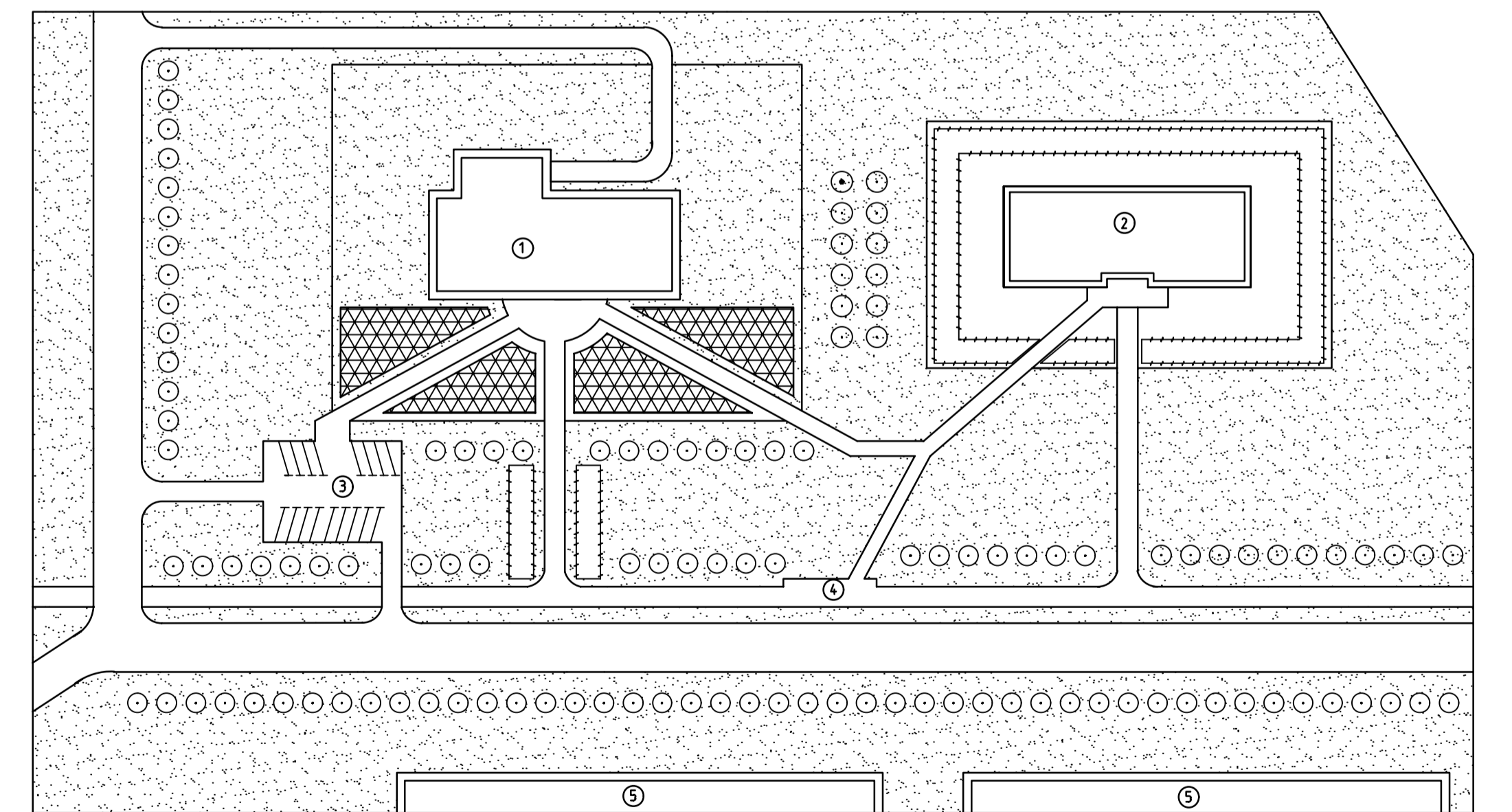
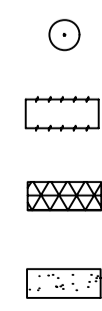


Схема генплана



Умовні позначення
 - листвяне дерево
 - чагарник
 - квіткова клумба
 - газон

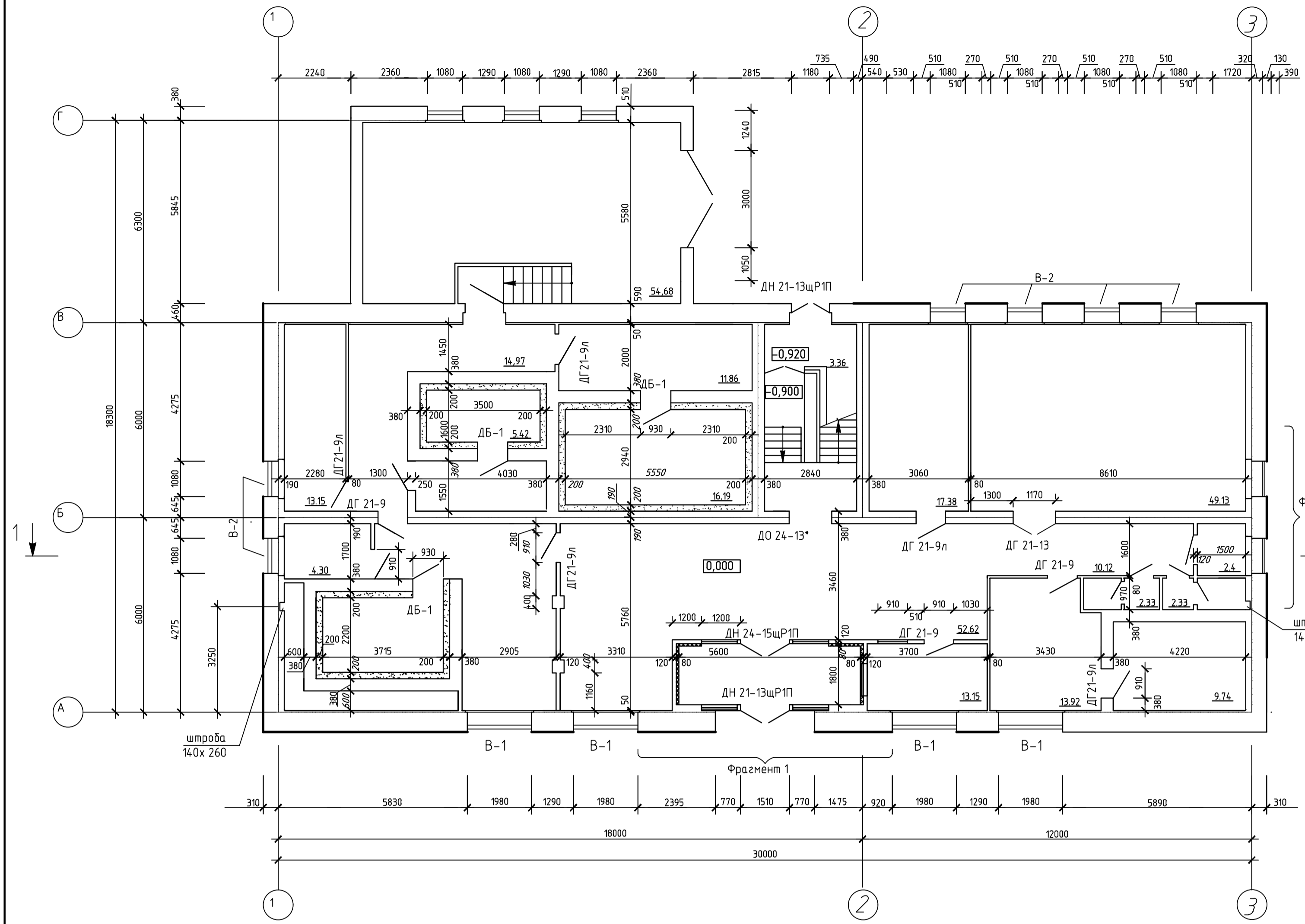


Експлікація будівель та споруд
 1- адміністративна будівля
 2- будівля пошти
 3- автостоянка
 4- зупинка автобуса
 5- житловий будинок

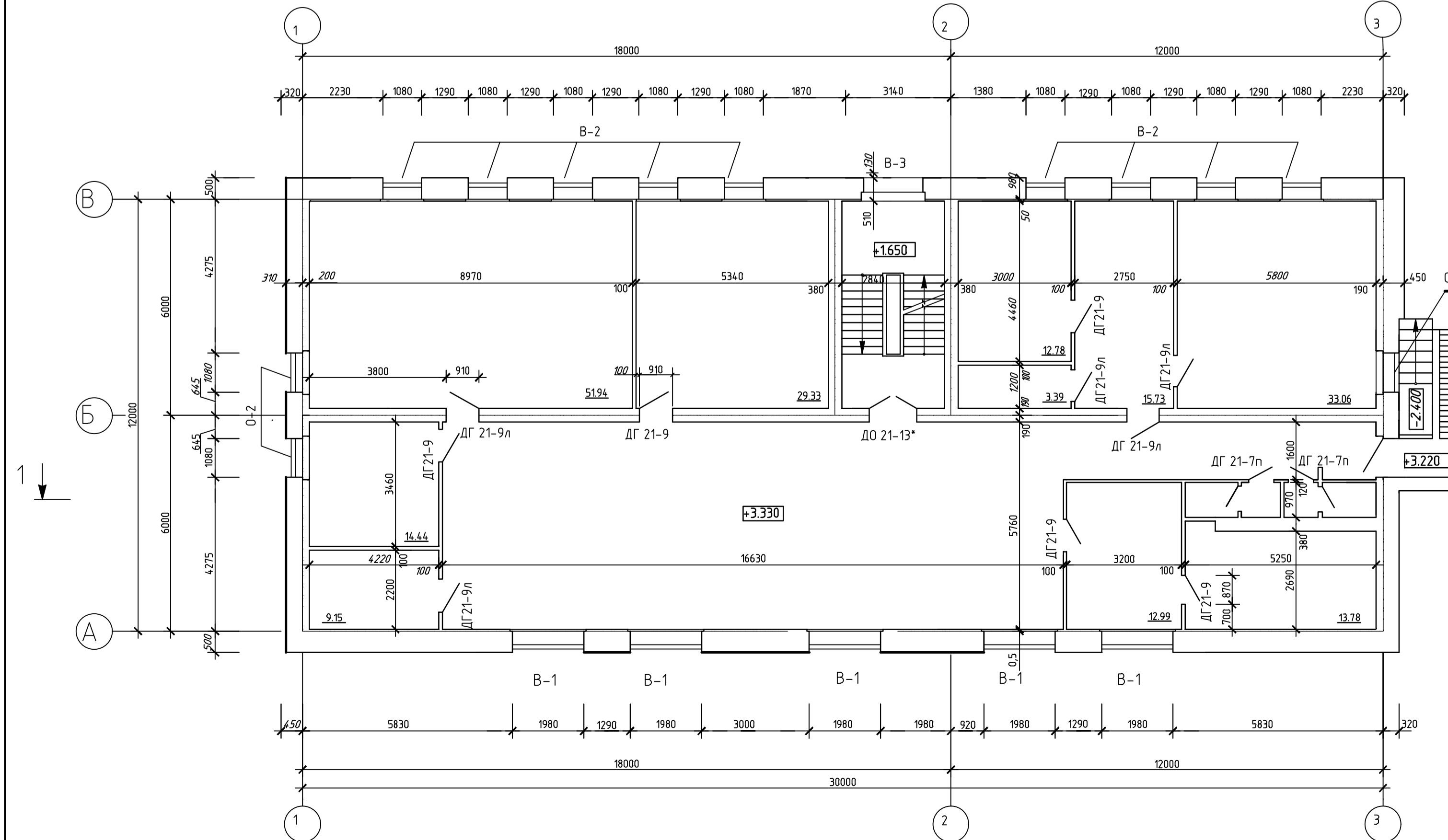
ТЕП
 Площа ділянки 18 360 м²
 Площа забудови 996 м²
 Площа озеленення 1470 м²
 Площа доріг 2660 м²

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------------|------|------|------|------|---|----------|------|------|
| | | | | | | 08-11. МКР.005-АР | | | |
| | | | | | | Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling) | | | |
| Зм | Кільк | Лист | Фвок | Підп | Дата | Архітектурно-будівельний розділ | Сторінка | Аркш | Аркш |
| Виконав | Бачицький С.І. | | | | | | П | 1 | 3 |
| Перевірив | | | | | | | | | |
| Керівник | Бікс Ю.С. | | | | | | | | |
| Н.контр. | Масельська І.В. | | | | | | | | |
| Рецензент | | | | | | Фасад 1-3, фасад 3-1, фасад А-Г, схема генплана, експлікація будівель та споруд | | | |
| Затвердив | Швець В.В. | | | | | ВНТУ, гр. Б-21мз | | | |

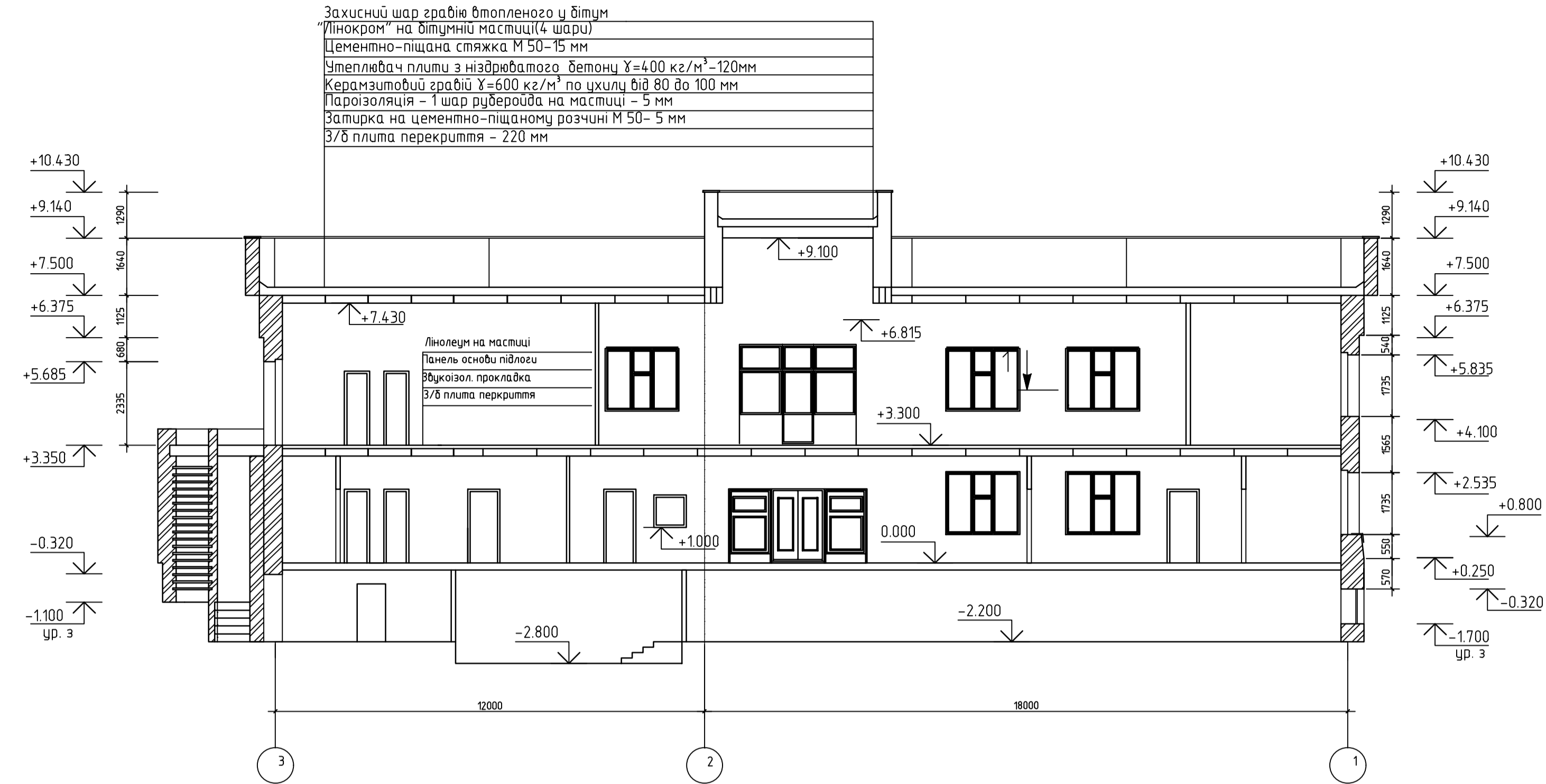
План на відм. 0,000



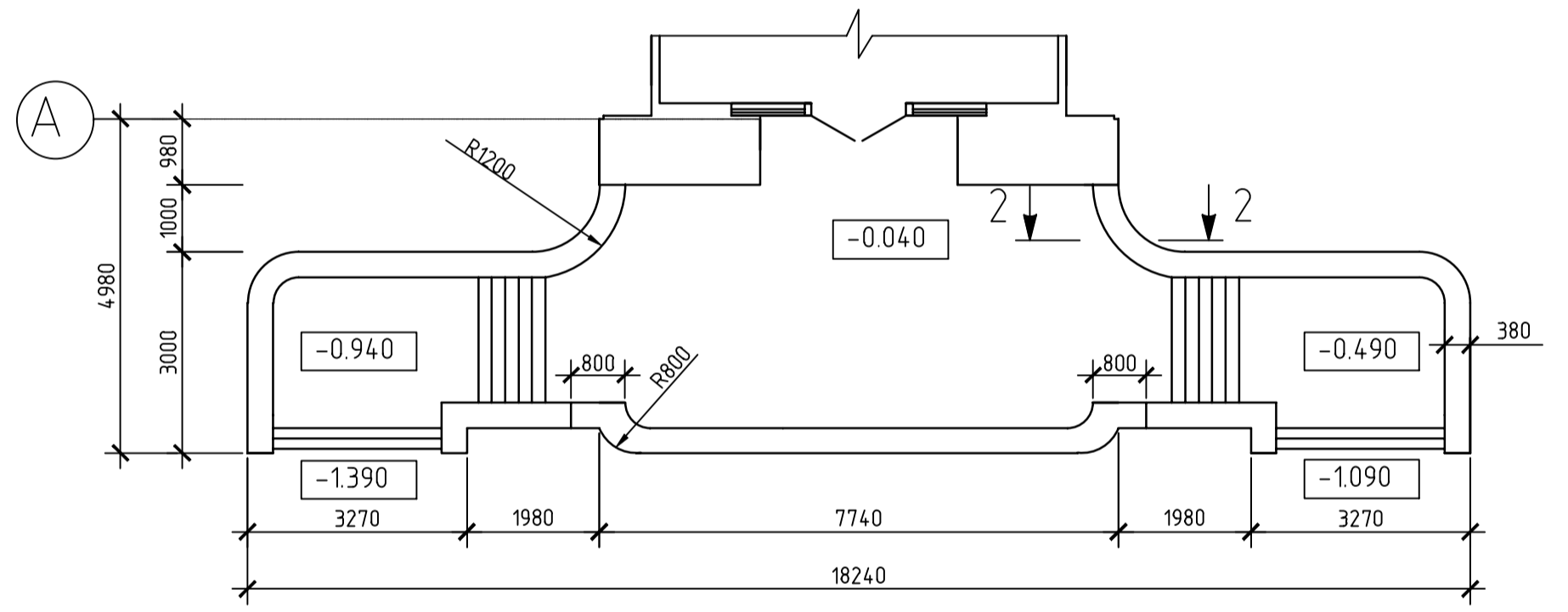
План на відм. +3.300



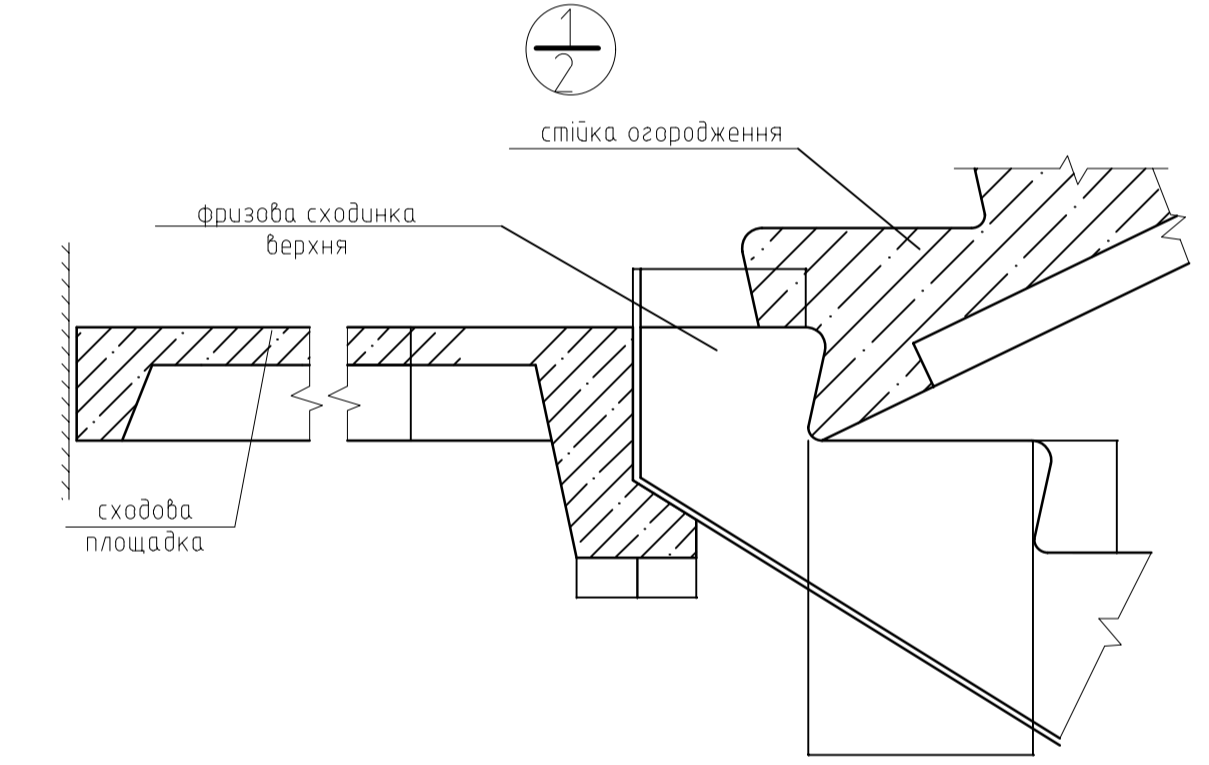
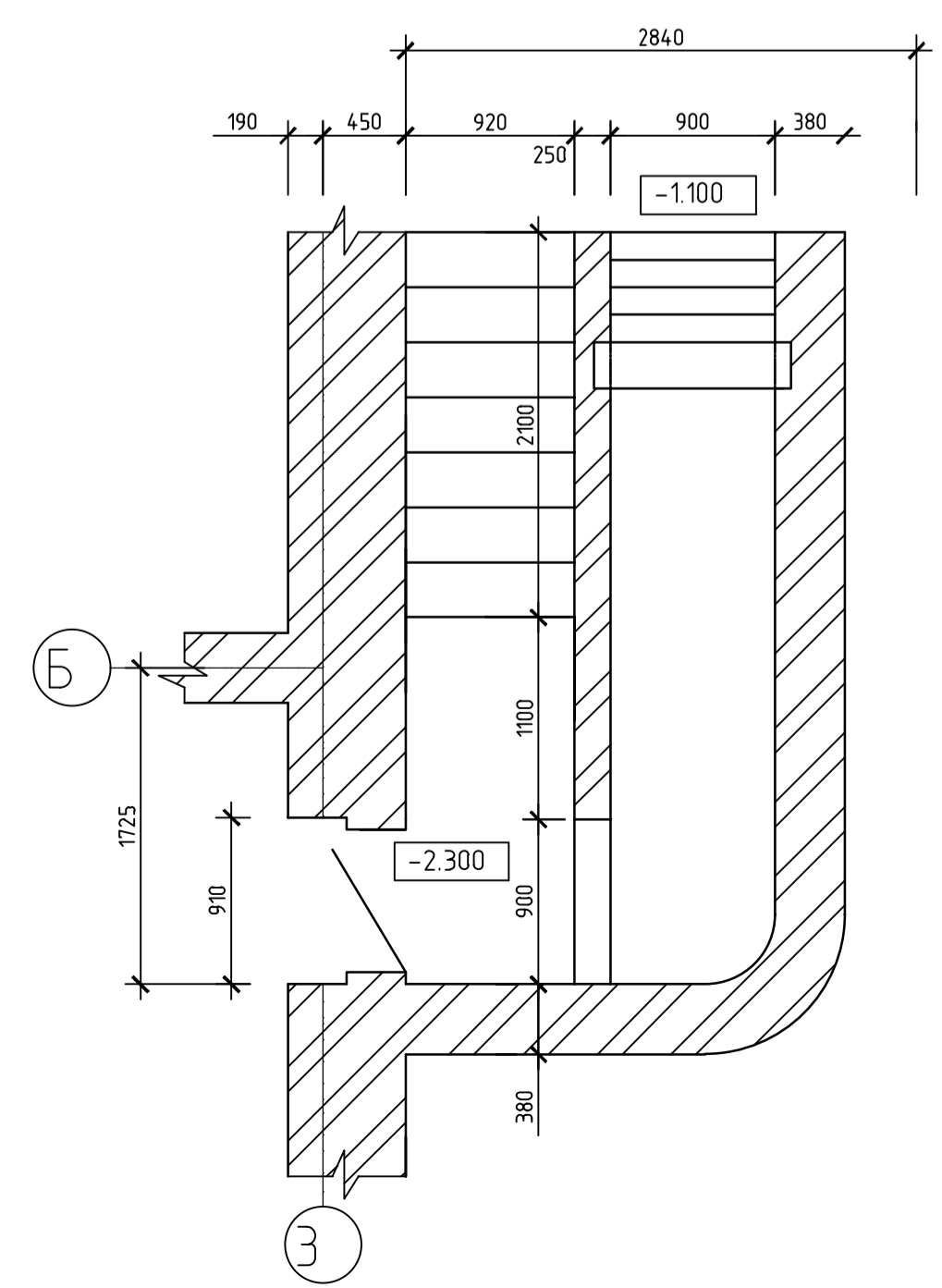
1-1



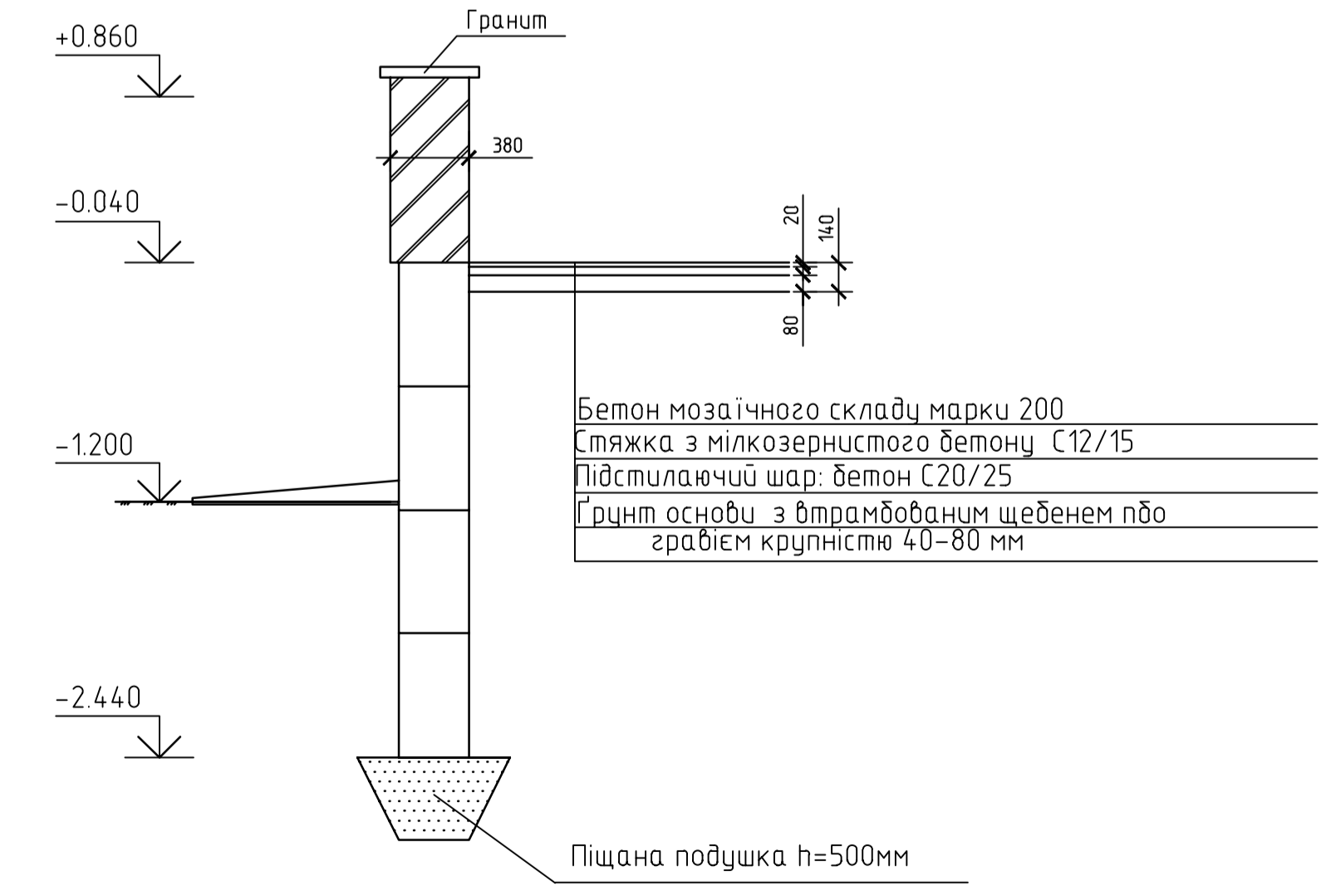
Фрагмент 1



Фрагмент 2



2-2



| 08-11. МКР 005-АБ | | | | | |
|---|-----------------|------|------|------------------|-------------|
| Аналіз енергоєфективності огорожувальних конструкцій гранітських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling) | | | | | |
| Зм | Кільк | Лист | №вок | Підп | Дата |
| Виконав | Бачинський С.І. | | | | |
| Перевірив | Бікс Ю.С. | | | | |
| Керівник | Мавська І.В. | | | | |
| Н.контр. | Мавська І.В. | | | | |
| Рецензент | Швець В.В. | | | | |
| Затвердив | | | | | |
| Архітектурно-будівельний розділ | | | | Стадія | Архив Архив |
| План на відм. 0,000, +3,300, розріз 1-1, фрагмент 1, фрагмент 2, вузол 1 | | | | П | 2 3 |
| | | | | ВНТУ, гр. Б-21мз | |

ВІДГУК ОПОНЕНТА

на магістерську кваліфікаційну роботу

студента Башинського Сергія Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)

Магістерська кваліфікаційна робота Башинського Сергія Івановича присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі – визначенню класу енергоефективності будівлі шляхом побудови та оцінки інформаційної моделі, а також моделюванню та локалізації місць утворення містків холоду у типових вузлах, як потенційних джерел втрати тепла в оболонці будівлі, для покращення їх енергоефективного використання.

Робота є актуальною, відповідає поставленому завданню. Робота містить шість основних розділів.

Перший розділ містить аналіз стану питання щодо впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання, включаючи досвід країн ЄС в даному напрямку. Наведено шлях гармонізації вітчизняної нормативної бази в контексті енергоефективності. Висвітлено дані аналізу експлуатаційних витрат для різних типів будинків за класом енергоефективності, включаючи пасивний будинок. Показано, що суттєве зменшення експлуатаційних витрат можливе лише за комплексного підходу при проектуванні, залученні сучасних підходів для проведення чисельного моделювання на стадії розробки. Наведено огляд комерційних програмних продуктів для виконання енергетичного моделювання будівлі.

Другий розділ роботи містить поглиблений аналіз основних характеристик програм, які використовуються в інформаційному моделюванні будівель. Висвітлено їх слабкі та сильні сторони.

Третій розділ присвячено проведенню чисельного експерименту для визначення різних метрик при визначенні класу енергоефективності будинку в середовищі програмного пакету ArchiCAD. Показано порівняння для двох варіантів стінового огороження – типового та пропонованого. Варто відмітити, що результати проведеного чисельного експерименту дозволили стверджувати, що у пропонованому варіанті багатошарової огорожувальної конструкції клас енергоефективності збільшено з класу «С» (типового) до класу «В» (пропонованого). Додатково наведені результати чисельного моделювання для виявлення характерних теплопровідних включень у вузлах конструкцій.

Четвертий розділ містить архітектурні рішення технічного об'єкта, розробку технологічної карти для зведення будівлі за запропованою огорожувальною конструкцією стіни, також наведено підбір та розрахунок комплексу машин та механізмів для організації будівництва технічного об'єкту.

У п'ятому розділі роботи магістром висвітлено основні питання з охорони праці та життєдіяльності при проведенні будівельно-монтажних робіт з урахуванням технологічних особливостей процесу.

У шостому розділі магістрантом обчислено економічний ефект від реалізації пропонованого варіанту багатошарової огорожувальної конструкції стіни.

Практична цінність роботи полягає у тому, що пропонований підхід для оцінки енергоефективності дозволяє оперативно визначити доцільність основних

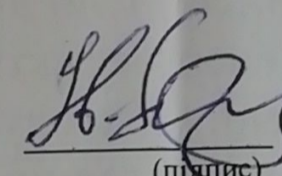
архітектурних та інженерних рішень в контексті енерговитрат при виборі багатoshарових конструкцій зовнішнього стінового огороження, а також комплексно оцінити витрати енергії для заданого варіанту стінового огороження протягом усього життєвого циклу будівлі. Це дозволяє обґрунтовано обирати конкретний варіант стінового огороження.

До основних недоліків роботи можна віднести відсутнє порівняння результатів моделювання класу енергоефективності будівлі з іншими аналогічними розрахунковими програмними комплексами.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів магістерська кваліфікаційна робота Башинського Сергія Івановича "Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)" є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «А» (90) – відмінно.

Опонент

К.т.н. Проф. Кадр ІСБ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

Шай С. В.
(ініціали, прізвище)

М.П.

Печатка установи, організації опонента

ВІДГУК

керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента Башинського Сергія Івановича

(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему: Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)

Робота магістра Башинського Сергія Івановича присвячена вирішенню важливої науково-практичної задачі – визначення класу енергоефективності будівлі шляхом побудови та оцінки інформаційної моделі, локалізація місць утворення містків холоду у типових вузлах, як потенційних джерел втрати тепла в оболонці будівлі, для покращення їх енергоефективного використання.

Робота є актуальною, відповідає поставленому завданню. Робота містить шість основних розділів.

Перший розділ присвячено аналізу стану питання щодо впровадження енергоощадних технологій за допомогою інформаційного моделювання, охоплено досвід ЄС в даному напрямку. Розглянуто шлях гармонізації вітчизняних норм у галузі енергоефективності при проектуванні будівель. Висвітлено аналіз експлуатаційних витрат для різних типів будинків за класом енергоефективності, включаючи пасивний будинок. Показано, що суттєве зменшення експлуатаційних витрат можливе лише за комплексного підходу при проектуванні, залученні сучасних підходів для проведення чисельного моделювання на стадії розробки. Магістром проведено дослідження у галузі нормативної бази з питань енергоефективності, показано ключові етапи становлення вітчизняної бази для проектування енергоефективних рішень огорожувальних конструкцій. Наведено огляд сучасних програмних продуктів для виконання енергетичного моделювання будівлі.

У другому розділі магістром наведено переваги та недоліки програмних продуктів, які є наявними на ринку інформаційного моделювання будівель. Висвітлено слабкі та сильні сторони основних пакетів програм.

У третьому розділі проведено чисельний експеримент з визначення багатокритеріальних метрик при визначенні класу енергоефективності будинку в середовищі програмного пакету ArchiCAD. Показано порівняння для двох варіантів стінового огороження – типового та пропонованого. Результати проведеного чисельного експерименту дозволили збільшити клас енергоефективності з класу «С» до класу «В». Додатково окреслено підхід для виявлення характерних теплопровідних включень у вузлах конструкцій.

Четвертий розділ містить архітектурні рішення технічного об'єкта, розробку техкарти для влаштування пропонованої огорожувальної конструкції стіни, вибір та розрахунок комплекту машин та механізмів для організації будівництва технічного об'єкта.

П'ятий розділ роботи присвячено основним питанням охорони праці та життєдіяльності при проведенні будівельно-монтажних робіт з урахуванням технологічних особливостей процесу.

У шостому розділі магістрантом обчислено економічну складову для влаштування двох варіантів багат шарової огорожувальної конструкції стіни.

Практична цінність роботи полягає у тому, що пропонований підхід для оцінки енергоефективності дозволяє максимально швидко оцінити доцільність

передпроектної проробки основних архітектурних та інженерних рішень при виборі енергоефективного багат шарового конструктиву зовнішнього стінового огороження, а також оцінці витрат енергії для заданого варіанту стінового огороження протягом усього життєвого циклу будівлі. Це дозволяє більш об'єктивно робити вибір конкретного варіанту стінового огороження.

За час виконання магістерської роботи Башинський С. І. показав самостійність у опрацюванні рекомендованої літератури, проведенні змістовного аналізу джерел та проведенні числового експерименту з опрацюванням вищезазначених критеріїв оцінювання. Окрім цього, опрацьований під час написання роботи матеріал було апробовано у вигляді тез на конференції ВНТУ.

До основних недоліків роботи можна віднести наступні: відсутність порівняння результатів моделювання енергоефективності будівлі з іншими результатами розрахунку у аналогічних програмних комплексах.

За актуальністю теми, обсягом виконаних досліджень, новизною, теоретичною і практичною цінністю результатів магістерська кваліфікаційна робота Башинського Сергія Івановича “ Аналіз енергоефективності огорожувальних конструкцій громадських будівель в контексті використання BIM-технологій (Building Information Modeling)” є завершеною науковою роботою, відповідає вимогам до кваліфікаційних робіт на здобуття наукового ступеня магістра зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія за освітньо-професійною програмою підготовки «Промислове та цивільне будівництво», а її автор заслуговує на оцінку «А» (90) – відмінно.

Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи

Доцент, к. т. н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Бікс Ю. С.

(ініціали, прізвище)