

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ**  
**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра промислового та цивільного будівництва**

**Кваліфікаційна робота/проект**

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: «Підвищення ефективності будівництва об'єктів цивільної

інфраструктури за рахунок BIM-моделювання»

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1922– пцб-дн

спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

Гладиш Євген Олексійович

(прізвище та ініціал)

Керівник професор, д.т.н. Аругюнян І.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

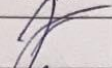
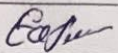
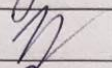
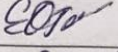
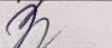
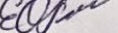
Рецензент професор, д.е.н. Анін В. І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2023 року



## 6. Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Арутюнян І.А. , д.т.н.. проф.		
Розділ 2	Арутюнян І.А. , д.т.н.. проф.		
Розділ 3	Арутюнян І.А. , д.т.н.. проф.		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

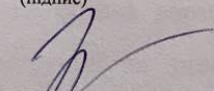
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	ВІМ – інформаційне моделювання в будівництві		
2.	Програмне забезпечення для будівельної індустрії на основі –ВІМ		
3.	Технологія систем кріплення зовнішньої теплоізоляції (CERESIT) будинків за допомогою ВІМ		

Студент

  
 (підпис)

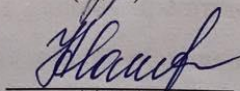
 Гладиш Є.О.  
 (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту

  
 (підпис)

 Арутюнян І.А.  
 (прізвище та ініціали)

 Нормоконтроль пройдено  
 Нормоконтролер

  
 (підпис)

 Данкевич Н.О.  
 (прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Гладиш Євген Олексійович. Підвищення ефективності будівництва об'єктів цивільної інфраструктури за рахунок BIM-моделювання.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Арутюнян І.А. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2023.

Якщо розглядати проектне середовище, то ми рухаємось швидко – в ногу з часом. Щорічно BIM моделювання освоюють дедалі більше проектних організацій, щоб мати конкурентну перевагу. Але на стадії використання BIM моделей у будівництві та експлуатації поки що рухаємось повільно. У замовників не сформовано вимог до BIM моделей, немає розуміння їх подальшого використання. Але загалом бачу перспективи розвитку на Україні, згодом ситуація вирівнюється.

BIM – Building Information Model, або повна інформаційна модель будівлі, що включає інформацію про об'єкт з моменту створення проекту до введення його в експлуатацію. Побудова інформаційної моделі будівлі дозволяє на етапі проектування оцінити ефективність інвестицій на всіх етапах її життєвого циклу. Адекватна оцінка вартості не тільки зведення будівлі, а й її експлуатації, реконструкції та зносу зробить очевидними переваги якісніших матеріалів та рішень. Зрештою їх вибір може призвести до економії на ремонтах та експлуатації, підвищення енергоефективності та довговічності.

Ключові слова: BIM, моделювання, проект, цивільне будівництво, технологія.

Список публікацій магістранта:

1. Гладиш Є.О., Арутюнян І.А Підвищення ефективності будівництва об'єктів цивільної інфраструктури за рахунок BIM-моделювання. *Збірник*

*наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ»*. Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.

## ABSTRACT

Gladish Y. O. Increasing the Efficiency of Construction of Civil Infrastructure Objects Due to BIM Modeling

Qualifying graduation thesis for obtaining the degree of master of higher education in specialty 192 – Construction and civil engineering, academic supervisor I.A. Arutyunyan, Engineering Educational and Scientific Institute of Zaporizhzhya National University, 2023.

If we consider the project environment, we are moving quickly - keeping up with the times. Every year, more and more design organizations master BIM modeling in order to have a competitive advantage. But at the stage of using BIM models in construction and operation, we are still moving slowly. Customers have not formed requirements for BIM models, and have no understanding of their further use. But in general, I see prospects for development in Ukraine, and over time the situation will level out.

BIM - Building Information Model, or a complete information model of a building, including information about the object from the moment the project is created until it is put into operation. The construction of a building information model allows, at the design stage, to evaluate the effectiveness of investments at all stages of its life cycle. An adequate assessment of the cost of not only the construction of a building, but also its operation, reconstruction and demolition will make the advantages of better materials and solutions obvious. Ultimately, their choice can lead to savings on repairs and operation, increased energy efficiency and durability.

Key words: BIM, modeling, project, civil construction, technology.

Список публикаций магистранта:

1. Гладиш Є.О., Арутюнян І.А Підвищення ефективності будівництва об'єктів цивільної інфраструктури за рахунок BIM-моделювання. *Збірник наукових праць III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ СТАЛОГО НАУКОВО-*

*ТЕХНІЧНОГО ТА СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНІВ  
УКРАЇНИ». Запоріжжя: ІННІ ЗНУ, 2023.*



## ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП.....	10
1. BIM – ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ....	12
1.1 Поняття що таке BIM?.....	12
1.2 Введення в BIM технологію.....	14
1.3 BIM (Building Information Modeling): новаторське та ефективне моделювання.....	16
1.4 Проектування, планування та реалізація з використанням BIM технології .....	16
1.5 Оптимізація та спрощення будівельних процесів.....	20
1.6 Цифрове моделювання та продуктивність праці.....	21
1.7 Від довіри до якості та успіху .....	22
2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ НА ОСНОВІ – BIM.....	23
2.1 BIM-технологія та креслення.....	23
2.2 Особистий досвід .....	24
2.3 Робоча документація – модель, а не креслення .....	25
2.4 Технологічність у повсякденній роботі .....	27
2.5 Справді технологічний процес виконання робіт.....	28
2.6 Економія часу та грошей завдяки точним даним .....	30
2.7 Відкритий підхід до BIM - найкращий спосіб взаємодії .....	34
3. ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМ КРІПЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ (CERESIT) БУДИНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM.....	41
3.1 Загальні положення та класифікація системи, та сфера її застосування.....	41
3.2. Вимоги до системи, окремих її елементів та матеріалів .....	46



3.3	Нормативне значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій та дані щодо товщини шару теплоізоляції .....	48
3.4	Схеми типових конструктивно-технологічних рішень.....	51
3.5	Улаштування системи теплоізоляції .....	65
3.6	Методи контролю якості робіт.....	74
3.6	Техніка безпеки та охорона праці.....	76
3.7	Проектування огорожувальних конструкцій будинків за теплотехнічними показниками їх елементів за допомогою ВІМ. Програма «Теремок».....	76
	ВИСНОВКИ.....	84
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

## ВСТУП

**Актуальність теми:** В даний час активно розвиваються засоби автоматизованого проєктування (ЗАПР), що не може позначатися на ефективності та різноманітності реалізації будівельних процесів. Серед широкої гами представлених варіацій ЗАПР особливе місце зараз займає просування інтелектуального, а точніше інформаційного проєктування. BIM (з англійської Building Information Modeling), а саме інформаційне моделювання будівель володіє рядом незаперечних переваг у порівнянні з системою САД (з англійського Computer-Aided Design). Також BIM-технології мають значну функціональність, тому що їх застосування доцільно не тільки на стадії проєктування, але і на стадіях будівництва та експлуатації будівель і споруд.

**Мета** науково-дослідної роботи полягає у розробці автоматизованої методики управління проєктом на основі BIM-моделі.

Досягнення поставленої мети сформульовано наступні задачі:

- аналіз практичного та теоретичного досвіду в галузі інформаційного моделювання на різних стадіях будівельного виробництва;
- розробка багатфакторної інформаційної моделі житлового багатоквартирного будівництва;
- визначення переліку експлуатаційних характеристик будівлі, що служать основою для подальшого контролю отриманих висновків;
- проєктування системи автоматизованої експлуатації об'єкта, отримання відповідних висновків.

**Об'єкт дослідження** служить інформаційна модель будівництва.

**Предметом дослідження** - застосування інформаційної моделі для оптимізації процесів технічної експлуатації.

**Наукова новизна** - планується розробити алгоритм операцій з організації технічного обслуговування на об'єктах масової забудови,

адаптований для різних ситуацій, а саме блок-схему функціональних процесів, пов'язаних у режимі реального часу з базою даних інформаційної моделі. Надалі, отримані результати можуть бути використані як базова методика для організації злагодженого функціонування експлуатаційних процесів.

**Методи проведення дослідження** Поставлені завдання були реалізовані за допомогою застосування теоретичних, емпіричних та загальнологічних методів дослідження, таких як ідеалізація та формалізація, метод сходження від абстрактного до конкретного, історичний та логічний методи, опосередковане спостереження, якісний опис, аналіз та синтез, а також моделювання.

**Теоретична значимість дослідження** Проведена дослідницька робота дозволяє виявити переваги використання інформаційного моделювання будівель для стадії експлуатації об'єкта, розроблена базова методика організації функціональних процесів може сприяти.

**Структура і об'єм магістерської роботи.** Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, виводів, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає \_\_\_\_ сторінок тексту, у тому числі \_\_\_\_ рисунків, \_\_\_\_ таблиць. Список використаних джерел містить \_\_\_\_ найменувань

# 1 BIM – ІНФОРМАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

## 1.1 Поняття що таке BIM?

Визначення BIM (англ. Building Informational Modeling – Інформаційне Моделювання Будинків).

«З технологією BIM передбачається побудова однієї чи кількох точних віртуальних моделей споруд у цифровому вигляді. Використання моделей полегшує процес проектування всіх етапах будівництва, забезпечуючи більш ретельний контроль проти ручними процесами.

Детально опрацьовані інформаційні моделі містять точні дані про геометрію та всі необхідні дані для монтажу, виготовлення та виконання робіт протягом усього процесу будівництва» (рис1.1).



Рисунок 1.1 – BIM – інформаційне моделювання будинків

Це визначення BIM, взяте з книги Handbook of BIM (Істман, Тайхольц, Сакс і Лістон, 2011 р.), містить багато від технологій до повного процесу будівництва.

Взаємодія між різними учасниками проекту, як правило, стає ланкою.

Проектування, будівництво та експлуатація будівель коштують дорожче. Нам потрібно удосконалити організацію спільної роботи між усіма учасниками будівництва.

Так, у США дослідження, проведене Національним інститутом стандартизації та технології (NIST), показує, що рівень взаємодії між учасниками проекту обходиться власникам у додаткові мільярди доларів щороку. Галузь безперечно отримує прибуток із впровадження технології BIM для поліпшення взаємодії та управління інформацією у будівництві.

## **1.2 Введення в BIM технологію**

За рахунок BIM з'являється можливість автоматизації використання інформації, яка створюється вже на етапі, коли ви отримуєте двомірні креслення. Так як BIM – це метод наскрізного моделювання споруд в одній базі даних елементів з доступом на будь-якому етапі проекту, а креслення – це інженерний інструмент на етапі проектування. За рахунок такого підходу на етапі випуску робочої документації та координації проекту стає вигідніше працювати саме з інформаційними моделями, а не кресленнями. BIM технологія забезпечує точність інформації при великих обсягах даних і передбачає сумісність різних платформ BIM, модулів і не тільки. Україна підтримує відкритий підхід BIM та створення справді технологічних моделей, тим самим забезпечуючи ефективний робочий процес на основі інформаційної моделі (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – BIM – ефективний робочий процес на основі інформаційної моделі

### Переваги BIM

Такі компанії, як AFRY, APEX, застосовують технологію BIM та повідомляють про переваги, які вони спостерігають при управлінні проектами, складанні календарного планування робіт, проведенні розрахунків та управлінні ризиками – взаємодія відбувається більш злагоджено на різних етапах проекту, в т.ч. для організації виробництва. Робочий процес, в основі якого інформаційна модель, дозволяє перевірити інженерні рішення заздалегідь (до того, як споруда буде побудована): завдяки технологічній моделі ви отримуєте віртуальний прототип споруди. Учасники проекту мають доступ до точних та повних даних для прийняття обґрунтованих рішень та порівняння витрат, термінів та інших параметрів з альтернативними варіантами проектування (рис. 1.3 а, б).

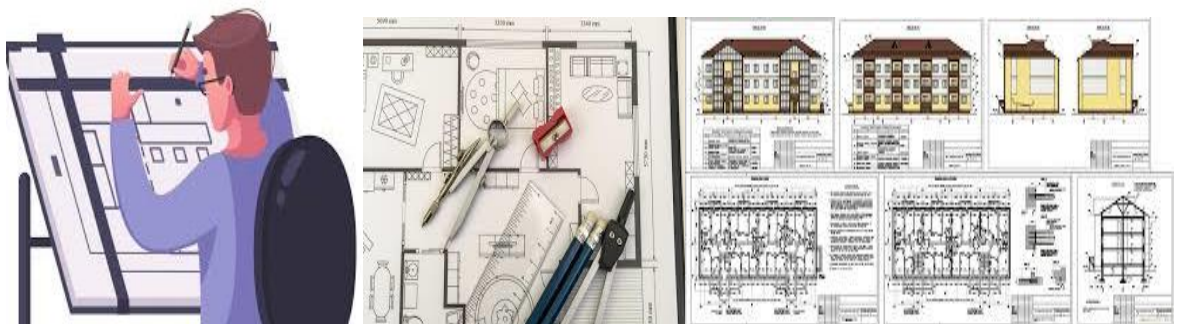


Рисунок 1.3 – Проект, до впровадження BIM технології

а) креслення від руки

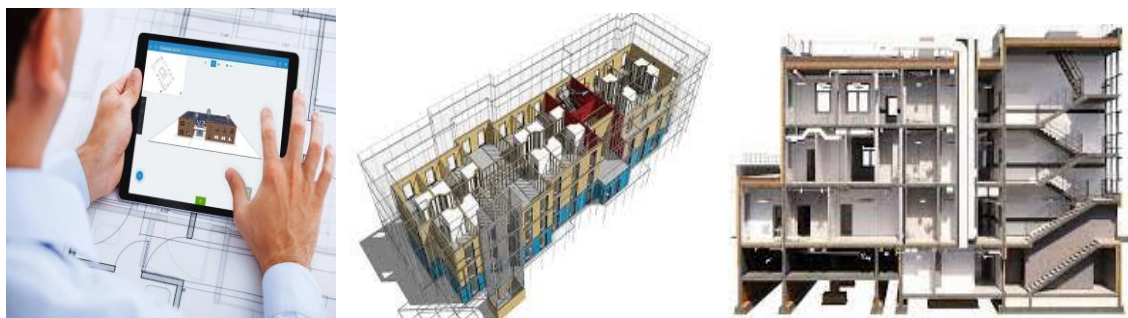


Рисунок 1.3 – Проект, із застосуванням BIM технології

б) креслення у програмі ARCHICAD 24 - GRAPHISOFT Center Ukraine

3D моделювання

Великі компанії та проектні інститути виділяють переваги BIM технології:

- виконання проектів у рамках календарного планування (без простоїв та виправлень помилок на будмайданчику);
- чітке складання розрахунків та аналізу ризиків на ранніх етапах проекту (починаючи з підготовки до проектної документації);
- підвищення якості робочої документації.

Не всі 3D-моделі – це BIM

Не всі традиційні програмні рішення для моделювання та підготовки робочої документації можуть відповідати підходу BIM. І ось чому тривимірна модель не містить атрибутів об'єктів або того, що дозволяє вносити зміни в одному плані, і автоматично не відображає це в інших планах. За тривимірним зображенням має бути деталізація елементів та їх атрибутивна частина, забезпечуючи асоціативний зв'язок із робочою документацією – кресленнями, різними відомостями та ін. для монтажу, виготовлення та постачання.



### **1.3 BIM (Building Information Modeling): новаторське та ефективне моделювання**

Оцифрування стає невід'ємною частиною дедалі більшої кількості процесів та предметних областей. Особливо коли йдеться про спільну роботу команди, оцифрування відкриває нові можливості. Спільні проекти можна краще планувати, структурувати та реалізовувати.

Сучасні цифрові технології дають компаніям безліч переваг. Однією з таких технологій є BIM. Вона дозволяє зробити великий крок уперед у моделюванні будівельних об'єктів. Тепер проекти можна проектувати віртуально, а помилки виявляти заздалегідь. BIM також значно покращує постійний обмін інформацією між усіма учасниками проекту протягом усього процесу планування. У цій статті ми пояснюємо, чому BIM може стати революційним інструментом для швидкого розвитку вашої компанії.

### **1.4 Проектування, планування та реалізація з використанням BIM технології**

BIM (інформаційне моделювання будівель) – це технологія моделювання, яка передбачає створення інтелектуальної 3D-моделі будівельного об'єкта з використанням програмного забезпечення BIM (рис. 1.4 та 1.5). 3D-модель дозволяє координувати та моделювати процеси та етапи будівництва протягом усього життєвого циклу проекту: від планування та проектування до будівництва, експлуатації, технічного обслуговування та зносу.

Завдяки такому детальному та комплексному плануванню проекту всі учасники завжди в курсі останніх подій. Крім іншого, краще розрахувати час

завершення проекту, заздалегідь визначити джерела помилок, а витрати можна відображати прозоріше. Але навіть після завершення проекту управління, інтервали технічного обслуговування та інформація про несправності можуть бути відображені та задокументовані за допомогою методу BIM.

Комплексність цифрового планування для оптимізації спільної роботи.

Спілкування учасників – у центрі уваги.

За допомогою BIM технології можна планувати та документувати проекти будівель та інфраструктури. Кожна деталь об'єкта, незалежно від розміру, моделюється за допомогою BIM. Таким чином, можна створювати гнучкі візуалізації, щоб, наприклад, органи влади, власники будівель, фахівці з планування чи будівельні компанії могли отримати наочне уявлення про те, як виглядатиме проект після завершення будівельних робіт.

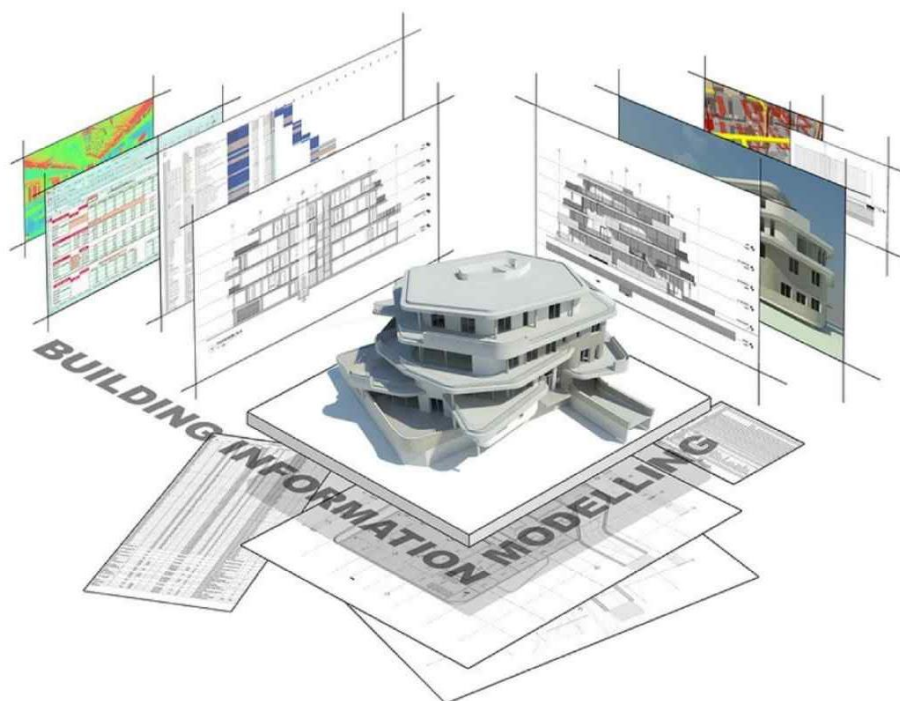


Рисунок 1.4 – BIM-технологія в проектуванні

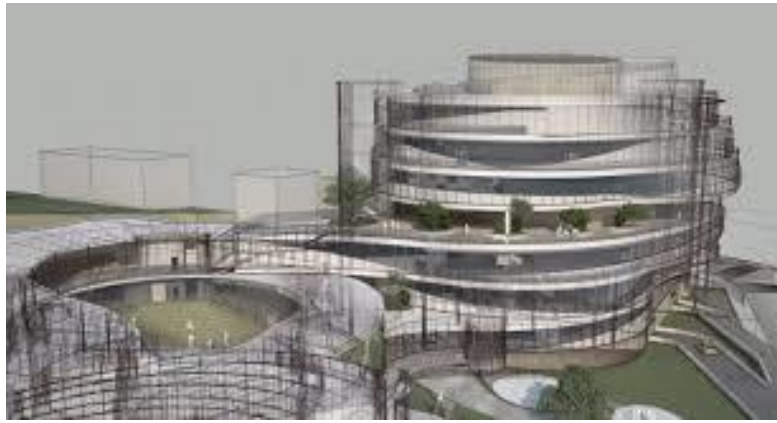


Рисунок 1.5 – Використання 3D-моделі будівельного об'єкта доповненої реальності в будівництві

Технологія BIM дозволяє всім задіяним проектним та будівельним спеціалістам працювати більш ефективно та з меншими витратами, а також дає можливість розміщувати всю інформацію, необхідну для подальших робіт з експлуатації та технічного обслуговування протягом усього життєвого циклу будівельного об'єкту. Кожна зміна будівельного проекту може бути проаналізована ще на етапі планування та зафіксована для інформування та використання всіма учасниками проекту. Це забезпечує прозорість проекту з погляду планування робіт та витрат.

Завдяки різним можливостям BIM-моделі можна будь-коли отримати всі відповідні дані проекту, такі як витрати, терміни та обсяги.

Переваги планування та реалізації проектів з використанням BIM:

- висока надійність планування;
- збільшення ефективності та якості;
- оптимізація витрат;
- централізоване керування даними;
- прозора комунікація;
- найкращий інструмент для спільної роботи для всіх учасників проекту;
- найкращий обмін досвідом;
- підвищення безпеки;

- скорочення виправлень на етапі реалізації;
- більш детальне проектування;
- автоматична документація;
- підвищення ефективності всіх етапах будівництва;
- помилки планування видно вже на етапі проектування;
- відповідальні сторони проекту безпосередньо інформуються;
- зміни імпортується в модель, і проектні групи, що беруть участь, автоматично інформуються про них.

Для яких галузей цікава технологія BIM?

BIM забезпечує явну конкурентну перевагу та є важливим кроком на шляху до цифровізації.

Метод BIM підходить для проектів будь-якого масштабу. При використанні BIM проєктувальники окремих дисциплін працюють над власною моделлю. На певних етапах окремі моделі поєднуються в загальну координаційну модель.

Метод BIM особливо корисний для таких галузей:

- будівництво та нерухомість;
- архітектура та інженерія;
- будівельні послуги та управління об'єктами;
- цивільне будівництво;
- дорожньо-будівельне планування.

Кожна галузь і кожна компанія схильні до постійних змін, що сприяє зростанню цифровізації. У всіх областях сучасні цифрові технології пропонують величезну конкурентну перевагу, що дозволяє реалізовувати проекти швидше, з меншими витратами та відповідно до плану. BIM дозволяє компаніям зробити серйозний крок до цифровізації (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – 5D BIM-модель у загальному середовищі даних для виконання розбивки послідовності будівельних робіт

## 1.5 Оптимізація та спрощення будівельних процесів

Взаємодія між усіма учасниками проекту в будівельній галузі можна назвати ключовим фактором, необхідним для успішної організації процесу – від задуму до здачі об'єкта в експлуатацію. І тут застосування технології інформаційного моделювання (BIM-технології) виводить роботу проектної групи на новий рівень ефективності, у тому числі налагодивши внутрішню комунікацію. Адже проект не може стати високоефективним, якщо зацікавлені сторони не обмінюються інформацією на кожному етапі.

Уявіть собі кімнату, в якій стоять кілька столів: за кожним із них сидить одна чи дві людини, і іноді вони кричать щось один одному через усе приміщення або передають папери через кілька пар рук. Наскільки це продуктивно?

А тепер уявіть великий стіл, навколо якого сидить вся команда та працює над єдиною моделлю проекту. Інформаційне моделювання у

будівництві полягає в тому, що кожен учасник працює над спільною справою з першого дня. Безперервний процес, оптимізація та миттєвий обмін даними – це і є BIM.

## 1.6 Цифрове моделювання та продуктивність праці

Як зазначає експерт бізнес-напрямку «Технології для будівництва», падіння продуктивності праці в будівельній галузі, що фіксується в останні роки у світі, – прямий наслідок відкритої взаємодії.

Визначальним фактором, який може виправити цю ситуацію, є впровадження технології BIM. Інформаційна модель будівлі чи споруди дозволяє створювати екосистему для учасників будівельного процесу. У ній узгодження та прийняття рішень ґрунтується на використанні єдиного місця зберігання актуальних та перевірених даних. Кожен учасник може створювати цю модель і брати з неї саме ту інформацію, яка потрібна на виконання його завдань», – пояснює експерт.



Рисунок 1.7 – BIM технології для будівництва

Робота в такому форматі полегшує проведення операцій, дозволяє контролювати всі проектні стадії та вчасно приймати рішення, щоб уникнути потенційних помилок на ранніх етапах будівництва.

При цьому BIM не обмежує користувачів лише стандартним програмним забезпеченням, можна інтегрувати плагіни з корисними функціями. Також цифрове моделювання дозволяє співпрацювати із зовнішніми розробниками програмного забезпечення для впровадження необхідних надбудов. Наприклад, програма для параметричного проектування з використанням інформаційних моделей відкриває ще більше можливостей для створення складних, багаторівневих схем.

## **1.7 Від довіри до якості та успіху**

Успішна співпраця у робочій групі – це ще й результат взаємної довіри. Якщо його немає, то проекти, зіткнувшись із розбіжностями через складнощі у комунікації, можуть обернутися простоями. У найгірших випадках – закінчитися судовими позовами.

На противагу цьому обмін даними завдяки BIM-технології безпосередньо впливає на якість та рентабельність проекту, а автоматизація рутинних операцій заощаджує робочій групі сили, час та ресурси.

Традиційно вважається, що будівництво – одна з найбільш корупційних галузей, якій не властива прозорість. Однак, зрештою, саме прозорість, економія, підвищення продуктивності праці – те, що потрібно замовнику насамперед. Коли він зрозуміє, що може реалізувати проект швидше, дешевше і якісніше, тоді й інші учасники будівельного процесу включаться в цю екосистему. Тобто працюватимуть на результат, який потрібен замовнику.



## 2 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ІНДУСТРІЇ НА ОСНОВІ –ВІМ

### 2.1 ВІМ-технологія та креслення

Програмне забезпечення для будівельної індустрії на основі ВІМ-технології залишає роботу з двовимірними кресленнями в минулому, дозволяючи всій проектній групі спільно працювати в режимі реального часу швидше, ефективніше та економніше.

Старі звички коштують дорого

Використання інформаційних 3D-моделей допомагає нарощувати виробництво, уникати зайвих трудових і матеріальних витрат, але чому багато хто в «будівництві» досі працює з паперовою чи двовимірною документацією?

Однією з причин є звичка. До цього ви працювали з 2D-кресленнями, і вам здається, що немає сенсу змінювати добре вивчені методи. Але згадайте, наприклад, скільки свого часу довелося подолати системам автоматизованого проектування (CAD), щоб потіснити виконані вручну креслення (рис. 2.1). А зараз використання цих інструментів не викликає питань. Іншим нюансом можна назвати зобов'язання проєктувальників, які досі фіксуються в договорах, вести документацію саме на основі двомірних креслень.



Рисунок 2.1 – Працювання з 2D-кресленнями та системою автоматизованого проектування (CAD)

Однак очевидно, що колишні механізми не можуть конкурувати з інформаційними моделями, відомостями з яких набагато легше обмінюватися з усіма учасниками, включаючи працівників на будівництві. З BIM – технологією можна автоматично оновлювати або вносити зміни в будь-яку документацію, а нові параметри миттєво передаються колегам.

«Двовимірне проектування не дозволяє використовувати модель як основний акумулятор інформації, не дає можливості організації ефективної спільної роботи, створення достовірних даних, яким можуть довіряти усі учасники проекту. Ще один недолік колишніх методів полягає в тому, що при них виникають помилки – у кресленнях, у відомостях матеріалів тощо. буд. На будмайданчику виправлення обходяться дорого, це складно або часто неможливо».

## **2.2 Особистий досвід**

Ми почали застосовувати BIM-моделі, тому що у нас не вистачало інженерів, щоб вчасно закінчити всі проекти (рис. 2.2). Потім виявили, що цей спосіб дозволяє підряднику краще зрозуміти обсяг робіт, а нам ефективніше контролювати відомості матеріалів. Також ми могли набагато швидше змінити дизайн проекту, якщо виникала така потреба. Співпраця з іноземними партнерами стала простішою, оскільки BIM-моделі виглядають практично однаково в будь-якій країні, і інша мова при цьому не є перешкодою, яка має досвід у проектах на основі інформаційних моделей, таких, як міст Рандсельва в Норвегії.

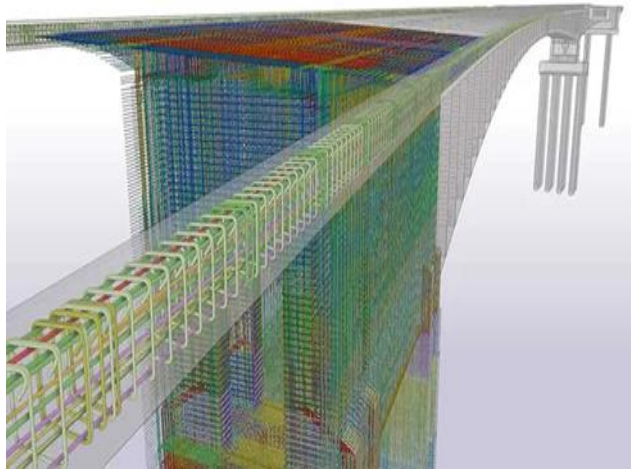


Рисунок 2.2 – Пасивні, нульові і активні будинки: утеплюємо енергоефективний котедж

Головною перевагою BIM є параметричне проектування. Це коли за допомогою певних налаштувань система вибудовує моделі на основі одного або кількох заданих правил.

При створенні складних конструкцій, таких як міст Рандсельва, з великою кількістю операцій, що повторюються, параметричне проектування значно економить час. Це також гарантує якість, гнучкість у процесах і можливість без особливих зусиль повторно використовувати проект у подібній конструкції.

Фахівці також зазначає, що Норвегії зараз уже не потрібне паперове проектування.

## 2.2 BIM, економія та екологія

Інформаційна модель будівлі чи споруди дозволяє створювати загальну екосистему для учасників будівельного процесу. У ній комунікація та прийняття рішень ґрунтуються на використанні єдиного місця зберігання актуальних та перевірених даних. Кожен учасник може створювати цю

модель і брати з неї саме ту інформацію, яка потрібна для виконання його завдань.

Інформаційна 3D-модель вносить у проект прозорі та надійні дані. Чим більш опрацьованою і точною вона буде, тим менше питань виникне, наприклад, у будівельної бригади. Вона зможе заздалегідь віртуально вивчити особливості об'єкта.

Технологія BIM дозволяє заздалегідь прорахувати, зробити і доставити точний обсяг матеріалів на будмайданчик, заощаджуючи кошти забудовників та скорочуючи можливі відходи. Ще зараз особливо актуальними є зелена повістка та питання захисту екології, які стали пріоритетними для більшості держав світу.

При цьому інформаційне моделювання є ефективним для проектування об'єктів будь-якого масштабу. Так, підрядник по бетону зміг перевірити деталі розміщення арматури в моделі за своїм проектом, виготовити її та відправити на будмайданчик за двотижневий термін. Це вдвічі швидше, ніж дозволяє традиційний 2D метод. У результаті будівництво було завершено із випередженням графіка.

#### Спрощення складного

З використанням технологій BIM збудовано житловий комплекс Luminary, розташований у Фінляндії. Проект виявився успішним, його виконавці діяли злагоджено і без перешкод, незважаючи на те, що він відрізнявся складністю: багатопверхова будівля має непросту форму. Робоча група змогла подолати потенційні труднощі за допомогою моделей, налагодивши комунікацію та оперативний обмін інформацією.

Завдяки будівельникам та виробнику збірних залізобетонних виробів у режимі реального часу зверталися до тривимірної моделі та користувалися її точними, на відміну від застарілих форматів, даними.

## 2.3 Робоча документація – модель, а не креслення

Технологічність – це забезпечення ефективного будівництва будівель та споруд з погляду термінів та бюджету. Інформаційне моделювання за умови достатньої точності та опрацювання даних дозволяє гравцям будівельної галузі досягти ефективності. Модель за рахунок наповненості інформаційних даних дає можливість виявити потенційні проблеми ще до початку робіт на будмайданчику або експлуатації. Будівельна модель дозволяє звести до мінімуму дорогі помилки на будмайданчику (запобігти додатковим запитам інформації RFI), а значить збільшити рентабельність будівництва (рис. 2.3).

Якщо поставити запитання «Що таке BIM?», значення технологічності буде частиною відповіді. З рішеннями Tekla, технологічність є основою всіх розробок програмного забезпечення для роботи в BIM. Ми створюємо своє рішення для завдань будівельної галузі, а чим більше інформації включає модель, тим більше користі отримує кожен учасник проекту.

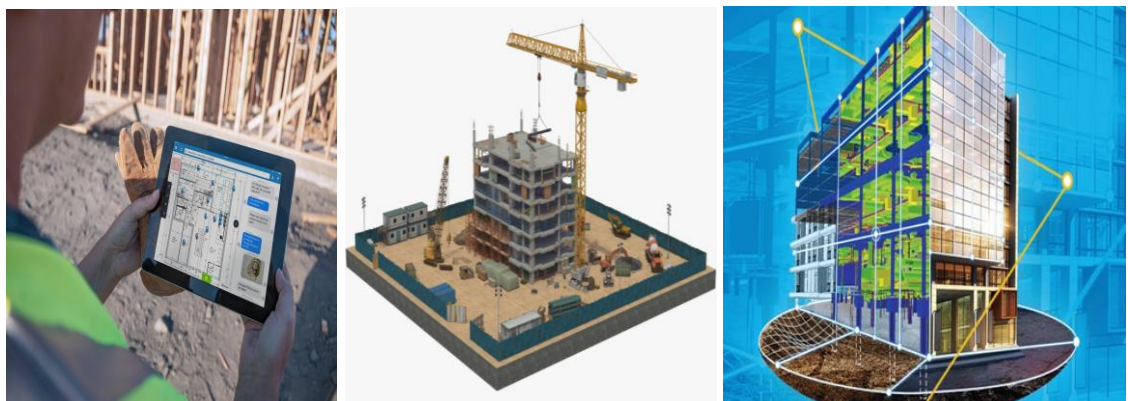


Рисунок 2.3 – Модель за рахунок наповненості інформаційних даних на будмайданчику за допомогою CONSTRUCTION SITE 3D MODEL IN BUILDINGS 3DEXPORT

## 2.4 Технологічність у повсякденній роботі

Технологічність - це нагальне питання для будівельників у їхній повсякденній роботі. Оскільки будівництво – це процес, то програмне забезпечення повинне допомагати вирішувати більшість проблем, включаючи роботу зі змінами в ході проекту. Як на будівництві використовуються різні матеріали, так і програмне забезпечення повинне справлятися з тим же набором матеріалів.

Технологічні будівельні моделі дозволяють приймати обґрунтовані рішення на ранніх етапах проекту. Tekla Structures призначена для створення, об'єднання та розповсюдження детально опрацьованих, точних та повних інформацією моделей конструкцій з різних матеріалів. У моделі збираються точні та повні дані від самого початку проекту до його завершення. Будівельники можуть керувати змінами та уникати помилок, знаходити колізії та забезпечувати високу якість при меншому шлюбі та відходах.

Ми знаємо випадки, де за допомогою BIM витрати вдалося скоротити на 50 відсотків. Вирішення проблем технологічності до початку будівельних робіт у всіх випадках веде до зменшення кількості помилок. Чарлі Істман, професор Georgia Tech College of Architecture.

Більше, краще, дешевше, швидше.

Тенденції у будівництві потребують технологічності. Ці тенденції пропонують все більш складні архітектурні форми, тому проєктувальники та будівельники шукають інноваційні рішення та втілюють їх у реальність. Успіх і безпека у будівництві стали головними причинами потреби у точній інформації, починаючи зі стадії проєктування.

Крім того, постійно є бюджетні обмеження. При використанні технологічних моделей будівництво може стати дешевшим, швидшим і кращим. Можна планувати і графіки робіт, виявляти можливі проблеми на

стадії проектування, тобто. на початок будівельних робіт. Завдяки цьому на будмайданчику буде менше непередбачених проблем.

Будівництво із готових елементів – ще одна тенденція, яка обумовлює вирішальне значення точної інформації. Домобудування із збірних конструкцій набуває все більшої популярності в міру переходу галузі до економії та зростання автоматизації. Навіть великі вироби, такі як покрівельні конструкції та блоки санвузлів, приїжджають на будмайданчик у готовому вигляді для негайного монтажу. Природно, кожен такий виріб має точно використано без порушення графіка робіт. Для організації подібного процесу безперечно необхідна точна, актуальна інформація, яку легко знайти. Саме такою інформацією наповнено технологічні моделі.

## **2.5 Справді технологічний процес виконання робіт**

Дійсно, технологічні моделі Tekla дають нові можливості завдяки оптимізації робочих процесів і спільної роботи в режимі реального часу для досягнення результату. Розширюйте межі BIM, щоб підвищити точність, продуктивність та прибутковість.

BIM – це більше, ніж фотореалістична візуалізація проекту та виявлення конфліктів. З Tekla ви отримуєте надійні, точні та технологічні віртуальні двійники конструкцій для нерозривного процесу виробництва, ідеальної синхронізації проектування та будівництва. Це допомога компаніям у вирішенні їхніх завдань у будівництві(рис. 2.3).

### **Збільшення прибутку**

Протягом кількох десятиліть будівельна галузь не зазнавала суттєвих змін, проте сьогодні з'явилася можливість покращити результати та виконати модернізацію за допомогою цифрових технологій. Технологічний процес



здатний підвищити продуктивність, ефективність, безпеку та якість. Це унікальний шанс змінити підхід у будівельній галузі.

Сьогодні проектування, будівництво та експлуатація будівлі стає набагато ефективнішим, дозволяючи отримувати вигоду як для будівельників, так і власників. Узгодженість та доступність є ключем до успіху, а технологічний процес Trimble забезпечує створення та наявність даних BIM найвищої якості.



Рисунок 2.3 – Технологічний процес у будівельній галузі

## 2.6 Економія часу та грошей завдяки точним даним

Ефективні дані поєднують людей, технології та інформацію, дозволяючи швидше досягати оптимальних результатів у роботі. Попрощайтеся з традиційними двомірними планами та фрагментованими даними. Настав час доступною та легкою для розуміння інформації.

Підраховано, що будівельні бригади витрачають 13% робочого часу на пошук проектних даних. Але так не повинно бути. Завдяки технологічному процесу тепер кожен може бачити загальну картину та найдрібніші деталі ( рис. 2.4).

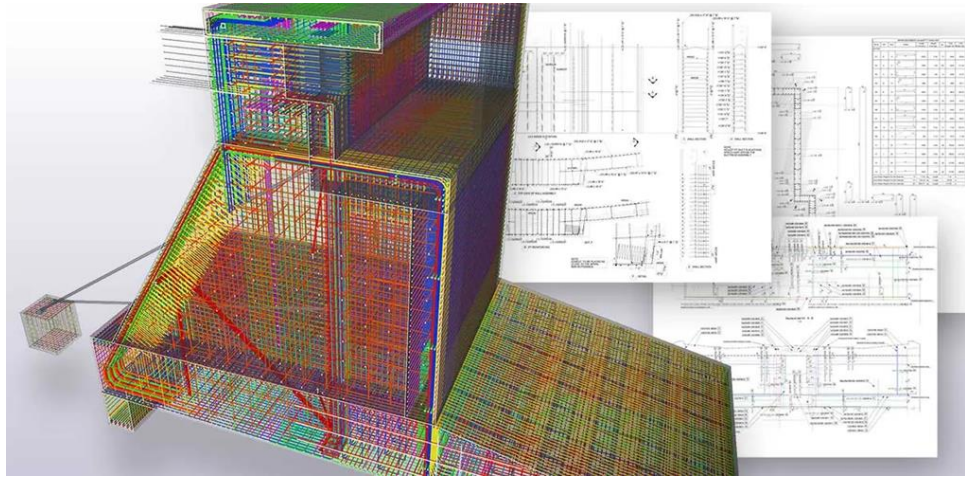


Рисунок 2.4 – Цифрова технологія з підвищенням ефективності проектування під час будівництва

### Вирішення проблем взаємодії

На тлі невизначеності у сфері будівництва, що породжується загальносвітовою пандемією, переваги BIM ще ніколи не були такими очевидними. Як стверджують автори доповіді *The Next Normal in Construction*,

Цифрові технології можуть підвищувати ефективність взаємодії, контролю за ланцюжком створення вартості та прийняття рішень на основі даних. Інновації змінять підхід компаній до виконання робіт, проектування та будівництва (McKinsey, 2020 р.).

Дійсно, технологічний процес забезпечує високоякісну взаємодію між учасниками проектів будь-яких масштабів, навіть якщо вони знаходяться в різних частинах світу. Обмін інформацією щодо виконання робіт здійснюється в режимі 24/7, тому члени команди завжди отримують найактуальнішу інформацію.

### Технологічність

Як бути впевненим, що робочий процес є досить технологічним? Ступінь технологічності можна визначити за допомогою концепції рівня опрацювання (LOD) (рис. 2.5), створеної Американською асоціацією генеральних підрядників для визначення змісту та надійності BIM.

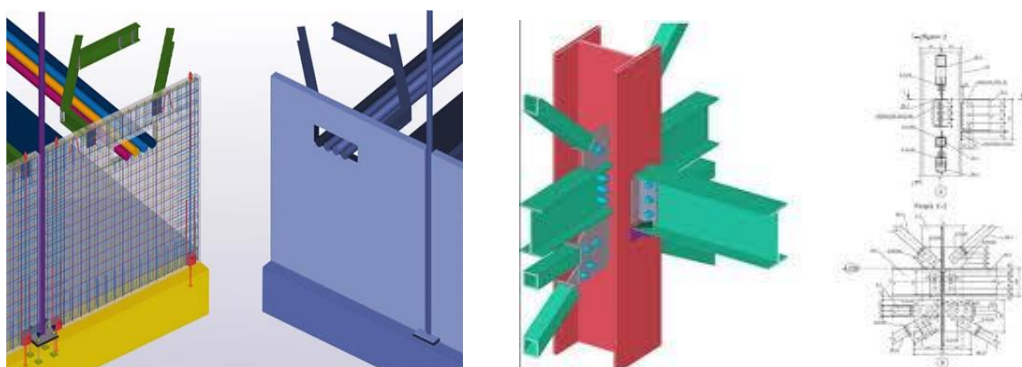


Рисунок 2.5 – Технологічний процес BIM з допомогою програми Tekla покращує результат та знизує ризик

Дійсно технологічний процес BIM під контролем Tekla дає можливість покращити результати та знизити ризики. За допомогою визнаного в будівельній галузі та методу Tekla, що піддається кількісному визначенню, забезпечує всіх інформацією, отриманою на основі інтенсивної обробки даних.

#### Зниження викидів

Згідно з доповіддю "Bringing Embodied Carbon Upfront" 39% світових викидів вуглецю припадає на будівництво. Це одна з багатьох причин, через яку Всесвітня рада з екологічного будівництва (WorldGBC) хоче повністю усунути викиди вуглецю в цій галузі до 2050 року. Будівельні компанії відчують, що попереду лихоліття, але вони можуть вирішити цю проблему за допомогою справді технологічного BIM.

Справді, технологічне BIM скорочує відходи матеріалів за рахунок оптимізації ефективності будівництва. А за допомогою високоякісних даних та інформаційного проектування користувачі можуть навіть експериментувати з екологічнішими матеріалами. Tekla також допомагає інженерам оцінювати проекти на ранньому етапі, щоб зменшити вуглецевий слід ще до початку будівництва. Не дивно, що багато хто рекомендує використовувати технологію BIM на ранніх етапах будівництва: наприклад – міст Рандселва. Sweco, PNC, Armando Rito та Isachsen (рис.2.6). Планування



на основі даних допомагає захищати навколишнє середовище та робити світ чистішим.

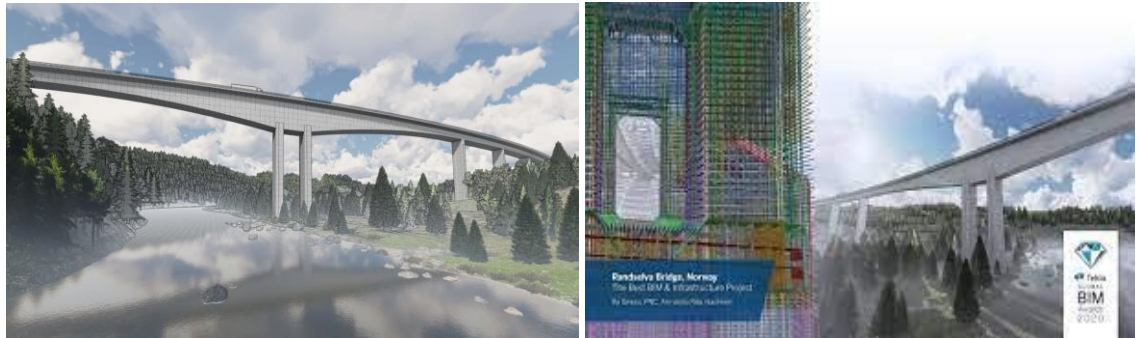


Рисунок 2.6 – Міст Рандселва. Sweco, PNC, Armando Rito та Isachsen

Змішана реальність – це просто

Поєднуючи віртуальний світ із реальним, проектні дані поєднуються з реальними умовами та використовуючи конструкції ще до їх будівництва. Завдяки дійсно технологічному процесу можна легко виявити помилки на будмайданчику та заощадити гроші, матеріали та час (рис.2.7).



Рисунок 2.7 – Виявлення помилок за допомогою програми BIM технологій на будівництві

Міцна репутація та безпека

Технологія BIM забезпечує безпеку користувачів за допомогою цінної та надійної інформації, необхідної для будівництва безпечних споруд. З технологічною інформаційною моделлю будівлі Tekla у вас під рукою завжди буде велика база даних.

## 2.7 Відкритий підхід до BIM - найкращий спосіб взаємодії

Усі вимоги будівельної галузі ніколи не зможуть бути задоволені одним програмним забезпеченням чи інтегрованим рішенням. Натомість спільне середовище для вузькоспрямованих рішень, які здатні ефективно взаємодіяти між собою на основі інформаційних моделей із узгодженими процесами, методами та загальною термінологією. Це означає, що ми маємо відкритий підхід до інформаційного моделювання будівель (рис.2.8).



Рисунок 2.8 – Підхід до інформаційного моделювання будівель

### Переваги OPEN BIM на практиці

Усі учасники проекту прагнуть бути добре поінформованими і бути в курсі того, що роблять інші, щоб розуміти та успішно реалізовувати задум проекту. Учасники будівельного проекту повинні мати можливість безперешкодно працювати разом незалежно від інструментів, які вони використовують. OPEN BIM забезпечує сумісність на рівні робочого процесу, а не лише між двома програмними рішеннями (рис. 2.9). Крім того, виробництво вимагає відкритих даних.

В даний час використання файлового формату IFC (Industry Foundation Classes) є найбільш слушним варіантом для повсякденного застосування BIM. Зв'язок з архітектурними та інженерними рішеннями відбувається через формат IFC і все частіше із програмним забезпеченням для промислового проектування.

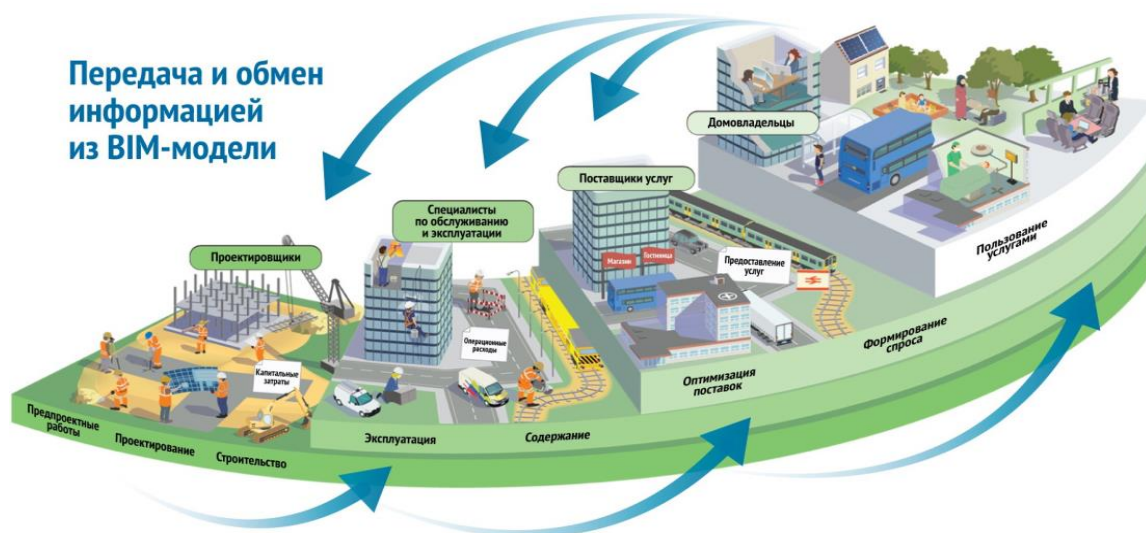


Рисунок 2.9 – OPEN BIM як спосіб взаємодії

Робочі процеси на основі IFC найпоширеніші в проектуванні, а також Американський інститут сталевих конструкцій (AISC) прийняв IFC як основний формат для взаємодії. Потреба вищої продуктивності підштовхує до розвитку автоматизації в сталеливарній галузі, створюючи більший попит інформацію для планування і управління процесами.

#### Робота з партнерами

Програмне забезпечення Tekla використовується в галузі, де на великому проекті можуть брати участь 150-200 підрядників, які мають досягти однієї спільної мети – не дивно, що взаємодія, спілкування та сумісність мають вирішальне значення для успіху. OPEN BIM технології дає галузі свободу вибору для роботи з найкращими учасниками проекту, незалежно від того, яке програмне забезпечення вони використовують.

Щоб підтримати роботу наших клієнтів зі своїми партнерами, ми співпрацюємо з іншими організаціями будівельної галузі, учасниками в buildingSMART. Tekla Structures взаємодіє з рішеннями та виробничим обладнанням інших постачальників.

Ми прагнемо, щоб наші клієнти могли створювати свої власні програми, якщо це потрібно. Клієнти роблять свій внесок у те, що може бути досягнуто завдяки стандартним галузевим інтерфейсам, а саме за допомогою



Tekla OPEN API. Використовуючи Tekla OPEN API, програми можна інтегрувати в середовище моделювання, а також створювати підключення до будь-якої програми клієнта, що настроюється. Ми пропонуємо розробникам спеціальну програму Tekla Partners. Учасникам програми Tekla Partners Program надається ліцензія Tekla Structures Partner з дозволом на продаж, просування та розповсюдження додатків, включаючи багато інших переваг. Tekla Developer Center - це центр з необхідною для розробників інформацією про Tekla OPEN API.

Тільки подумайте про те, як Інтернет став найпопулярнішою системою, використовуючи відкриті протоколи та замість закритих систем. Принцип кодування з відкритим вихідним кодом та відкритість роблять краудсорсинг можливим. Це викликало непередбачуваний стрибок у розвитку, якого ми зараз прагнемо з OPEN BIM. Відкриті інтерфейси програмування дозволяють використовувати найкращі інструменти для досягнення найкращого результату.



Рисунок 2.10 – Робота наших клієнтів зі своїми партнерами

### Збільшення швидкості

Завдяки автоматизації рутинних процесів, негайного коригування помилок, а також швидкого обміну даними між учасниками проекту всі процеси прискорюються у рази.



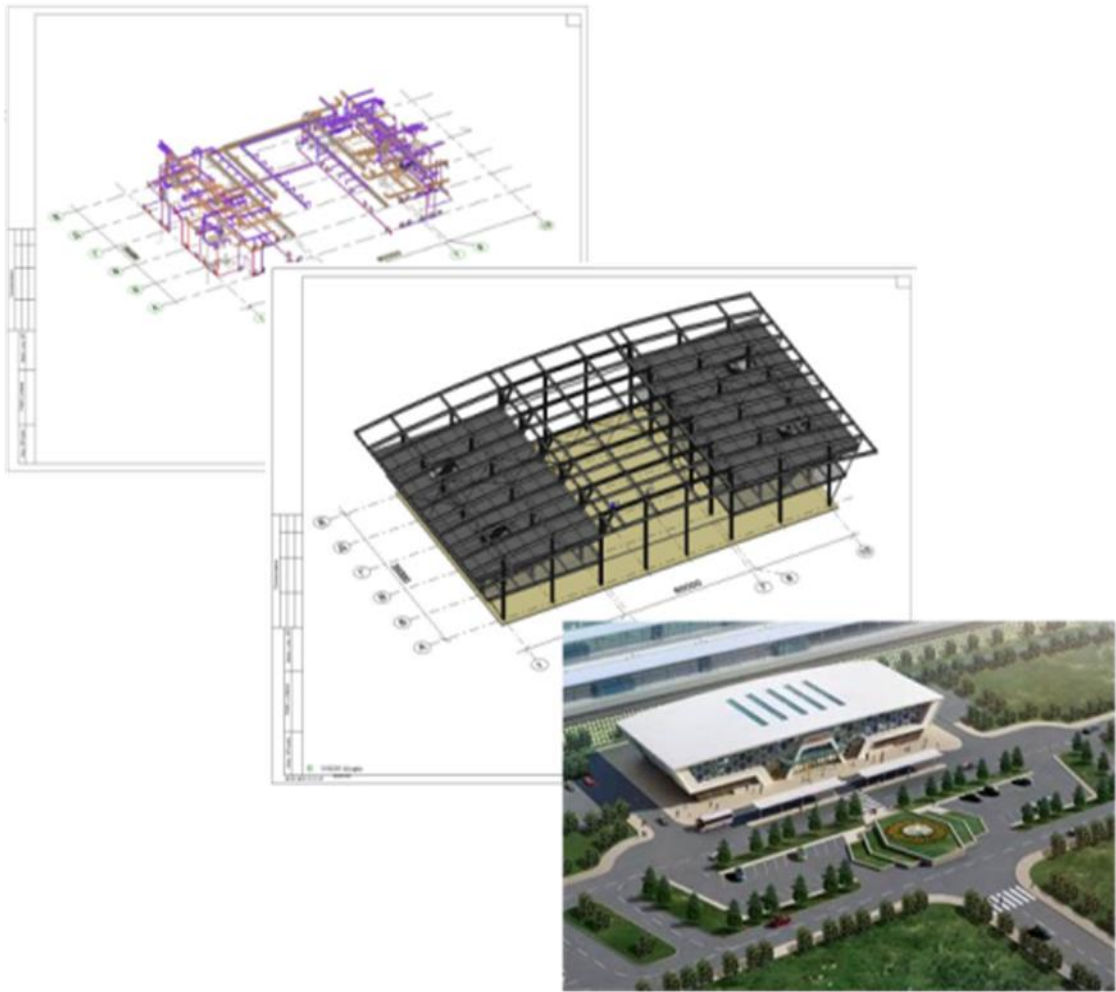


Рисунок 2.11 – Збільшення швидкості завдяки автоматизації

#### Високоточне проектування

Перевірка на колізії, помилки та прорахунки в документації дозволяє вчасно скоригувати проект, щоб уникнути незапланованих витрат під час будівництва.

#### Рисунок 2.12 – Високоточне проектування завдяки автоматизації

##### Підвищення безпеки

ВІМ дозволяє зімітувати будівельний процес, щоб заздалегідь оцінити можливі ризики. А завдяки AR/VR модель можна порівняти з об'єктом на будь-якому етапі будівництва, що підвищує якість робіт.



Рисунок 2.13 – Підвищення безпеки завдяки AR/VR моделі

### Проектування

Всі розділи проектної документації ми розробляємо із застосуванням BIM-технологій, що дозволяє скоротити час та витрати на проектування та знизити до нуля колізії у проекті.

Інженери, конструктори та архітектори працюють із єдиною актуальною моделлю проекту. Усі рішення узгоджуються миттєво, а конфлікти у технічних аспектах залагоджуються у найкоротші терміни.



Рисунок 2.14 – Проектування з актуальною моделлю проекту

### Лазерне сканування

Наземне лазерне сканування дозволяє швидко та з високим ступенем точності виконати вимірювання місцевості, об'єкта чи споруди, а за допомогою обробки спеціалізованим програмним забезпеченням ми отримуємо хмару точок для формування достовірної 3d-моделі об'єкта.



Рисунок 2.15 –Наземне лазерне сканування 3D оцифрування (фотограмметрія)

Завдяки сучасним технологіям будівельні обміри складних інженерних споруд можна провести максимально швидко та точно, не використовуючи величезну кількість співробітників чи техніки. Крім цього, вартість таких робіт суттєво знижується, що також є важливим при реалізації масштабних проектів. Компанія PromScan3D пропонує послуги лазерного 3D сканування будь-яких об'єктів, розташованих в Україні.

Лазерне сканування гідроагрегату №2 ДніпроГЕС-1 (м. Запоріжжя, бульвар Вінтера, 1) було проведено співробітниками компанії PromScan3D з метою створення проекту реконструкції об'єктів. Проводилися заміри відсмоктуючої труби та спіральної камери гідроагрегату, котрі зайняли один день. Отримані на виїзді 30 сканів опрацьовувалися 3 дні, під час яких спеціалістами було виконано:

- зведення хмари точок усіх агрегатів в одній системі координат;
- експортування даних у формат IGES (point cloud);
- побудову 3D моделі у форматі STL.



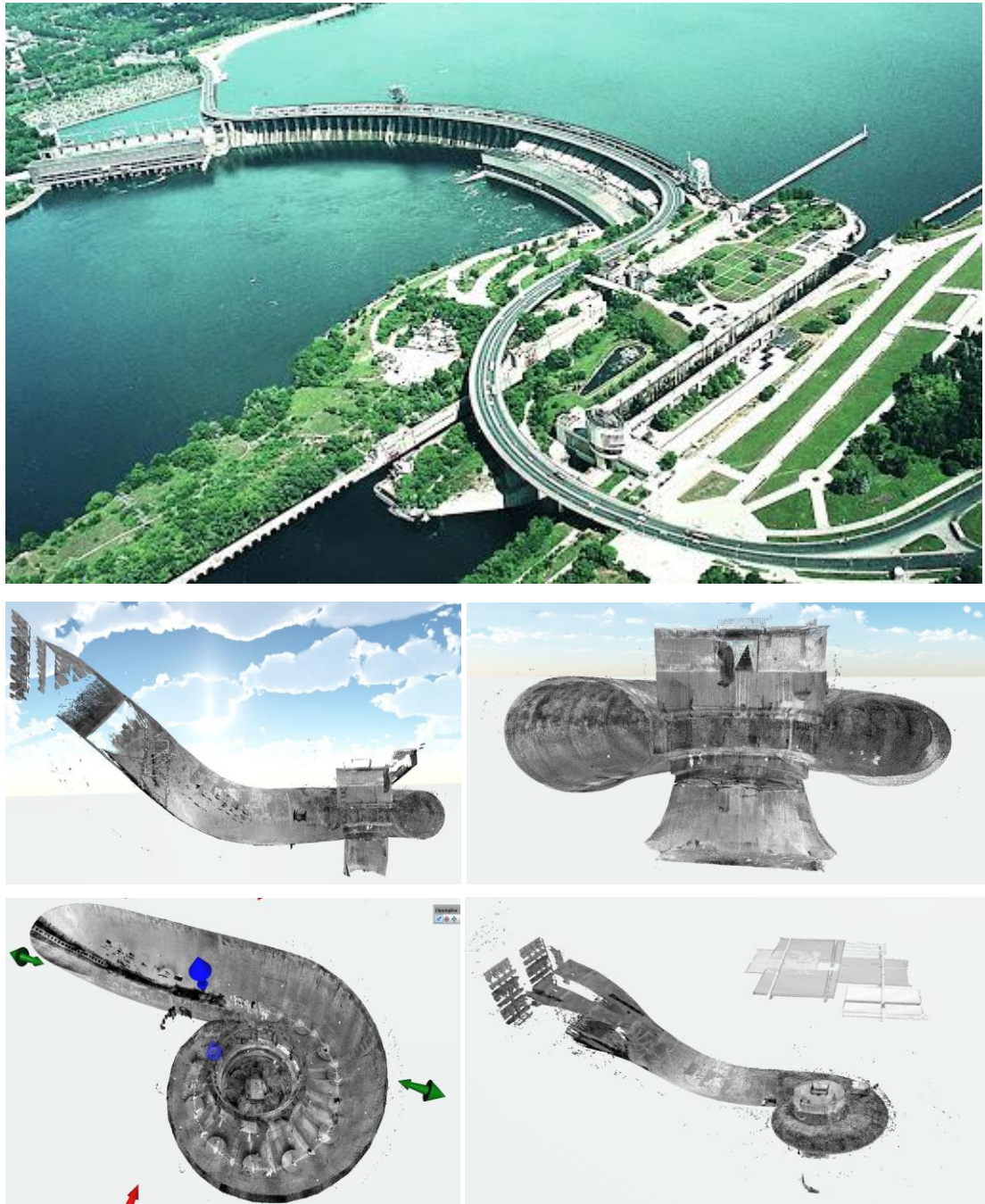


Рисунок 2.15.1 – Лазерне сканування гідроагрегату №2 ДніпроГЕС-1  
м. Запоріжжя, бульвар Вінтера, 1

### 3 ТЕХНОЛОГІЯ СИСТЕМ КРІПЛЕННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ (CERESIT) БУДИНКІВ ЗА ДОПОМОГОЮ BIM

#### 3.1 Загальні положення та класифікація системи, та сфера її застосування

При проектуванні житлових будинків у сучасних умовах за допомогою BIM технології, метою забезпечення раціонального використання системи скріплення зовнішньої теплоізоляції, що захищають при експлуатації будівель.

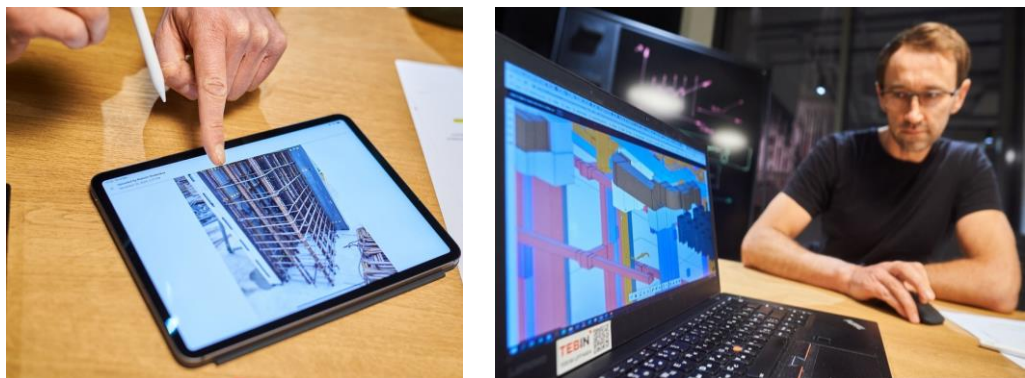


Рисунок 3.1 – Проектування та розрахунок за допомогою BIM технології

Зовнішню скріплену теплоізоляцію з наступним оздобленням фасаду будинку або споруди виконують з метою забезпечення:

- відповідності мікроклімату внутрішніх приміщень будинків вимогам діючих на території України теплотехнічних параметрів;
- зменшення витрат енергії на створення потрібних параметрів мікроклімату внутрішніх приміщень будинків;
- стабілізації теплового режиму у внутрішніх приміщеннях будинків протягом різних пір року;

- швидкого прогріву в період опалювального сезону та швидкого охолодження в літній період року повітря внутрішніх приміщень;
- кращого збереження будинків за рахунок зменшення деформацій конструкцій, що викликаються різкими перепадами температури зовнішнього середовища, а також за рахунок забезпечення захисту від корозії зовнішніх огорожуючих конструкцій;
- покращення зовнішнього вигляду фасадів будинків, що раніше експлуатувалися протягом тривалого часу.

Витрати матеріалів та працезатрат для утеплення та оздоблювання 100 м<sup>2</sup> поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій будинків, що експлуатуються в умовах температурних зон згідно з ДБН В.2.6-31-2021.

Всі роботи з утеплення та наступного оздоблювання будинків виконуються із застосуванням сухих будівельних сумішей при температурі навколишнього середовища не нижче + 5 °С та не вище + 30 °С в дві зміни.

До складу робіт входять:

- підготування поверхонь зовнішніх огорожуючих конструкцій до виконання робіт з утеплення;
- прикріплення перфорованих цокольних профілів до нижньої частини будинку по його периметру;
- огрунтування поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій за допомогою ґрунтувальної суміші;
- приготування клейової розчинної суміші з сухої суміші та води;
- нанесення клейової розчинної суміші на поверхню плит утеплювача та приклеювання їх до поверхні огорожуючих конструкцій;
- заповнення ущільнюючим матеріалом місць примикання плит утеплювача до віконних та дверних рам, а також місць з'єднань плит утеплювача з карнизною плитою;
- улаштування деформаційних швів у термоізолюючому покритті;

- закріплення плит утеплювача на огорожуючих конструкціях за допомогою з'єднувальних елементів (дюбелів, гвинтів з гайками та шайбами);
- приготування клейової розчинної суміші з сухої суміші і води та її нанесення на поверхню утеплювача;
- укріплення перфорованих кутків в торцях першого поверху, а також по периметру віконних прорізів будинку та приклеювання склосітки по всьому фасаду будинку;
- огрунтування поверхні клейового розчину ґрунтувальною сумішшю;
- приготування штукатурних сумішей з сухої суміші та води;
- оштукатурювання поверхні фасаду;
- укріплення в нижніх частинах віконних прорізів металевих козирків;
- фарбування фасаду будинку фарбами або гідрофобними сумішами.

В разі прив'язування конструктивних рішень утеплення фасадів до конкретного об'єкту в процесі розробки проекту виконання робіт слід уточнити питання:

- тип системи скріпленої теплоізоляції відповідно до ДСТУ Б В.2.6-36, що рекомендується до застосування на даному об'єкті;
- перелік та об'єм підготовчих робіт, які необхідно виконати перед початком робіт з утеплення об'єкта;
- засоби підмащування та підйомні механізми, які застосовуються підчас виконання робіт;
- мінімальні товщини плит утеплювача, що дозволяють забезпечити потрібні теплотехнічні параметри об'єкту;
- схеми кріплення плит утеплювача до зовнішніх огорожуючих конструкцій за допомогою дюбелів;
- конструктивні рішення з'єднання плит утеплювача з нетрадиційно виконаною покрівлею;

– перелік засобів механізації, інструментів та пристроїв з урахуванням максимального використання наявних в підрядника засобів механізації, пристроїв та інструментів;

– калькуляція трудових та матеріальних витрат.

Роботи з улаштування скріпленої теплоізоляції рекомендується виконувати з лісів, захищених сіткою, з підмостей або самопідйомних колисок.

В разі застосування пінополістрольних плит в якості утеплювача для їхньої наклейки та наступного захисту необхідно застосувати суміші Ceresit СТ 83, Ceresit СТ 83 Pro, Ceresit СТ 85, Ceresit СТ 85 Pro, Ceresit СТ 100 Impactum, а в разі використання мінераловатних плит повинні застосовуватися Ceresit СТ 180, Ceresit СТ 190, Ceresit СТ 190 Pro.

Контроль якості робіт з утеплення фасадів виконується відповідно до ДБН В.2.6-22-2001 «Улаштування покриттів із застосуванням сухих будівельних сумішей». Дозвільні документи при застосуванні скріпленої системи теплоізоляції.

Правила експлуатації «Системи скріпленої зовнішньої теплоізоляції будинків та споруд «Ceresit».

Система належить до класу А згідно з ДСТУ Б В.2.6-34. За видами утеплювача та декоративної штукатурки поділяється як це зазначено на рис.3.2.



Рисунок –3.2 Класифікація системи скріпленої теплоізоляції



Сфера застосування підтипів система силіконових декоративних штукатурок.

Система першого типу призначена для утеплення будинків та споруд різного призначення без обмеження висоти за пожежними вимогами.

До другого типу належить система, яка виконана із застосуванням пінополістирольних плит у комбінації з мінераловатними плитами та мінераловатними розсічками, а також полімерцементними, акриловими, силікатними та силіконовими декоративними штукатурками.

Сфера застосування системи регламентується також й іншими умовами, а саме:

За геологічним та геофізичним – це звичайні умови будівництва;

За природно-кліматичним:

– допустиме нормативне значення вітрового тиску, кПа ( $\text{кгс/м}^2$ ), згідно з ДБН В.2.2-15-2005, встановлюється на основі розрахунку міцності механічного кріплення утеплювача до основи;

– допустимі температурні райони I, II (відповідно до ДБН В.2.6.-31:2006) із зміною №1;

– допустима розрахункова зимова температура зовнішнього повітря при експлуатації об'єктів, °С – не нижче мінус 40, приймається як середня температура повітря найбільш холодної п'ятиденки;

– допустимі зони вологості (згідно з ДБН В.2.6.-31:2006) – суха, нормальна, волога;-

– допустимий ступінь агресивності зовнішнього середовища – неагресивний, слабоагресивний.

За умовами експлуатації:

– допустима відносна вологість повітря всередині приміщень будинків із застосуванням систем – 75%;

– ступінь вогнестійкості будинків, в яких застосовуються системи, визначається прийнятими об'ємно-планувальними та технічними рішеннями.

Системи можуть застосовуватися на будинках, огорожуючі конструкції яких виконані зі стінових матеріалів класу міцності не нижче В2,5, що забезпечують зусилля висмикування дюбеля, див. таблицю 3.1.

### **3 2.Вимоги до системи, окремих її елементів та матеріалів**

Для встановлення скріпленої теплоізоляції необхідно застосовувати матеріали та вироби, властивості яких наведені в Таблицю 3.2, 3.3.

В якості теплоізоляції застосовують вироби з плит пінополістиролу типу ПСБ-С, які виготовляються відповідно до ДСТУ Б. В.2.7-8-94 «Плити пінополістирольні» щільністю не менше 15 кг/м<sup>3</sup> або Ceresit СТ 315 та з мінеральної вати згідно з ДСТУ Б В.2.7 - 94 - 2000 та ДСТУ Б В.2.7 - 97 - 2000 або Ceresit СТ 320.

Для встановлення системи рекомендуються плити таких номінальних розмірів:

– пінополістирольні: 1200×1000; 1200×500; 1000×500; 800×500 товщина від 30 мм та більше з інтервалом 10 мм;

– мінераловатні: 1000×600 (товщина 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120); 1200×200 (товщина 40, 50, 60, 80, 100,120).

Фізико-технічні показники теплоізоляційних пінополістирольних та мінераловатних плит наведені в таблицю 3.1.

Пінополістирольні плити перед застосуванням повинні бути витримані не менше 30 днів після виготовлення. Вказаним вимогам відповідають теплоізоляційні плити Ceresit СТ 315 та Ceresit СТ 320.

Таблиця 3.1– Технічні вимоги до матеріалу теплоізоляційного шару

Найменування показника	Необхідні значення	
	Пінополістирольні	Мінераловатні
Опір теплопередачі $\text{m}^2 \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , не менше	1,0	1,0
Межа міцності при розтягуванні в напрямку, перпендикулярному плиті, МПа, не менше	0,1	0,015 для плит, що закріплюються за допомогою клею та дюбелів
Міцність на стиснення при 10% деформації, МПа, не менше	0,1	0,05
Те ж саме, після сорбційного зволоження, МПа, не менше	–	0,035
Теплопровідність за умов експлуатації А та Б згідно з ДБН В.2.6.-31:2006, $\text{Вт}/(\text{м}\times\text{К})$ , не більше		
$\lambda_A$	0,039	$\lambda_{0,045}$
$\lambda_B$	0,042	0,05
Паропроникність $\text{мг}/\text{м}\times\text{г}\times\text{Па}$ , не менше	0,05	0,3
Водопоглинання за 24 години в разі часткового занурювання, $\text{кг}/\text{м}^2$ , не більше		
за довжиною	$\pm 2$	$\pm 3$
за шириною	$\pm 2$	$\pm 2$
за товщиною	$\pm 1$	$\pm 2$
Відхилення розмірів площини, мм, не більше	5	5
Допуски з прямокутності, мм/м, не більше	$\pm 2$	$\pm 5$

Плити за пожежними вимогами мають наступні характеристики:

пінополістирольні:

- група горючості – Г1 – Г2;
  - група займистості – В2;
  - група димотворюючої здатності – Д3;
  - група з розповсюдження полум'я – РП1 (не розповсюджує).
- мінераловатні:
- група горючості – НГ.

Стіни з теплоізоляцією з пінополістиролу, гідрозахисним шаром та декоративним штукатурним шаром за показникоммежа здатності розповсюдження вогню відноситься до групи із зовнішнього боку МО та можуть застосовуватися в будинках та спорудах з висотою до 26,5 м (умовно 9 поверхів) всіх ступенів вогнестійкості, всіх класів конструктивної та функціональної небезпеки.

Стіни з теплоізоляцією з мінераловатних плит на синтетичному зв'язуючому, гідрозахисним шаром та декоративно-штукатурним шаром за показником здатності розповсюдження вогню із зовнішнього боку відносяться до групи МО та можуть застосовуватися в будинках з висотою до 75 м (25 поверхів) всіх ступенів вогнестійкості та всіх класів конструктивної та функціональної небезпеки.

### **3.3 Нормативне значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій та дані щодо товщини шару теплоізоляції**

Скловітка обов'язково повинна бути плетеною. Вказаним вимогам відповідають Ceresit CT 325, Ceresit CT 327

Таблиця 3.2– Технічні вимоги до склосітки

Найменування показника	Необхідне значення
Маса 1 м <sup>2</sup> , г	150-350
Товщина нитки, мм	0,315-0,9
Розмір ячеек, мм, не менше	5×5
Розривне навантаження у вихідному стані Н/5 см, не менше (в обох напрямках)	1500
Розривне навантаження за методом прискореного тестування, Н/5 см	Зменшення розривного навантаження не більше, ніж 30 %
Розривне навантаження після 28 днів витримання в 5 % розчині NaOH при температурі + (18 - 30) °С, Н/5 см	Зменшення розривного навантаження не більше, ніж 50 %

#### Технічні вимоги до клейової суміші

Вказаним вимогам відповідають клейові суміші Ceresit СТ 85, Ceresit СТ 85 Pro, Ceresit СТ 100 Impactum, Ceresit СТ 83, Ceresit СТ 83 Pro для пінополістирольних плит та Ceresit СТ 190, Ceresit СТ 190 Pro, Ceresit СТ 180 для мінераловатних плит.

#### Технічні вимоги до декоративної штукатурки

Вказаним вимогам відповідають:

– полімерцементні декоративні штукатурки Ceresit СТ 35, Ceresit СТ 34, Ceresit СТ 36, Ceresit СТ 137;

– полімерні: акрилові – Ceresit СТ 60, Ceresit СТ 63, Ceresit СТ 64 для зовнішніх стін та Ceresit СТ 77 для оздоблювання цоколів; силікатні – Ceresit СТ 72, Ceresit СТ 73; силіконові – Ceresit СТ 74, Ceresit СТ 75; силікон-силікатні – Ceresit СТ 174, Ceresit СТ 175; Ceresit Visage; еластомірна Ceresit СТ 79

#### Технічні вимоги до захисної суміші

Вказаним умовам відповідають захисні суміші Ceresit СТ 85, Ceresit СТ 85 Pro, Ceresit СТ 100 Impactum для пінополістиролу та Ceresit СТ 190, Ceresit СТ 190 Pro для мінеральних плит.

Для мінеральних плит з перпендикулярним розташуванням волокон ширина шляпки повинна бути 140 мм. Вказаним вимогам відповідають Ceresit СТ 330, Ceresit СТ 335.

Таблиця 3.3– Основні вимоги до дюбелів для кріплення утеплювача

Вид дюбеля	Матеріал огорожуючої конструкції	Глибина анкерувк, мм	Довжина дюбеля, мм	Діаметр, мм		Допустиме зусилля висмикнування, кН
Гвинтовий для ячеїстих матеріалів	Пінобетон, газобетон щільністю від 600 кг/м <sup>3</sup>	110	150÷340	8	60	0,2

Таблиця 3.4– Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожуючих конструкцій житлових та громадських будинків,  $R_{q \min}$ , м<sup>2</sup>×К/Вт (згідно з ДБН В.2.6-31:2021 із зміною №1)

Вид огорожуючих конструкцій	Значення $R_{q \min}$ , для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	4,0	3,5



Рисунок 3.3 – Карта-схема температурних зон України

### 3.4 Схеми типових конструктивно-технологічних рішень

Огороджуючі конструкції будинку зі скріпленою системою теплоізоляції представляють собою єдину монолітну конструкцію, яка складається з несучої або само несучої стіни, шару клею, плити утеплювача, додатково закріпленої за допомогою дюбелів, захисного шару, армованого склосіткою, шару спеціальної ґрунтовки та декоративного покриття.

Закріплення плит утеплювача за допомогою дюбелів необхідно виконувати після затвердіння клею – це приблизно 72 години при температурі  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  та вологості 60–70 %.

Кількість дюбелів та їхнє розміщення на рис. 3.4 (а, б).

Товщина армованого гідрозахисного шару повинна бути не менше 3 мм в разі використання в якості декоративного покриття тонкошарових штукатурок та не менше 5 мм в разі використання фарб.

Схеми типових конструктивно-технологічних рішень

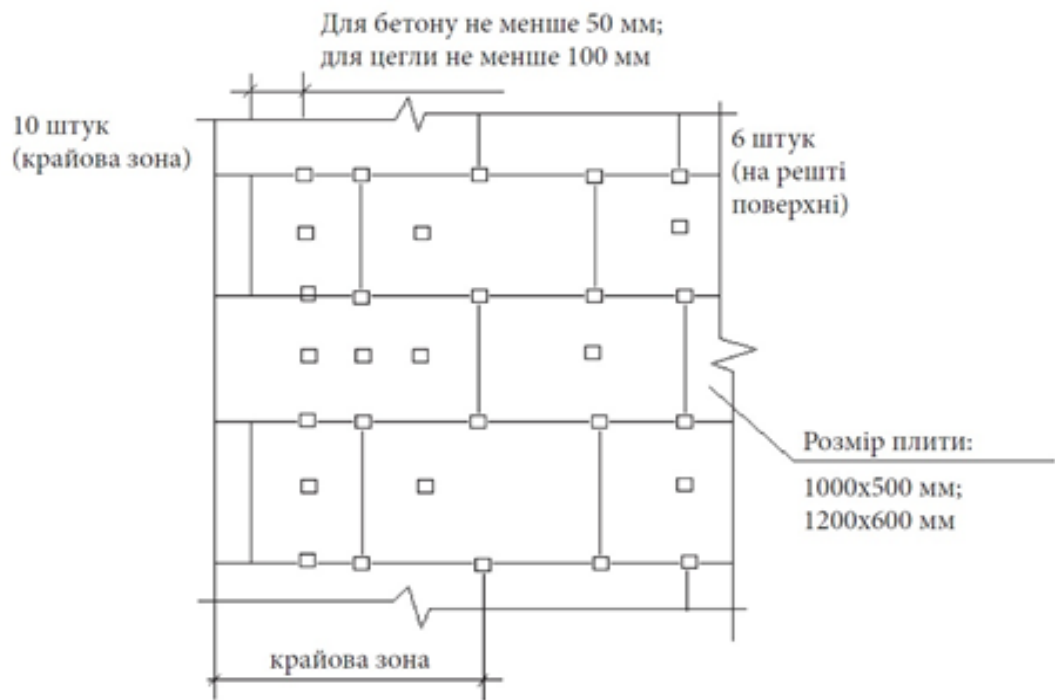


Рисунок 3.4 –а) Схема розміщення дюбелів у крайовій зоні

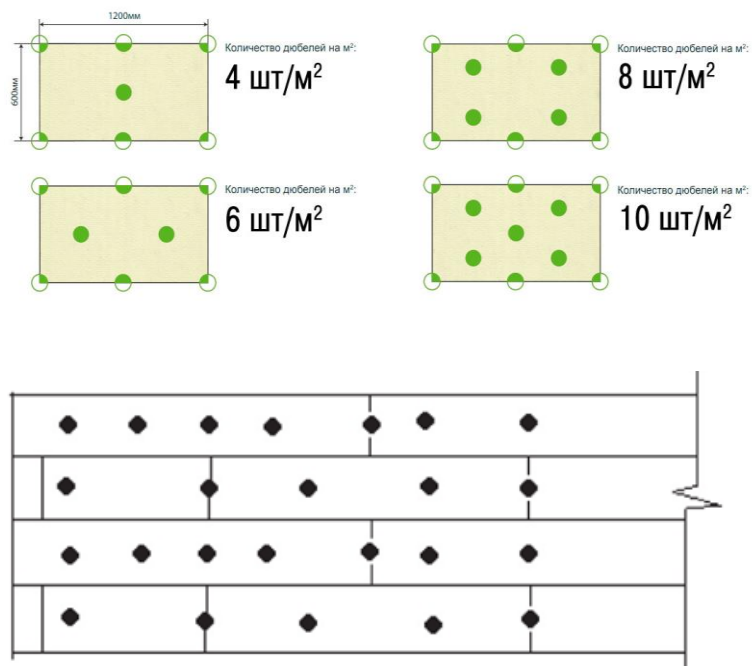


Рисунок 3.4 –б) Схема розміщення дюбелів у крайовій зоні.

Розмір плити: 1200×150 мм, 1200×200 мм



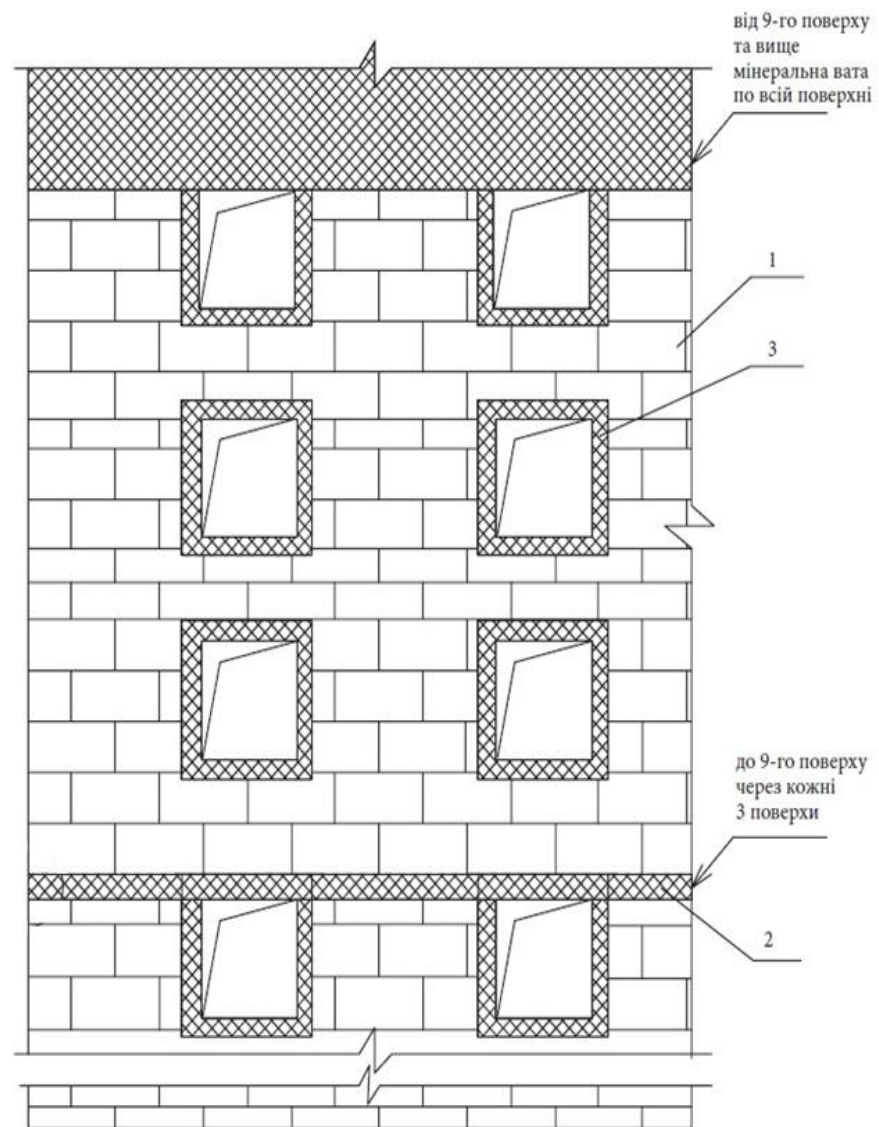


Рисунок 3.5 – Схема розташування плит утеплювача, поясів розсішок у будинку

1. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
2. Пояс розсічки з мінеральної вати.
3. Обрамлення віконних і дверних прорізів мінеральною ватою.

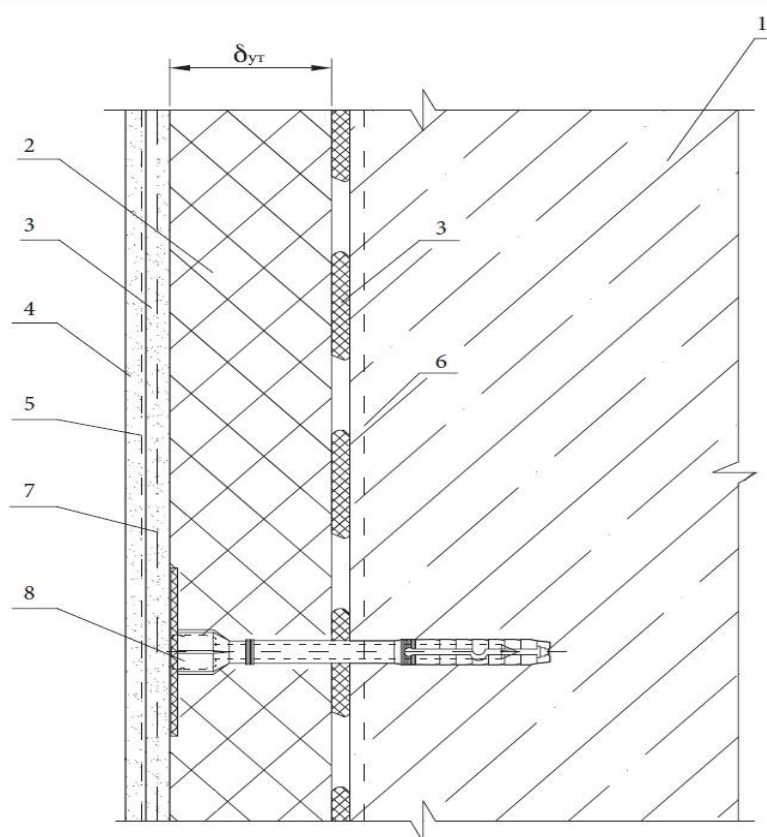


Рисунок 3.6 – Схема розміщення дюбелів у крайовій зоні

1. Несуча стіна.
2. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
3. Клеюча суміш для приклеювання плит теплоізоляції та улаштування захисного шару (Ceresit СТ 100 або Ceresit СТ 83 Pro тільки для кріплення утеплювача).
4. Декоративна штукатурка Ceresit (СТ 175, Visage, СТ 79).
5. Ґрунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15, СТ 15 silicone.
6. Ґрунтовка Ceresit СТ 17.
7. Армуюча склосітка Ceresit.
8. Дюбель Ceresit.

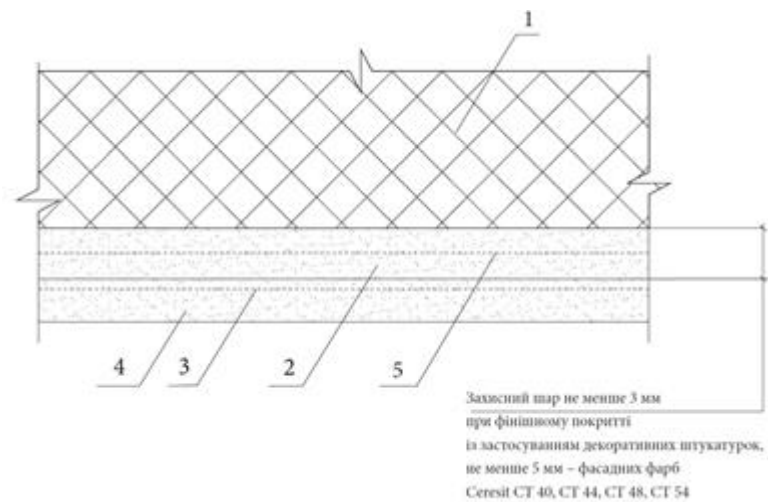


Рисунок 3.7 – Елементи системи теплоізоляції

1. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
2. Захисний шар Ceresit СТ 85.
3. Грунтовка Ceresit СТ 16.
4. Декоративна штукатурка Ceresit (СТ 175, Visage, СТ 79 ).
5. Армуюча склосітка. На першому поверсі і цокольній частині виконується подвійне армування склосіткою або застосовується склосітка щільністю до  $350 \text{ г/м}^2$  .

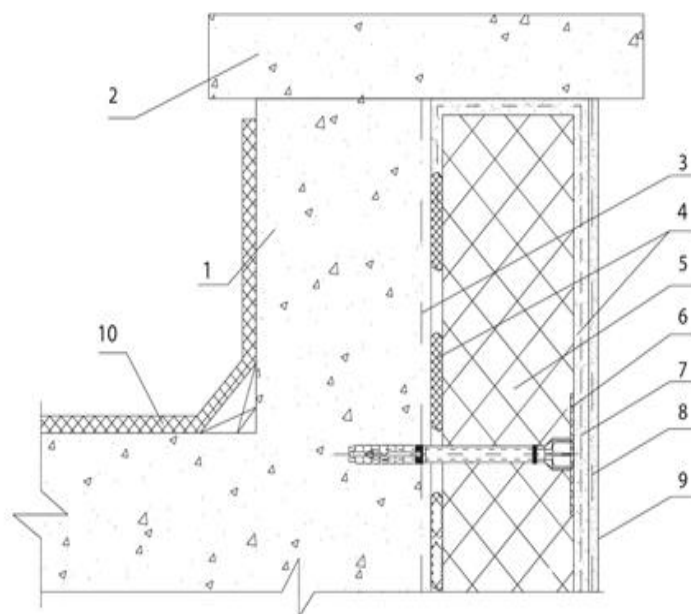


Рисунок 3.8 – Улаштування теплоізоляції на останньому поверсі в будівлі з плоским дахом

1. Несуча стіна. 2. Карнизна плита.

3. Ґрунтовка Ceresit СТ 17.
4. Клеюча суміш Ceresit для приклеювання теплоізоляційних плит і улаштування захисного шару.
5. Теплоізоляційна плита.
6. Дюбель.
7. Армуюча склосітка.
8. Ґрунтовка Ceresit СТ 16, СТ 15.
9. Декоративна штукатурка Ceresit СТ.

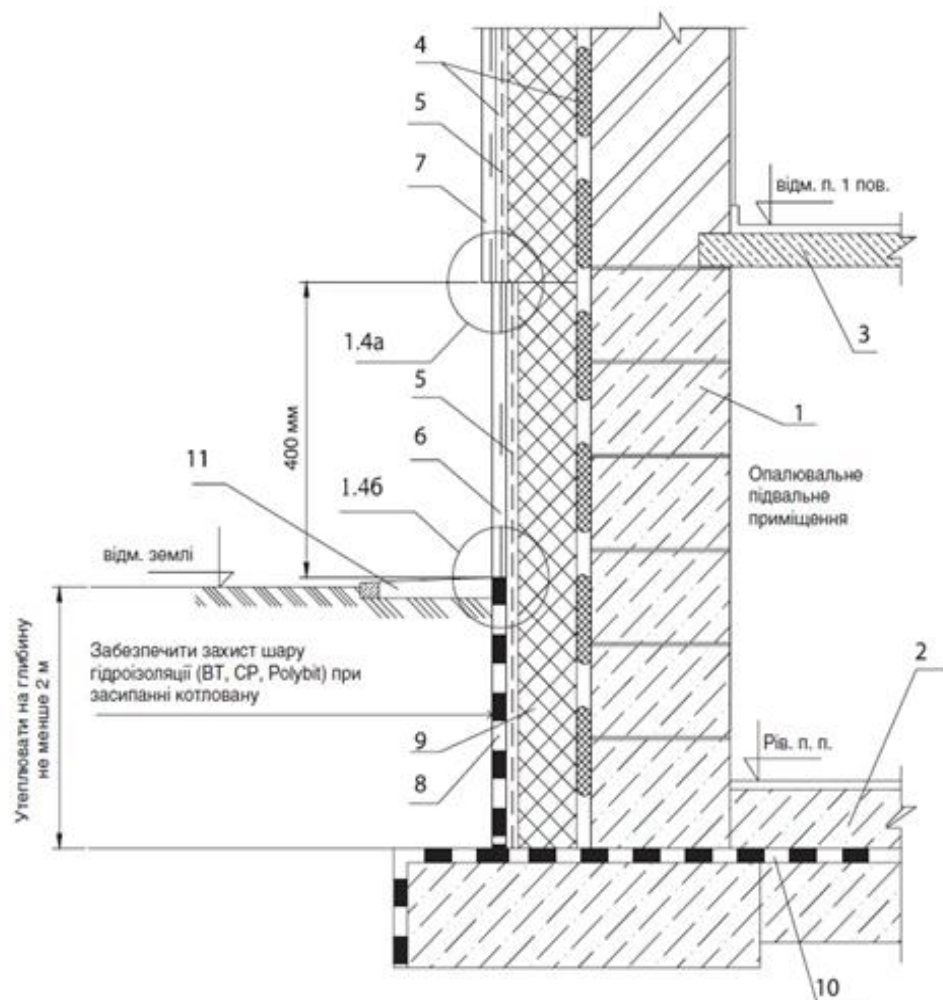


Рисунок 3.8 – Схема утеплення підвальної частини будівлі з поверхневим скидом дощової вод

1. Стіна підвалу.
2. Підлога підвалу (система Ceresit).
3. Перекрыття підвалу.

4. Клеюча суміш Ceresit для приклеювання теплоізоляційних плит і улаштування захисного шару.
5. Армуюча склосітка.
6. Ґрунтовка Ceresit СТ 15, СТ 16.
7. Декоративна штукатурка Ceresit.
8. Гідроізоляційні матеріали Ceresit групи ВТ, СР.
9. Плита теплоізоляційна.
10. Обмазувальна гідроізоляція у два шари Ceresit CR 65, CR 66.
11. Вимощення за проектом.

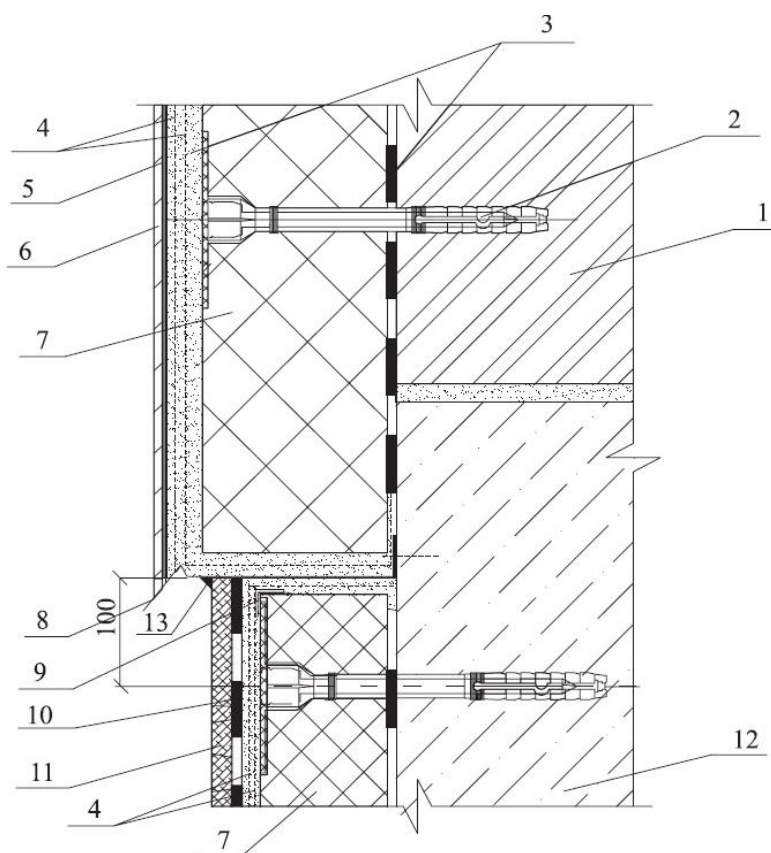


Рисунок 3.9 – Утеплення цокольної частини будівлі. Примикання до системи теплоізоляції на фасаді

1. Несуча стіна.
2. Дюбель.
3. Клеюча суміш для приклеювання теплоізоляційних плит та улаштування захисного шару Ceresit СТ 85 Pro або СТ 87, СТ 100 Impactum.
4. Армуюча склосітка в два шари.

5. Ґрунтовка Ceresit СТ 16, СТ 15.
6. Декоративна штукатурка Ceresit ( СТ 175, Visage, СТ 79 Impactum).
7. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
8. Металевий капельник (кріпиться механічно).
9. Підсилюючий кутик.
10. Обмазувальна гідроізоляція Ceresit CR 66 в два шари.
11. Декоративно-мозаїчна штукатурка Ceresit СТ 77 або СТ 79.
12. Стіна підвалу.
13. Герметик силіконовий Ceresit CS 24.

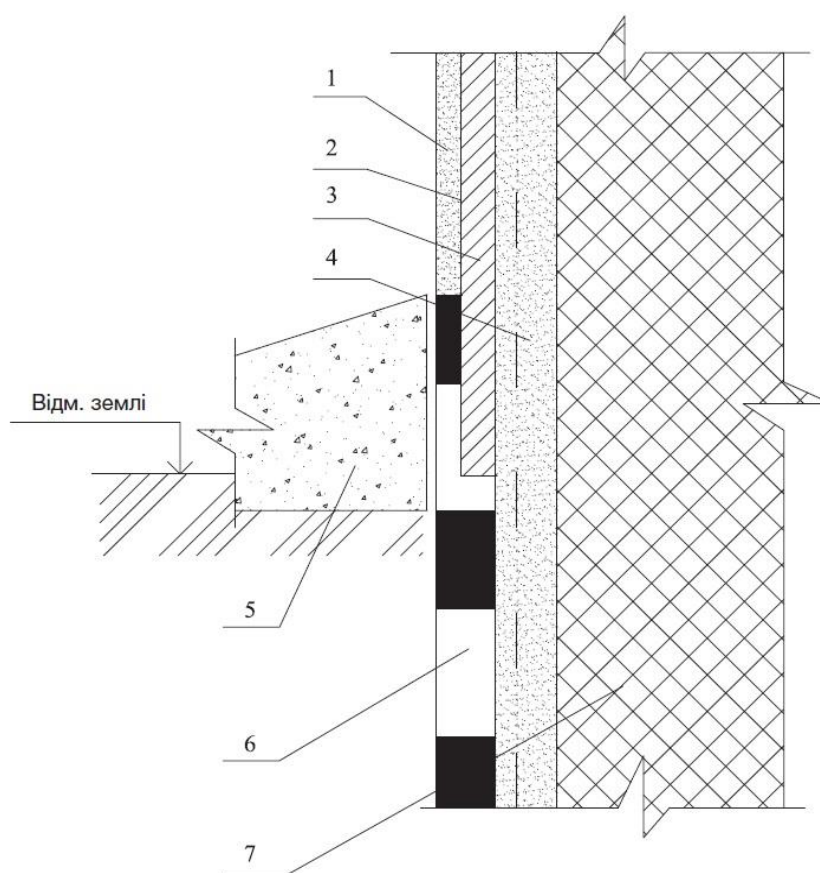


Рисунок 3.10 – . Схема стикування полімерцементної гідроізоляції з бітумнополімерною на рівні позначки землі

1. Декоративно-мозаїчна штукатурка Ceresit СТ 77, СТ 79 (або облицювання плиткою).
2. Ґрунтовка Ceresit СТ 16.
3. Гідроізоляція Ceresit CR 66 в два шари.
4. Захисний армований шар Ceresit СТ 85 Pro, СТ 100.



5. Вимощення за проектом.
6. Гідроізоляція бітумнополімерна Ceresit групи СР, ВТ.
7. Плита теплоізоляційна з екструдованого пінополістиролу.

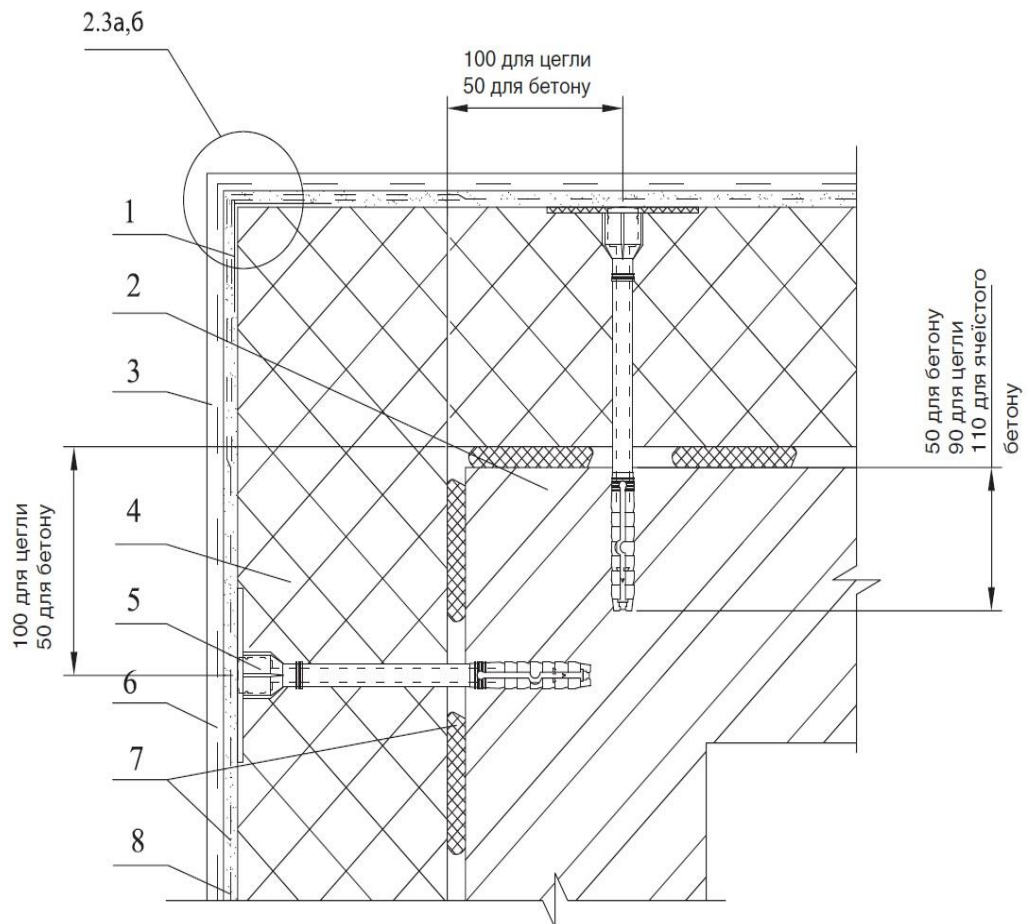


Рисунок 3.11 – . Утеплення стін, що утворюють зовнішній кут

1. Підсилюючий кутик.
2. Несуча стіна.
3. Декоративна штукатурка Ceresit (СТ 175, Visage, СТ 79).
4. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
5. Дюбель.
6. Ґрунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15, СТ 15 silicone.
7. Клеюча суміш для приклеювання плит теплоізоляції та улаштування захисного шару (Ceresit СТ 85 Pro, СТ 100 або Ceresit СТ 83 Pro тільки для кріплення утеплювача).
8. Армуюча склосітка.

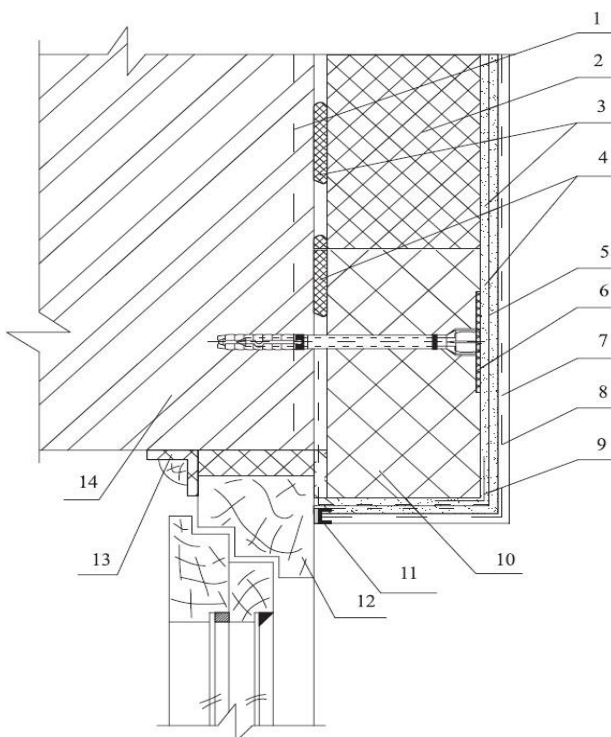


Рисунок 3.12 – . Улаштування теплоізоляції при монтажі вікна врівень із зовнішньою поверхнею несучої стени.

1. Грунтовка Ceresit СТ 17.
2. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
3. Клеюча суміш для приклеювання пінополістирольних плит теплоізоляції та улаштування захисного шару (Ceresit СТ 100 Impactum або Ceresit СТ 83, СТ 83 Pro тільки для кріплення утеплювача).
4. Клеюча суміш для приклеювання мінераловатних плит теплоізоляції та улаштування захисного шару (Ceresit СТ 190, СТ 190 Pro).
5. Армуюча склосітка.
6. Дюбель.
7. Грунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15, СТ 15 silicone.
8. Декоративна штукатурка Ceresit СТ.
9. Підсилюючий кутик.
10. Плита теплоізоляційна з мінеральної вати (обрамлення віконного прорізу — за потреби).
11. Профіль для примикання Ceresit СТ 340 А/03.
12. Вікно.



13. Паробар'єр (липкі стрічки або шар герметика Ceresit Acryl).

14. Несуча стіна.

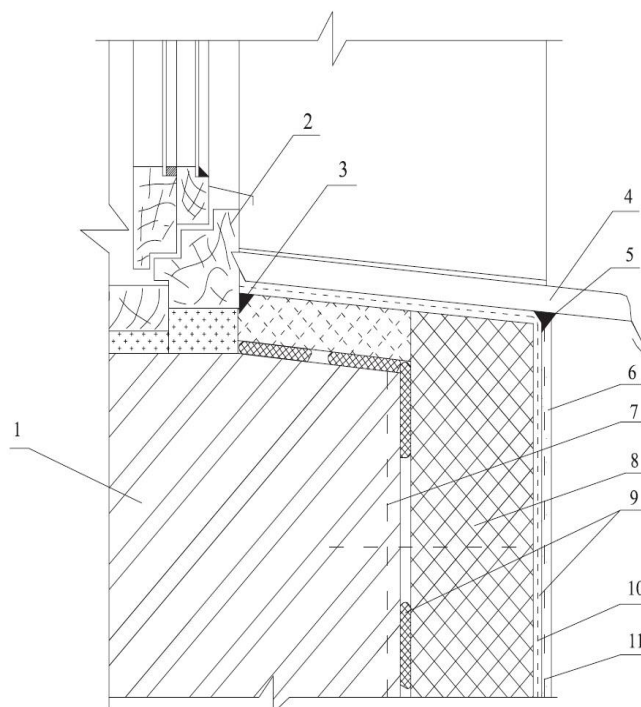


Рисунок 3.13 – . Улаштування теплоізоляції по підвіконним косякам

1. Несуча стіна.

2. Вікно.

3. Герметик Ceresit Acryl.

4. Відлив.

5. Герметик Ceresit Silicone.

6. Декоративна штукатурка групи Ceresit СТ.

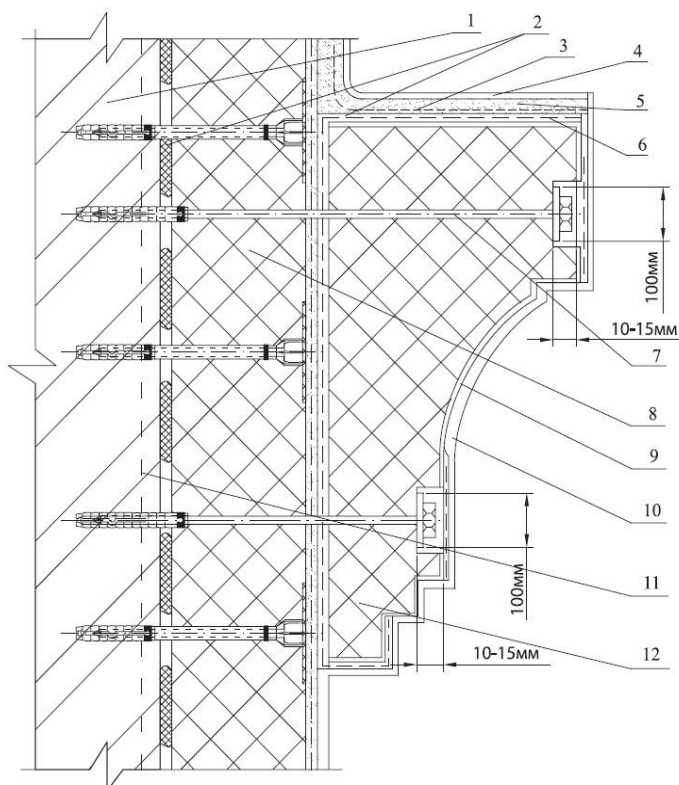
7. Ґрунтовка Ceresit СТ 17.

8. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.

9. Клеюча суміш для приклеювання пінополістирольних плит теплоізоляції та улаштування захисного шару (Ceresit СТ 100 або Ceresit СТ 83, СТ 83 Pro тільки для кріплення утеплювача).

10. Армуюча склосітка.

11. Ґрунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15, СТ 15 silicone.



. Рисунок 3.14 – Варіант улаштування декоративних елементів  
фасаду

1. Несуча стіна.
2. Клеюча суміш для приклеювання теплоізоляційних плит з пінополістиролу та улаштування захисного шару Ceresit СТ 85, СТ 85 Pro, СТ 100.
3. Герметизуюча стрічка Ceresit CL 52.
4. Акрилова фарба Ceresit СТ 44.
5. Гідроізоляція Ceresit CR 66 в два шари.
6. Армуюча склосітка.
7. Шпилька М6 з дюбелем.
8. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
9. Існуючий захисний шар.
10. Декоративна штукатурка Ceresit СТ.
11. Грунтовка Ceresit СТ 17.
12. Фасонний карниз із пінополістиролу.

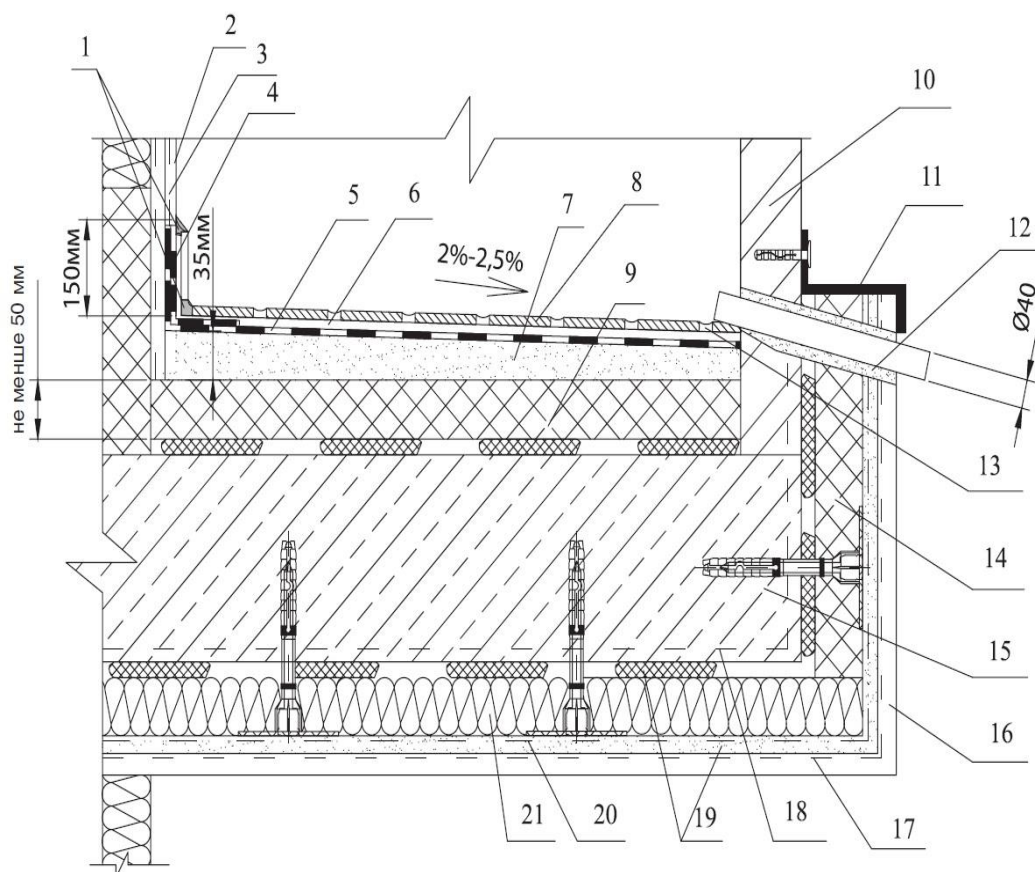


Рисунок 3.15 – Приклад улаштування теплоізоляції балкона

1. Герметик Ceresit Silicone.
2. Декоративна штукатурка Ceresit.
3. Грунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15.
4. Герметизуюча стрічка Ceresit CL 52.
5. Гідроізоляція Ceresit CR 66 (два обмазувальних шари).
6. Клей для облицювання Ceresit CM 17.
7. Стяжка Ceresit CN 178 (з ухилом).
8. Плитка облицювальна.
9. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
10. Захисна конструкція балкона.
11. Профіль з оцинкованої бляхи.
12. Піна монтажна поліуретанова Ceresit.
13. Затирка для міжплиточних швів Ceresit CE 40.
14. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу.
15. Плита балконна.
16. Декоративна штукатурка Ceresit.

17. Грунтуюча фарба Ceresit СТ 16, СТ 15.
18. Грунтовка Ceresit СТ 17.
19. Клеюча суміш для приклеювання теплоізоляційних плит із мінеральної вати Ceresit СТ 190, СТ 190 Pro.
20. Склосітка армуюча.
21. Плита теплоізоляційна з мінеральної вати.

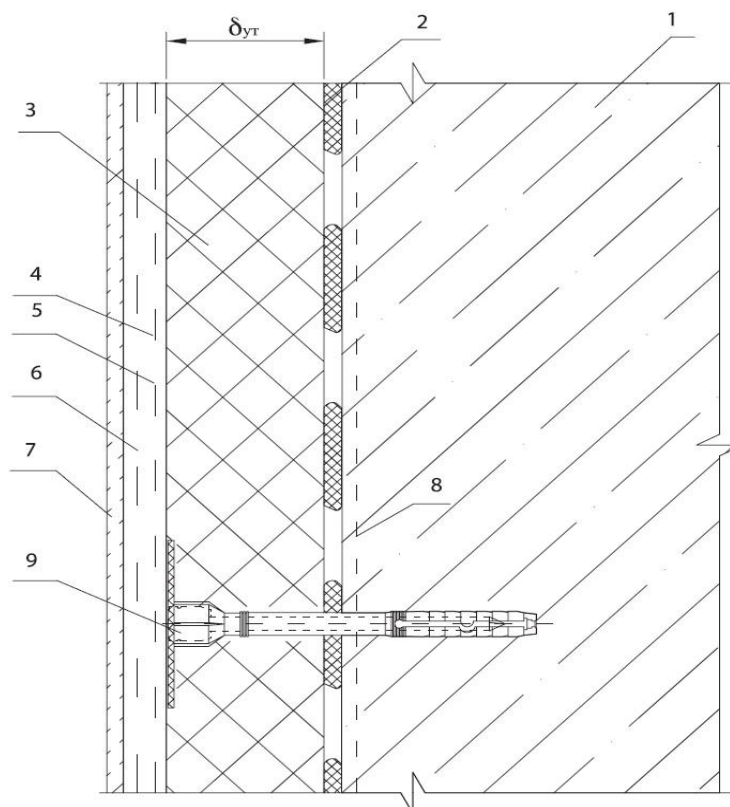


Рисунок 3.16 – Варіант ударостійкої системи теплоізоляції Ceresit Impactum. Стійкість до удару не менше 100 Дж.

1. Несуча стіна.
2. Клеюча суміш для приклеювання плит теплоізоляції СТ 85 Pro.
3. Плита теплоізоляційна з пінополістиролу Ceresit СТ 315.
4. Вискоеластична суміш для влаштування захисного шару Ceresit СТ 100 Impactum.
5. Армуюча склосітка «панцирна» Ceresit СТ 327.
6. Армуюча склосітка Ceresit СТ 325.
7. Декоративна штукатурка еластомерна Ceresit СТ 79.
8. Грунтовка Ceresit СТ 17. 9. Дюбель.

### 3.5 Улаштування системи теплоізоляції

Системи утеплення розподіляються на типи та підтипи в залежності від виду теплоізоляційного матеріалу та декоративної штукатурки.

Однак послідовність виконання робіт та технологія практично не відрізняються та містять наступний перелік робіт:

- підготування поверхонь зовнішніх огорожуючих конструкцій до виконання робіт з утеплення;
- прикріплення перфорованих цокольних профілів до нижньої частини будинку по його периметру;
- огрунтування поверхні зовнішніх огорожуючих конструкцій ґрунтувальною сумішшю;
- приготування клейової розчинної суміші з сухої суміші та води;
- нанесення клейової розчинної суміші на поверхню плит утеплювача та приклеювання їх до поверхні огорожуючих конструкцій;
- заповнення ущільнюючим матеріалом місць примикання плит утеплювача до віконних та дверних рам, а також місць з'єднання плит утеплювача з карнизною плитою;
- улаштування деформаційних швів у термоізолюючому покритті;
- закріплення плит утеплювача на огорожуючих конструкціях за допомогою з'єднувальних елементів (дюбелів, гвинтів з гайками та шайбами);
- приготування клейової розчинної суміші з сухої суміші та води та нанесення її на поверхню утеплювача;
- укріплення перфорованих кутків на торцях першого поверху, а також по периметру віконних прорізів будинку та приклеювання склосітки по всьому фасаду будинку;
- огрунтування поверхні гідрозахисного розчину ґрунтувальною сумішшю;

- приготування декоративних штукатурних сумішей з сухої суміші та води;
- оштукатурювання поверхні фасаду;
- укріплення в нижніх частинах віконних прорізів металевих козирків;
- улаштування навісів з гідроізоляцією, з'єднаних з покрівлею;
- фарбування фасаду будинку фарбами або гідрофобними сумішами.

Перед початком робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції необхідно виконати:

- огляд, перевірку будівельного об'єкту та визначення готовності його до виконання робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції;
- розробку проекту виконання робіт;
- планування та улаштування будівельного майданчику біля об'єкту, що утеплюється;
- встановлення лісів (або навішення колисок) та підйомників для підняття на потрібну висоту матеріалів, виробів, інструментів та пристроїв;
- доставку на будівельний майданчик та складування матеріалів, виробів, інструментів та пристроїв;
- підготовку будівельного об'єкту до виконання робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції.

Підготовка основи:

Оздоблювальний шар, який втратив зчеплення з поверхнею конструкції підчас підготовки до виконання робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції, видаляють за допомогою дрібоструменевих апаратів, а також за допомогою струменю води, що подається під тиском до 30 МПа. в разі невеликих обсягів робіт для цього використовують кирки, зубила, скарпелі та щітки.

Напливи бетону та розчину видаляють електричними молотками, ручними свердлильними машинами. В разі невеликих обсягів робіт використовують бучарди, зубила, сталі щітки.

Покриття з фарб, які мають низьку паропроникність та слабе зчеплення з основою, видаляють обробкою піскоструменевими апаратами, дрібноструменевими апаратами, термічним випалом або хімічним промиванням.

Грунтування вологопоглинаючих основ:

Великі тріщини, вибоїни грунтують сумішшю Ceresit СТ 17, витримують протягом чотирьох годин до повного висихання ґрунтовки, потім заповнюють розчинною сумішшю Ceresit СТ 29. Тріщини підмазують шпателем вручну спочатку рухом шпателя поперек тріщини (заповнюють тріщину розчинною сумішшю), потім уздовж тріщини (вирівнюють шар розчинної суміші врівень з поверхнею конструкції). Тріщини шириною до 2 мм, а також дрібні подряпини розчинною сумішшю не заповнюються.

В тому випадку, коли зовнішні стінні конструкції піддавалися ремонту або їхні поверхні оброблялися спеціальними сумішами, роботи з улаштування скріпленої теплоізоляції розпочинають не раніше ніж через три дні після закінчення робіт з підготовки поверхні.

Закріплення цокольних профілів:

Профілі застосовують з шириною полки, що відповідає товщині плит утеплювача, що застосовується (товщина плит утеплювача вказується в проекті виконання робіт на основі теплотехнічних розрахунків).

Перед кріпленням полички профілів обрізують пилою-ножівкою під кутом 45 (поличка, яка буде розміщена перпендикулярно до стінки) та 90 (поличка, яка буде розміщена паралельно стіні).

Профілі закріплюють до цоколю будинку по його периметру на 300–400 мм нижче перекриття підземного поверху (підвалу) у випадку, коли підвал не опалюється, за допомогою дюбелів діаметром 6 мм, які розміщуються на відстані 0,35 м один від одного, з використанням шайб. Якщо підвальне приміщення опалюється, необхідно виконати теплоізоляцію всієї стіни з наступною її гідроізоляцією.



Приготування розчинної суміші для закріплення теплоізоляційних плит:

Для приготування розчинних сумішей використовують розчинозмішувачі або низькообертний дріль з рамною насадкою та пластмасову ємність.

В змішувач або в пластмасову ємність заливають розраховану кількість води та поступово засипають суху суміш, постійно перемішуючи розчинну суміш, що готується, до отримання однорідної маси. Потім перемішуючий орган відключають та розчинну суміш витримують протягом 5 хвилин в спокої. Через 5 хвилин включають перемішуючий орган, розчинну суміш перемішують ще протягом 2 хвилин.

Розчинну суміш Ceresit СТ 85 слід використати протягом 2 годин, Ceresit СТ 85 Pro – 3 годин, розчинну суміш Ceresit СТ 190 слід використати протягом 1,5 годин, Ceresit СТ 190 Pro – 2 годин. На місці виконання робіт розчинні суміші в тарі (полімерні відра, бачки) подають підйомником або лебідкою з блоками, закріпленими на потрібній висоті, а також підношенням вручну.

Нанесення клейової розчинної суміші на ізоляційні плити:

Клейову розчинну суміш наносять на пінополістирольні плити утеплювача одним з наступних способів:

– смугами – поверхня стіни має нерівності до 10,0 мм, розчинна суміш наноситься на поверхню плити у вигляді смуг на відстані 20 мм від краю по всьому периметру плити, а потім посередині, смуги по периметру повинні мати розриви, щоб при наклеюванні плит не утворювалися повітряні пробки;

– маячковий – поверхня стіни має нерівності до 15,0 мм, розчинна суміш наноситься на поверхню плити у вигляді смуг на відстані 20 мм від краю по всьому периметру плити шириною 60 мм та висотою 20 мм, а потім посередині плити у вигляді маячків з розрахунку 5 – 8 штук діаметром близько 100 мм висотою 20 мм на плиту розміром 0,5 × 1,0 м. Смуги по

периметру повинні мати розриви; суцільний – поверхня стіни має нерівності до 5 мм, розчинна суміш наноситься всією поверхнею плити зубчатим шпателем з розміром зубу 10×10 мм. Клейову розчинну суміш наносять на мінераловатні плити тільки суцільним способом.

Після нанесення розчинної суміші плиту необхідно відразу встановити в проектне положення та притиснути. Відразу ж після нанесення клейової розчинної суміші на поверхню плити її слід наклеїти на огрунтовану поверхню основи. Час, що пройшов з моменту нанесення клейової розчинної суміші на поверхню плити, до приклеювання плити до основи, не повинен перевищувати 20 хвилин.

Приклеювання ізоляційних плит:

Плити утеплювача закріплюють на конструкції знизу вгору, встановлюючи перший ряд плит на перфоровані цокольні профілі, укріплені з дотриманням правил прив'язки швів: зміщення швів в напрямку горизонталі; зубчата перев'язка на кутах будинку; обрамлення віконних та інших прорізів плитами з підігнаними за місцем вирізами. Для забезпечення щільного прилягання плити до основи, її необхідно спочатку прикласти до поверхні стіни на відстані 2–3 см від проектного положення, а потім притиснути за допомогою дерев'яного напівтерка зі зміщенням в проектне положення, ударяючи напівтерком доти, доки її площа зрівняється з рівнем сусідніх плит. Ширина шву між плитами не повинна перевищувати 2 мм. В тому випадку, коли шов вийшов ширше, його слід заповнити смугою, вирізаною з плити утеплювача. При приклеюванні плит утеплювача до поверхні зовнішніх огороджуючих конструкцій не дозволяється потрапляння клейової розчинної суміші в шов між ними. Відстань між теплоізоляційними плитами в місці улаштування деформаційного шву повинна складати від 10 до 12 мм. Відразу після приклеювання плити не можна пересувати, щоб не послаблювати її з'єднання з основою.

Додаткове укріплення захисного шару в кутах віконних та дверних прорізів:

Всі кути прорізів повинні бути укріплені додатковим захисним шаром армованої сітки з розмірами, не меншими ніж 35 × 20 см. Це попереджує виникнення косих тріщин, які утворюються, як правило, від початку кута прорізу.

Підсилення кутів металевими профілями:

Кути будинку та відкоси віконних та дверних прорізів слід підсилити перфорованими кутками з алюмінієвого листа, які вклеюються за допомогою розчинної суміші Ceresit СТ 85. Найбільш ефективним є використання кутків, оклеєних в заводських умовах смужкою сітки.

Додаткове укріплення захисного шару на стінах першого поверху:

На стінах першого поверху мінімум на висоту 2 м над рівнем землі слід продублювати захисний шар додатковим шаром сітки. Це збереже термоізоляційні плити від випадкових механічних пошкоджень.

Улаштування основного захисного шару:

Після висихання додаткових укріплених шарів можна перейти до улаштування основного захисного з суцільним армуванням склосіткою шару. Першою операцією (аналогічно як при виконанні додаткових укріплень) є рівномірне нанесення розчинної суміші товщиною близько 2 мм. Розчин наноситься стальною теркою (напівтеркою) згори донизу, вертикальною смугою шириною приблизно 1,1 м.

Формування кутів:

Кути віконних та дверних прорізів, а також кути будинку найкраще формувати кутовою теркою.

Нанесення декоративних штукатурних сумішей:

– Грунтування під тонкошарові штукатурки:

До грунтування можна приступати після остаточного висихання захисного шару, армованого сіткою (приблизно через 3 доби). Грунтуючу фарбу Ceresit СТ 16 або Ceresit СТ 16 Pro слід наносити пензликом,

рівномірно за один прохід. Тривалість висихання фарбі складає приблизно 4 години.

– Приготування акрилових, силікатних та силіконових штукатурок:

Акрилові штукатурки рекомендується використовувати в системі утеплення Ceresit ППС. Силікатні та силіконові – в системах ППС та МВ. Вони випускаються у вигляді мас, які готові до застосування. Безпосередньо перед застосуванням їх необхідно перемішати.

Затирання теркою тонкошарової штукатурки:

Для штукатурок з фактурою типу «короїд», в залежності від напрямку руху терки, можна отримати вертикальні, горизонтальні або кругові лінії, які визначаються зерном, що міститься в матеріалі. Штукатурки з фактурою «під гальку» набувають вигляд рясно укладених зеренкам'янів.

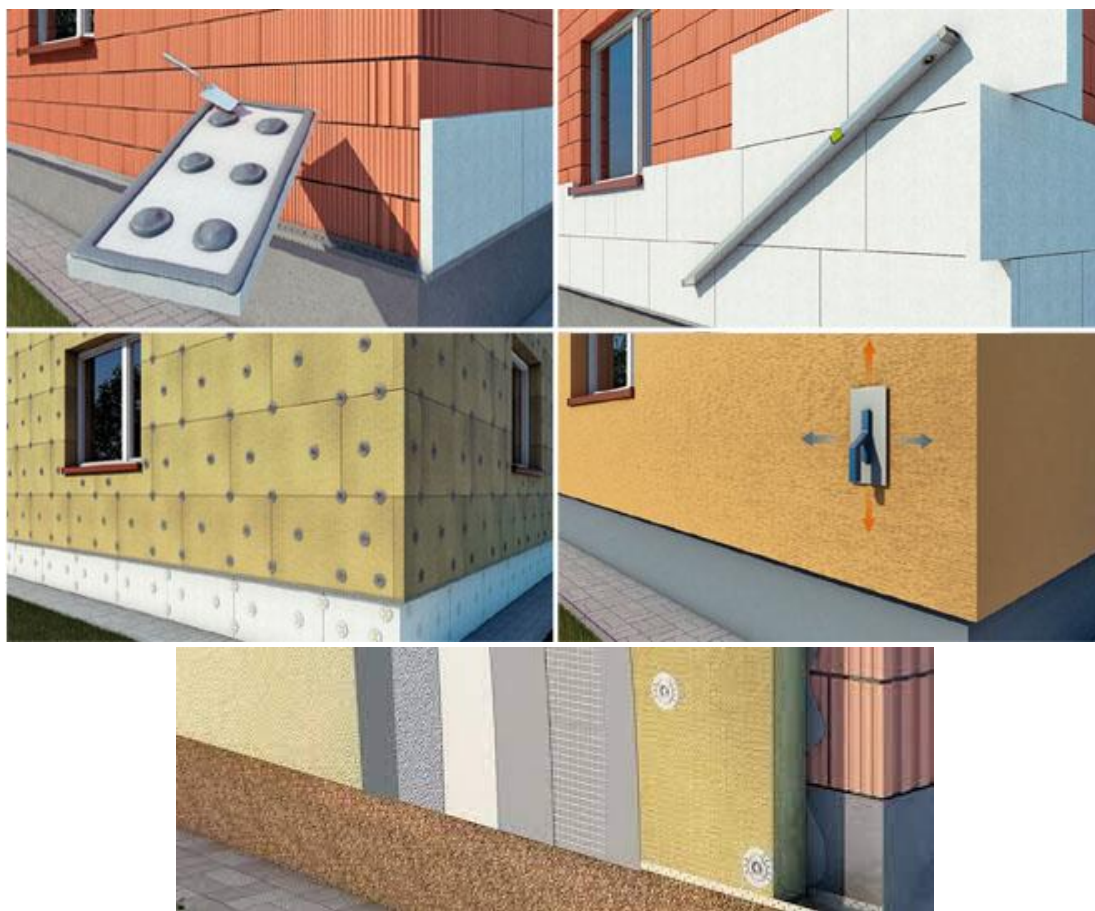


Рисунок 3.17 – Улаштування системи теплоізоляції

Організація робіт при улаштуванні системи теплоізоляції «Ceresit» при від'ємних температурах рис. 3.18.

До початку робіт по улаштуванню системи теплоізоляції необхідно:

- поділити будівлю на захвати з урахуванням можливостей калориферів і кількості працівників, зайнятих у технологічному процесі;
- закрити робочу зону, визначену захваткою,
- армованою поліпропіленовою плівкою (визначити методи кріплення плівки);
- встановити калорифери;
- встановити термометри для контролю
- за температурою в робочій зоні на кожному поверсі;
- визначити робоче місце для складування матеріалів і приготування робочих сумішей матеріалів;
- підвести джерела енергії для забезпечення роботи калориферів і підігріву води, необхідної для затворення сухої суміші (температура води від  $+18^{\circ}\text{C}$  до  $+21^{\circ}\text{C}$ ).

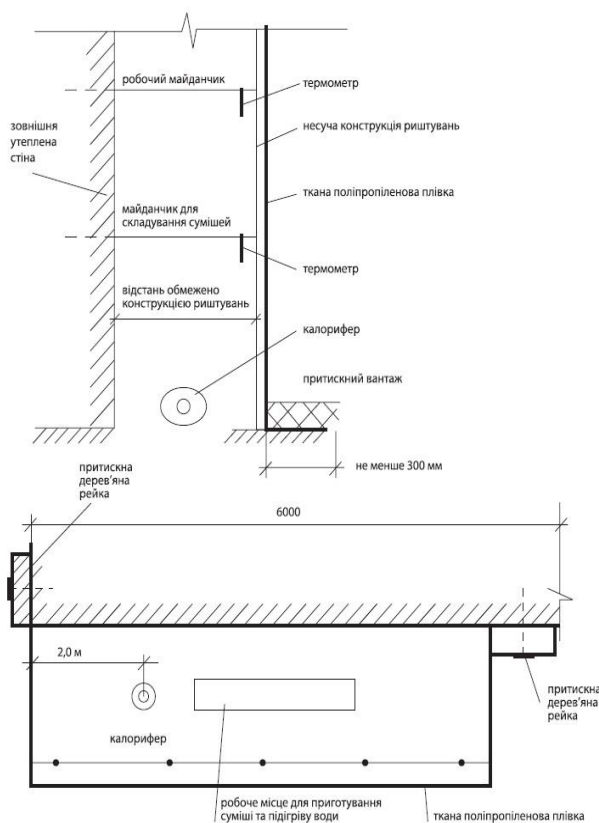
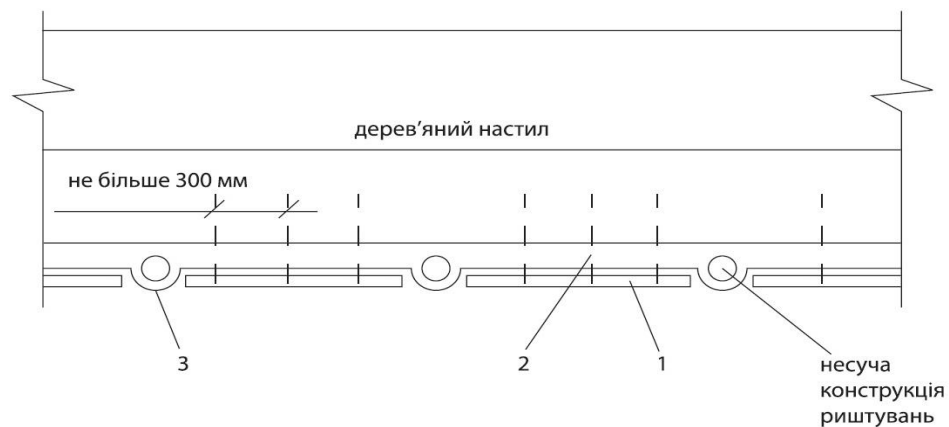


Рисунок 3.18 – Схема розміщення обладнання

Кріплення відсікаючої частини плівки по горизонталі здійснюється аналогічно рис. 3.19, відсікання робочої зони повинне розміщуватися над віконними і дверними прорізами або під ними



**Варіант 1. Кріплення поліпропіленової плівки до дерев'яного настилу робочих майданчиків (на кожному поверсі)**

1. Дерев'яна рейка  $20 \times 20$  х довжина не менше 1500 мм.
2. Саморіз завдовжки  $50 \times 60$  мм.
3. Ткана поліпропіленова плівка.



**Варіант 2. Кріплення поліпропіленової плівки до дерев'яного настилу робочих майданчиків (на кожному поверсі)**

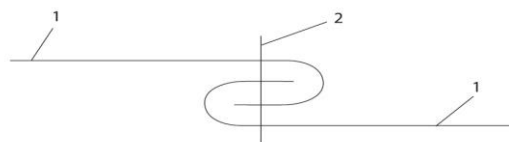


Рисунок 3.19 – Вузли з'єднання полотен плівки за допомогою скріпкозшивача (частота розташування скріпок не більше 100 мм)

1. Ткана поліпропіленова плівка.
2. Скріпка.

Для організації оптимальної роботи по утепленню, в першу чергу, з урахуванням мінімалізації технологічних перерв, роботи повинна виконувати бригада з 3 чоловік (площа утеплення 90–100 м<sup>2</sup>):

1 – приготування робочих сумішей, складування матеріалів, підігрів води, подача робочих сумішей до місця використання, участь у закріпленні плит утеплювача за допомогою дюбелів;

2 і 3 – виконання робіт по монтажу системи.

Механічне закріплення плит утеплювача здійснюється через 3 доби, заздалегідь перевіривши зчеплення (адгезію) утеплювача до матеріалу захисної конструкції.

Поверхня, оброблена Ceresit СТ 16, готова для нанесення декоративних покриттів через 8 годин (ступінь висихання ґрунтовки перевіряє лабораторія за допомогою липкої стрічки).

Декоративний штукатурний шар необхідно витримати при плюсовій температурі не менше 3 діб. Після визначення вологості й отриманні позитивного результату здійснюється демонтаж штучного забезпечення можливості виконання робіт при від'ємній температурі.

### **3.6 Методи контролю якості робіт**

Контроль якості робіт з утеплення будинків виконується згідно з ДСТУ Б В.2.6-36:2008 та ДБН В.2.6-22:2001.

– Роботи з утеплення будинків скріпленої теплоізоляцією необхідно виконувати у відповідності до конструктивних рішень, що передбачені проектом та даним посібником.

– Для виконання робіт з утеплення будинків можна застосовувати лише ті матеріали, які передбачені проектом.



– Ефективність змонтованої системи утеплення повинна визначатися відсутністю «містків холоду».

– Місця з'єднання теплоізоляції з віконними та дверними блоками, а також місця з'єднання з утеплювачем покрівлі та покрівельним покриттям повинні бути ретельно ущільнені герметизуючими сумішами та не створювати «містків холоду».

– Після закінчення роботи в процесі експлуатації будинку з утепленими зовнішніми стінними конструкціями не допускається відшарування системи ущільнення, а також окремих її шарів від поверхні конструкції.

– Ширина швів між плитами утеплювача повинна бути не більше 2 мм.

– Нахлист полотнищ армуючої склосітки в місцях її з'єднання повинен бути не менший 10 мм.

– Поверхня фасаду будинку, що утеплюється, повинна бути рівною, без виривів та інших пошкоджень теплоізоляційного матеріалу, а також штукатурних та оздоблювальних шарів. Проміжок між контрольною 2-метровою рейкою та поверхнею конструкції не повинен перевищувати 5 мм.

– Допустиме відхилення товщини теплоізоляційного шару від проектного значення не повинне перевищувати  $\pm 5\%$ .

– В теплоізоляційному, штукатурному та оздоблювальному шарах не повинно бути тріщин.

– Кольорова гама фасаду будинку повинна відповідати вимогам проекту. Різниця у відтінках кольору на різних ділянках фасаду не допускається. Смуги, плями від висолів та місцеві виправлення оздоблювального шару, які вирізняються на загальному фоні, не допускаються

### **3.7 Техніка безпеки та охорона праці**

Сучасне будівництво виконується із залученням спеціалізованих будівельних організацій, тому на будівельних майданчиках одночасно працюють працівники кількох організацій. В цих випадках з метою створення кращих умов праці на спорудах та збереження здоров'я тих, хто працює на них, генеральна (основна) підрядна організація повинна розробити із залученням усіх підприємств та організацій, які працюють на об'єктах, загальні та обов'язкові для всіх заходи з техніки безпеки та графік виконання спільних робіт, без чого виконувати роботи на будівництві забороняється.

В цих заходах повинно бути передбачено забезпечення виконання також основних вимог з техніки безпеки при виконанні робіт з улаштування скріпленої теплоізоляції фасадів.

### **3.8 Проектування огорожувальних конструкцій будинків за теплотехнічними показниками їх елементів за допомогою ВІМ. Програма «Теремок»**

#### **Вплив на теплозахисні характеристики**

При влаштуванні стіни, захищеної плитним утеплювачем можливо пристрій вентиляваного прошарку. Вона дозволяє відводити конденсат від матеріалу і запобігати його намокання. Мінімальна товщина зазору 1 сантиметр. Це простір не замкнено і має безпосереднє сполучення з зовнішнім повітрям.

При наявності повітряно-вентильованого прошарку в розрахунку враховуються тільки ті шари, які знаходяться до неї з боку теплого повітря.

Наприклад, пиріг стіни складається з штукатурки, внутрішньої кладки, утеплювача, повітряного прошарку і зовнішньої кладки.

У розрахунок приймаються тільки штукатурка, внутрішня кладка і утеплювач.

Зовнішній шар кладки йде після вентзазора, тому не враховується. В даному випадку зовнішня кладка виконує лише естетичну функцію і захищає утеплювач від зовнішніх впливів.

Важливо: при розгляді конструкцій, де повітряний простір замкнуто, воно враховується у розрахунку.

Наприклад, у разі віконних заповнень. Повітря між стеклами відіграє роль ефективного утеплювача.

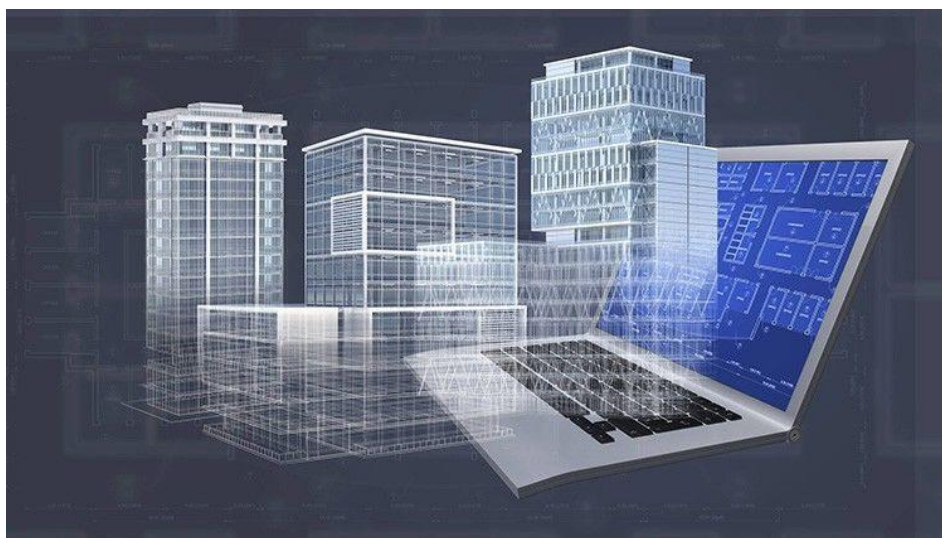
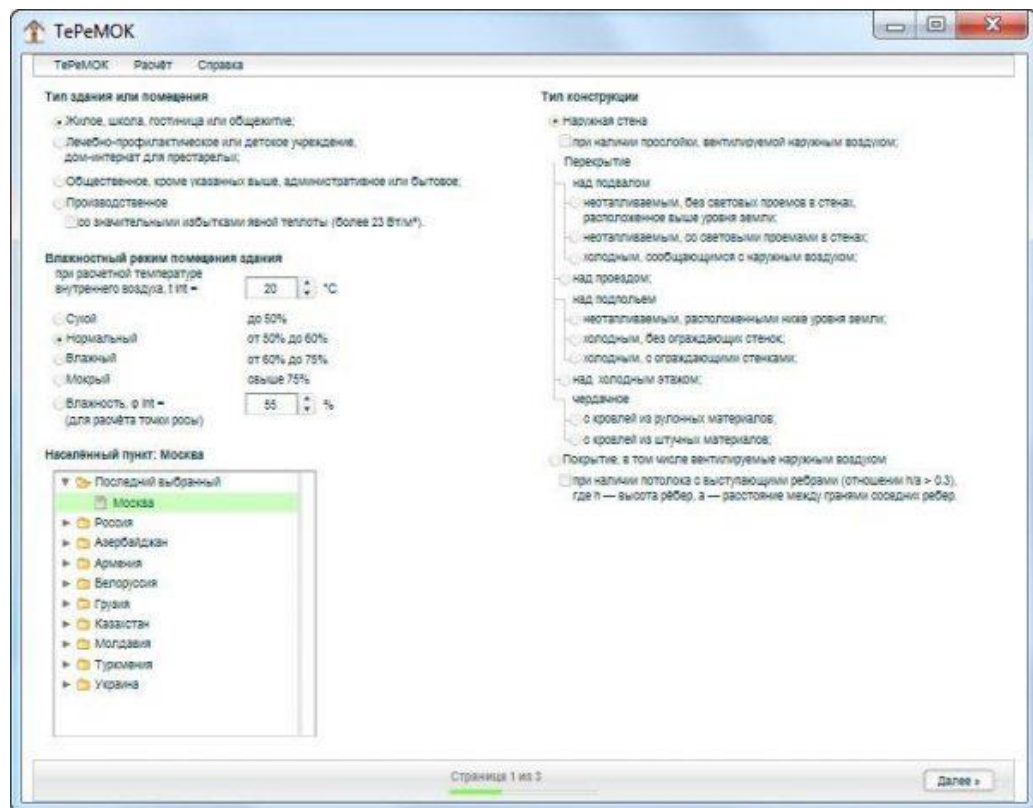


Рисунок 3.20 – Програма «Теремок»

Пропонуємо навести приклад, який допоможе підібрати правильну товщину теплоізоляційного матеріалу. Щоб запобігти можливому замерзанню стін, потрібно спочатку правильно розрахувати і вибрати товщину утеплювача. Якщо правильно підійти до цього питання, то так звана «точка роси» відображається всередині не несучих стін, а утеплювача,

який в результаті допоможе нам уникнути надмірного утворення вологи і конденсату всередині будинку.

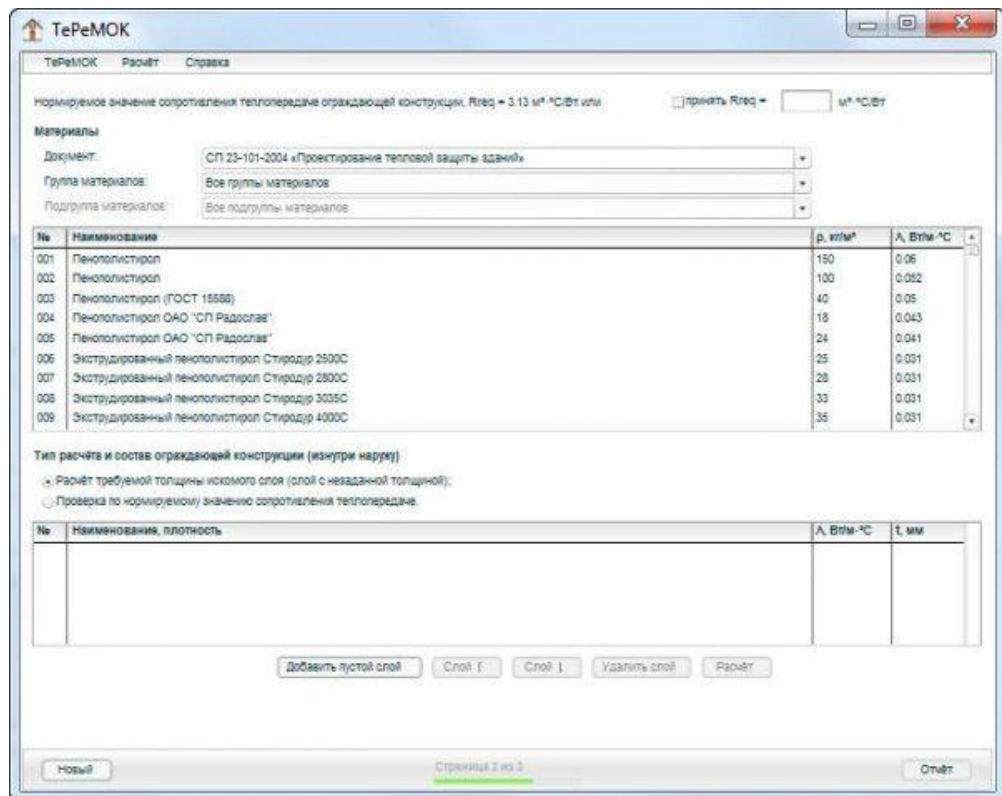


Для виконання розрахунку за допомогою персонального комп'ютера фахівці часто використовують програму для теплотехнічного розрахунку «Теремок». Вона існує в онлайн-варіанті і як додаток для оперативних систем.

Програма виробляє обчислення на основі всіх необхідних нормативних документів. Робота з програмою дуже проста. Воно дозволяє виконувати роботу в двох режимах:

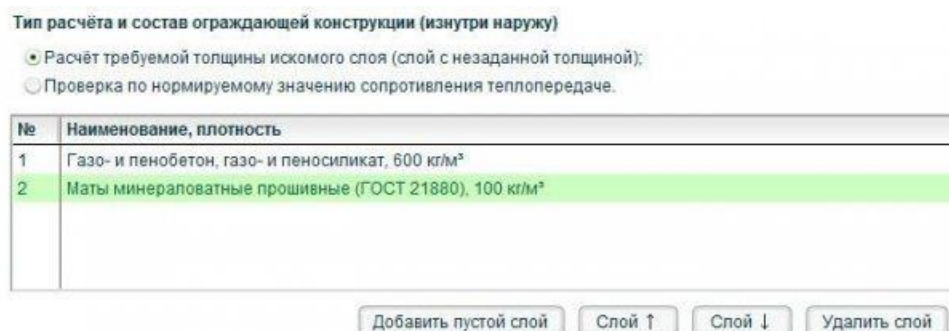
- розрахунок необхідного шару утеплювача;
- перевірка вже продуманій конструкції.

В базі даних є всі необхідні характеристики для населених пунктів нашої країни, досить лише вибрати потрібний. Також необхідно вибрати тип конструкції: зовнішня стіна, мансардна покрівля, перекриття над холодним підвалом або горище.



При натисканні кнопки продовження роботи з'являється нове вікно, що дозволяє зібрати конструкцію. Багато матеріали є в пам'яті програми. Вони підрозділені на три групи для зручності пошуку: конструкційні, теплоізоляційні і теплоізоляційно-конструкційні. Потрібно задати лише товщину шару, теплопровідність програма вкаже сама.

При відсутності необхідних матеріалів можна додати, знаючи теплопровідність.



Перед тим як робити обчислення, необхідно вибрати тип розрахунку над таблицю з конструкцією стіни. Залежно від цього, програма видасть або товщину утеплювача, або повідомить про відповідність

огорожувальної конструкції нормам. Після завершення обчислень, можна сформуванати звіт в текстовому форматі.

«Теремок» дуже зручний для користування і з ним здатний розібратися навіть людина без технічної освіти. Фахівцям ж він значно скорочує час на обчислення та оформлення звіту в електронному вигляді.

Головною перевагою програми є той факт, що вона здатна обчислити товщину утеплення не тільки зовнішньої стіни, але й будь-якої конструкції. Кожен з розрахунків має свої особливості, і непрофесіоналові досить складно розібратися у всіх. Для будівництва приватного будинку досить освоїти цей додаток, і не доведеться вникати у всі складнощі.

Розрахунок і перевірка всіх огорожувальних поверхонь займе не більше 10 хвилин.

### Теплотехнічний розрахунок онлайн

Главная | Все расчеты | Сортимент | Материалы | Статьи | Контакты

Расчет выполнить согласно:  
 СНиП 23-02-2003 и СНиП 23-01-99\*  
 СП 50.13330.2012 и СП 131.13330.2012 (действует с 1 января 2012г.)  
 населенный пункт: (автозаполнение)  
 Белгород

Тип зданий и помещений  
 Жилые

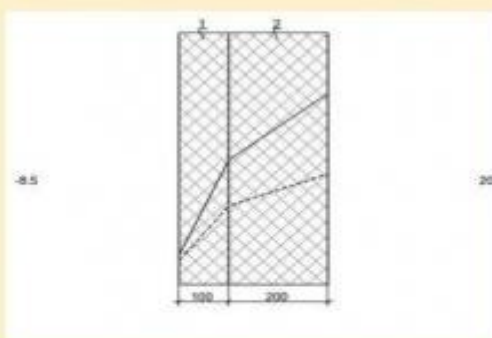
Вид ограждающей конструкции  
 Наружные стены

Расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания  $t_{вн}$  [°C] 20  
 Относительная влажность внутреннего воздуха  $\phi_{вн}$  [%] 55  
 Коэффициент теплопроводимости однородности  $\mu$  [°] 0.92

Опции расчета:  
 Выполнен расчет по нормируемому удельному показателю расхода тепловой энергии [°]  
 Расчет сопротивления паропроницанию  
 Расчет точки росы

№	Название материала(от наружного слоя к внутреннему)	$\delta$ , мм	$\lambda_d$ Вт/(м·°C)	$\lambda_d$ Вт/(м·°C)	$\mu$ [м·ч·Па]		
1	ПСБ-C-15	100	0.035	0.044	0.95	DEL	+
2	Газобетон (d=600мм куб)	200	0.22	0.26	0.17	DEL	+
3	Выбрать					DEL	+
4	Выбрать					DEL	+
5	Выбрать					DEL	+
6	Выбрать					DEL	+
7	Выбрать					DEL	+

$R_0^{расч} > R_0^{норм}$  (3.61 > 1.8) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче  
 Плоскость возможной конденсации располагается на наружной поверхности утеплителя. Влагонакопление невозможно.  
 Кривые распределения давления не пересекаются. Выпадение конденсата невозможно.



Влажностный режим передачи: нормальный  
 Расчетная температура наружного воздуха:  $t_{нр}$  = -23°C  
 Продолжительность отопительного периода:  $t_{от}$  = 195 сут.  
 Средняя температура наружного воздуха:  $t_{ср}$  = -1.9°C  
 ГСОП = 4182.9°C сут  
 $a = 0.86935$ ,  $b = 1.4$   
 $\alpha_{вн} = 23$   
 $\alpha_{нр} = 8.7$   
 Зона влажности: Сухая  
 Условия эксплуатации: А  
 - - - - - действительное давление в  
 ————— накопительное давление E



Теплотехнічний розрахунок можна зробити в Інтернеті онлайн. Непоганим, як на мій розсуд бути сервіс: [rascheta.net](http://rascheta.net). Давайте коротко розглянемо, як з ним працювати.

Перейшовши на сайт онлайн калькулятора, насамперед потрібно вибрати нормативи за якими проводиться розрахунок. Я вибираю звід правил від 2021 року, так як це більш новий документ.

Далі потрібно вказати регіон, в якому буде будуються об'єкт. Якщо немає Вашого міста вибирайте найближчий великий місто. Після цього вказуємо тип будівель і приміщень. Скоріше всього Ви будете розраховувати житловий будинок, але можна вибрати громадські, адміністративні, виробничі та інші. І останнє, що потрібно вибрати — вид огорожувальної конструкції (стіни, перекриття, покриття).

Розрахункову середню температуру, відносну вологість та коефіцієнт теплотехнічної однорідності залишаємо такими ж, якщо не знаєте як їх змінювати.

В опціях розрахунку встановлюємо всі дві галочки, крім першої.



№	Название материала (от наружного слоя к внутреннему)	$\delta$ , мм	$\lambda_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$\lambda_E$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	$\mu$ мг/(м <sup>2</sup> ·Па)
1	ПСБ-С-25	100	0.0368	0.0458	0.05
2	Газобетон ( $\rho=400$ кг/м.куб)	200	0.14	0.15	0.23
3	Выбрать				
4	Выбрать				
5	Выбрать				
6	Выбрать				
7	Выбрать				

$R_0^{TP} > R_0^{норм}$  (3.39 > 2.99) конструкция соответствует требованиям по теплопередаче  
 $R_n > R_{n1}^{TP}$  (2.39 > 0.15),  $R_n > R_{n2}^{TP}$  (2.39 > 1.64) условие паропроницаемости выполняются  
 Кривые распределения давления не пересекаются. Выпадение конденсата невозможно.

В таблиці вказуємо пиріг стіни починаючи зовні — вибираємо матеріал і його товщину. На цьому, власне, весь розрахунок і закінчений. Під таблицею буде результат розрахунку. Якщо якась з умов не виконується міняємо товщину матеріалу або ж сам матеріал, поки дані не будуть відповідати нормативним документам.

Теплотехнічні властивості огорожень повинні забезпечувати нормований температурно-вологісний режим у приміщенні, допустиму величину коливань температури на внутрішній поверхні при температурних змінах зовнішнього повітря.

Виконання теплотехнічного розрахунку енергоефективних огорожувальних конструкцій будинків має за мету забезпечити підвищений теплозахист житлово-цивільних будинків і споруд для нового будівництва, реконструкції та капітального ремонту.

Розрахунок виконується з урахуванням нових, підвищених нормативів опору теплопередачі зовнішніх конструкцій, що обгороджують, відповідно ДБН В.2.6-31:2021 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» зі Зміною №1 від 1 липня 2013 року, що встановлюють вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій (теплоізоляційної оболонки) будинків і споруд і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату

приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків та споруд.

Виконуємо перевірку виконання обов'язкової умови проектування огорожувальних конструкцій за теплотехнічними вимогами за формулою 3.1

$$R_{\Sigma \text{ пр}} \geq R_{q \text{ min}} \quad (3.1)$$

$$R_{\text{пр}} = 4,31 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт} > R_{q \text{ min}} = 4,0 \text{ м}^2 \times \text{К/Вт}$$

Умова виконується, тип конструкції обрано вірно.

## ВИСНОВКИ

BIM (Building Information Modeling) технології перетворюють традиційний підхід до проектування, будівництва та експлуатації будівель. Вони надають всебічний та інтегрований погляд на будівельний процес, забезпечуючи значні переваги на всіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів.

Однією з ключових переваг використання технологій BIM є здатність до раннього виявлення конфліктів та проблем на проєкті завдяки 3D-координації. Традиційний підхід до проектування та будівництва, базований на 2D-кресленнях, може призводити до непроглядності і помилок, які можуть виявитися лише під час фізичного будівництва.

Технологія BIM дозволяє створювати тривимірні моделі будівлі, включаючи всі її компоненти, такі як стіни, стелі, системи опалення, електрики та інші. Це дозволяє зробити комплексний аналіз всього проєкту та виявити конфлікти між різними системами ще до початку будівництва. Такий ранній процес виявлення конфліктів допомагає уникнути затримок та витрат на виправлення помилок під час будівництва, що впливає на зменшення загальної вартості проєкту.

Процес 2D та 3D-координації також забезпечує покращену співпрацю між усіма учасниками проєкту. Коли всі команди (архітектори, інженери, підрядники тощо) працюють в єдиному середовищі даних, вони можуть обмінюватися інформацією та взаємодіяти в режимі реального часу. Це дозволяє уникнути неточностей та непорозумінь між різними учасниками проєкту. Наприклад, інженери можуть спроектувати оптимальну систему вентиляції, враховуючи розташування стін та елементів конструкції, архітектори можуть переконатися, що естетика будівлі не порушена, а підрядники можуть забезпечити раціональне використання матеріалів та зручну послідовність робіт. В результаті, завдяки більш точному та

спільному розумінню проєкту, можна досягти ефективного використання ресурсів та знизити загальні витрати на будівництво.

Загалом, технології інформаційного моделювання сприяють покращенню точності кошторису. За допомогою тривимірних моделей та інтеграції даних про матеріали та ціни, модель будівлі дозволяє автоматизувати процес складання кошторисів та зменшити ймовірність помилок. Більш точний кошторис допомагає уникнути недооцінки або переоцінки витрат на будівництво, що може призвести до зайвих витрат або витрат, що перевищують бюджет.

#### Переваги використання BIM для будівельної індустрії України

BIM-проєктування незабаром стане невід'ємною повноцінною частиною будівельної галузі України. Для цього є всі передумови: наявна державна політика, наявні технології, необхідні кадри, об'єктивні ринкові умови та загальновизнані світові тренди. Тому розробникам, інвесторам та суміжному бізнесу необхідно не ігнорувати цей інструмент, а, навпаки, уважно ознайомитися з ним і виявити його переваги.

А саме:

- Централізована база даних і цифрове середовище, що включає всі сторони та учасників проєкту від початку робіт;
- Повна візуалізація завдяки комплексній інформаційній 3D моделі усіх систем об'єкта будівництва;
- Можливість точно оцінити вартість та терміни будівництва з високою точністю, враховуючи навіть непередбачувані фактори;
- Зручне й зрозуміле ведення задач на будівельному майданчику;
- Можливість ефективного використання архівної інформації проєкту на етапі експлуатації об'єкта будівництва.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ ISO 22263:2020 Організація інформації про будівлі та споруди. Структура управління інформацією про проект (ISO 22263:2008, IDT) [ Чинний від 2020-04-01]. Вид офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2020. 12с.
2. ДСТУ EN ISO 12006-2:2020 Зведення будівель. Організація інформації про будівлі та споруди. Частина 2. Структура класифікації (EN ISO 12006-2:2020, IDT; ISO 12006-2:2015, IDT) [ Чинний від 2020-04-01]. Вид офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2020. 24с
3. ДСТУ EN ISO 29481-1:2022 Інформаційні моделі будівель. Настанова з доставляння інформації. Частина 1. Методологія та формат (EN ISO 29481-1:2017, IDT; ISO 29481-1:2016, IDT) [ Чинний від 2022-10-01]. Вид офіц. Київ, ДП «УкрНДНЦ» 2020. 9с
4. Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston. "BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors" 2008. 504с
5. Nawari Nawari. "Building Information Modeling: Framework for Structural Design" 2008. 270с.
6. Randy Deutsch. "Implementing BIM: A Practical Guide to Building Information Modeling for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers" 2013. 336с.
7. Francois Levy. "BIM in Small-Scale Sustainable Design" 2016. 48с
8. Tutorial Books. "Introduction to AutoCAD Plant 3D 2019" 2018. 32с
9. Brad Hardin, Dave McCool. "BIM and Construction Management: Proven Tools, Methods, and Workflows" 2015. 456с.
10. Stefan Mordue. "BIM for Construction Health and Safety" 2016. 240с
11. Dominic Holzer. "The BIM Manager's Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Engineering, and Construction" 2016. 264с.
12. Robert Kost. "BIM for Facility Managers" 2013. 240с.

13. Lance Kirby, Marcus Kim, Eddy Krygiel. "Mastering Autodesk Revit 2020" 2019. 58c.
14. Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. . BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. *John Wiley & Sons*. 2011.
15. Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
16. Akcamete, A., Akinci, B., & Garrett, J. H. . Formalization of product model-based information exchange using process modeling. *Automation in Construction*, 18(4), 2009. 424-434.
17. Soetanto, R., & Sutrisna, M. Building information modelling: A design management perspective. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 16(3) 2009. C. 237-253.
18. Azhar, S. Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. *Leadership and Management in Engineering*, 11(3), 2009. 241-252.
19. Fischer, M., & Kunz, J. . The role of product and process models in construction. *Automation in Construction*, 13(5), 2004. 632-646.
20. Teicholz, P., Eastman, C., Sacks, R., & Liston, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors (Vol. 1). *John Wiley & Sons*. 2006. 254-287.
21. Giel, B. A., Issa, R. R. A., & Molenaar, K. R.. A BIM-based process model for facilitating the adoption of innovations. *Automation in Construction*, 18(4), 2009. 419-423
22. Kam, C. H., Anumba, C. J., Carrillo, P. M., & Bouchlaghem, N. M.. A review of IT innovation adoption research in construction. *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, 14(1), 2009. 5.