

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних конструкцій

До захисту

Допускається

Завідувач кафедри

Будівельних конструкцій

_____ /Л.А.Циганенко/

підпис «__» _____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Аналіз застосування СІП панелей в будівлях приватного та громадського призначення»

Виконав



(підпис)

Д.О. Борщенко

(Прізвище, ініціали)

Група

ПЦБ 2203м

(Науковий) керівник

(підпис)

Л.А. Циганенко

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Кафедра будівельних конструкцій
Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
Борщенко Денис Олександрович

Тема роботи: Аналіз застосування СІП панелей в будівлях приватного та громадського призначення

Затверджено наказом по університету № 142/ос від «21» лютого 2024р. Строк здачі студентом закінченої роботи: "27" березня 2024 р.

Вихідні дані до роботи: *архітектурна частина робочого проекту*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Основні підходи та переваги СІП і швидкозведення

Характеристики СІП

Досвід використання СІП в Україні та світі

Оцінка можливостей і доцільності використання швидко зведених технологій СІП.

Практична реалізація будівель з структурно-ізоляційних панелей (СІП) на прикладі приватного будинку.

Лабораторні випробування основних конструктивних елементів.

Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)

Керівник :

(підпис)

Л.А. Циганенко

(Прізвище, ініціали)

Консультант

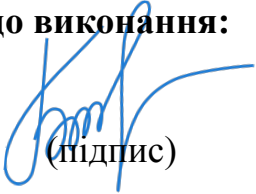
(підпис)

Г.М. Циганенко

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач


(підпис)

Д.О. Борщенко

(Прізвище, ініціали)

Зміст

Завдання на магістерську кваліфікаційну роботу	2
Анотація	4
Зміст	8
Розділ 1. Загальні характеристики роботи	9
Розділ 2. Огляд дослідження та постановка задачі	11
Розділ 3. Практична реалізація будівель з структурно-ізоляційних панелей (СП)	42
Розділ 4. Експериментальні дослідження СП	65
Висновок	80
Список використаної літератури	81

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження.

Сучасне будівництво спрямовано на отримання таких конструктивних рішень будівель та споруд які б мали найменший показник енерговитрати при експлуатації та найшвидший термін зведення. Особливо зараз це питання стоїть дуже гостро, враховуючи те, що на території України останні два роки йдуть військові дії і велика кількість зруйнованих об'єктів цивільного та громадського призначення. Тисячі родин залишились без житла, міста без інфраструктурних об'єктів. Відбудова зруйнованих житлових об'єктів потребує вартісних вкладень та часу, особливо якщо мова йдеться про багатоповерхові будівлі, які повинні мати систему захисту при руйнуванні від вибухів та інших пошкоджень а також мати захисні укриття.

Враховуючи це, питання впровадження в будівництво споруд громадського та приватного призначення методом швидкозведення є актуальним. Саме таким вимогам відповідають будівлі, що зводяться з використання сучасного матеріалу СІП. Це легкі, доступні, енергоефективні, мобільні будівельні матеріали з високою автоматизацією, що виготовляються вітчизняними організаціями із повним чи частковим залученням матеріалів вітчизняного виробництва. А також вони не потребують залучення спеціалізованої техніки та великої кількості висококваліфікованих спеціалістів при монтажі. Актуальність використання структурно ізоляційних панелей у сучасному будівельному секторі базується на кількох ключових аспектах, які дозволяють ефективно їх використовувати створюючи сучасні будівлі та споруди. Ними є: енергоефективність, швидкість та модульність зведення, екологічна безпека, міцність та стійкість, доступність. Всі ці аспекти є запорукою сталого розвитку країни.

Усі ці фактори роблять використання структурно ізоляційних панелей необхідним та перспективним в сучасному будівельному секторі,

сприяючи сталому розвитку та забезпечуючи комфорт та безпеку для мешканців та користувачів будівель.

Мета роботи та її завдання.

Мета роботи полягає в проведенні комплексного аналізу застосування структурно-ізоляційних панелей (СІП-панелей) у будівництві об'єктів громадського та приватного призначення з метою оцінки їх ефективності, переваг та недоліків.

Робота спрямована на вивчення технологічних, економічних, екологічних та інших аспектів використання СІП-панелей, а також на визначення можливостей їх впровадження у будівельну практику з урахуванням потреб сучасного будівництва та вимог стандартів якості та безпеки.

Крім того, метою роботи є розробка рекомендацій щодо оптимального використання СІП-панелей з урахуванням специфіки будівельних проектів та потреб замовників.

Об'єкт дослідження: конструктивне рішення приватних будинків що зведені з СІП панелей.

Предмет дослідження: Структурноізоляційна панель (СІП)

Методи дослідження: аналіз виникнення, розвитку та вдосконалення концепції СІП у світі як методу будівництва і використання в різних країнах світу. Аналіз використання СІП в Україні на прикладі збудованого приватного житлового будинку. Порівняння з іншими методами будівництва.

Апробація результатів дослідження:

РОЗДІЛ 2. ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

2.1. Історія концепції та розвитку структурноізоляційних панелей.

Структурно ізоляційна панель (СІП) – це конструктивний будівельний елемент, що складається з двох стінок з високоякісного матеріалу (зазвичай орієнтованої сітки стружкового бруса чи ОСП(OSB)-плит), між якими розташована ізоляційна сердцевина, також виготовлена з інноваційних ізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан, пірекс або екологічно чисті матеріали.

Швидкозведення в будівництві - це метод будівництва, спрямований на максимальне зменшення часу, необхідного для завершення будівельних робіт. Цей підхід передбачає ефективне використання попередньо виготовлених або модульних елементів, які можуть бути встановлені на місці будівництва швидше, ніж традиційні будівельні матеріали.



Фото 2.1. Загальний вигляд СІП з наповнювачем - білий пінополістирол.



Фото 2.2. Загальний вигляд СІП з наповнювачем - графітовий пінополістирол.

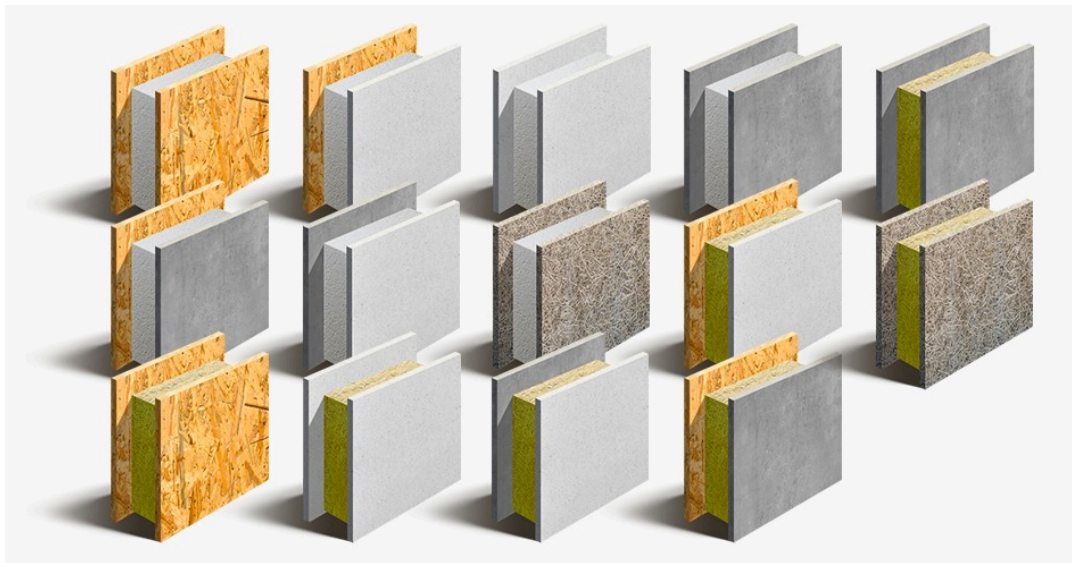


Рисунок 2.1. Різні види СІП.

Структурно-ізоляційні панелі (СІП) є важливим інноваційним матеріалом у будівельній галузі. Їх історія почалася у середині 20-го століття, і хоча точна дата та автор винаходу можуть бути складними для визначення, перші згадки про застосування схожих матеріалів можна віднести до 1930-х років.

Пізніше, у 1940-х роках, виникла певна потреба на більш промислові SIP панелі під час Другої світової війни. Вони використовувалися для швидкого монтажу військових будівель та споруд. Однак це застосування не було розглянуте далі після закінчення війни.

Справжній прорив в історії структурно-ізоляційних панелей настав у 1950-60-х роках, коли вони почали використовуватися в приватному будівництві. Попит на швидкі та енергоефективні будівельні методи в поєднанні з розвитком технологій і виробництва матеріалів сприяв розквіту цієї концепції. З того часу використання структурно-ізоляційних панелей стало досить поширеним в будівництві, що дозволило побудувати багато енергоефективних і швидких у будівництві будівель.

Історія розвитку СІП досить багатогранна і пов'язана з численними винаходами та вдосконаленнями технологій у будівельній сфері.

Це лише декілька з них:

Винахід різаних листів матеріалу: Перші СІП склалися з різаних листів деревини або інших матеріалів, з'єднаних за допомогою клею або спеціальних з'єднувачів. Цей метод виробництва дозволив створити конструкції з великою міцністю та стабільністю.

Вдосконалення матеріалів: З виникненням нових матеріалів, таких як утеплювачі та пінополістирол, СІП стали більш ефективними та енергоефективними. Використання легких, але міцних матеріалів також дозволило зменшити вагу конструкцій і полегшити їх транспортування та монтаж.

Технологічні вдосконалення виробництва: Впровадження комп'ютеризованих систем проектування та виробництва дозволило

автоматизувати процес виробництва СІП, забезпечивши більшу точність та швидкість виготовлення панелей.

Розвиток методів монтажу: Вдосконалення методів монтажу СІП, таких як закріплення панелей за допомогою монтажною піни та пневматичного пістолету для цвяхів, дозволило значно збільшити швидкість будівництва та знизити витрати на робочу силу.

Дослідження та стандартизація: Проведення досліджень щодо механічних властивостей, тепло- та звукоізоляції, пожежної стійкості тощо допомогло стандартизувати якість та характеристики СІП, забезпечивши їх відповідність будівельним нормам і стандартам.

Ці технологічні вдосконалення та винаходи сприяли поширенню та популяризації структурно-ізоляційних панелей у будівництві, забезпечивши їх високу ефективність та вигідність у порівнянні з традиційними методами будівництва.

2.2. Стандартизація структурно-ізоляційних панелей.

Стандартизація структурно-ізоляційних панелей (СІП) здійснюється на рівні міжнародних організацій, що займаються нормуванням і стандартизацією у будівельній галузі. Ось деякі з організацій, де проводиться стандартизація СІП:

ASTM International (раніше відомий як American Society for Testing and Materials) - це міжнародна організація, яка розробляє технічні стандарти для широкого спектру матеріалів та продуктів, у тому числі і СІП.

Canadian Construction Materials Centre (CCMC) - це канадський орган, який проводить оцінку та випробування будівельних матеріалів, включаючи СІП, і встановлює вимоги до їх якості та безпеки.

European Organisation for Technical Approvals (EOTA) - це міжнародна організація, яка забезпечує технічні оцінки та затвердження будівельних матеріалів у Європейському Союзі, що включає і СІП.

National Building Code of Canada (NBCC) - це національний будівельний код Канади, в якому містяться вимоги до будівельних матеріалів, у тому числі СІП.

Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) - це стандарт для оцінки екологічної ефективності будівель, який включає оцінку використання енергоефективних матеріалів, таких як СІП.

Ці організації та стандартизовані процедури забезпечують встановлення якісних та безпечних стандартів для виробництва, використання та встановлення СІП у будівельних проектах.

Нажаль в Україні поки відсутні організації та інститути стандартизації для каркасно-щитового будівництва (СІП). Це пов'язано з різними факторами, включаючи недостатню популярність та розуміння цього методу будівництва серед забудовників та фахівців у галузі будівництва, а також відсутність чітких нормативно-правових актів та стандартів, які б регулювали використання СІП в будівництві.

2.3. Основні підходи до швидкозведення будівель та їх переваги.

Використання готових модульних конструкцій: Цей підхід передбачає використання стандартизованих модульних елементів, які виготовляються на заводах та потім доставляються на будівельний майданчик для збирання. Це дозволяє значно скоротити час будівництва та знизити витрати на працю.

Промислові методи виробництва: Використання промислових методів виробництва, таких як масове виготовлення панелей, несучих конструкцій (стійок, балок, ферм) за допомогою машинного обладнання, сприяє швидкому виготовленню будівельних елементів та їх встановленню на будівельному майданчику.

Системи з монтажем на основі сухого з'єднання: Цей підхід передбачає використання конструкцій, які з'єднуються за допомогою спеціальних з'єднувальних елементів або механічних замків без потреби використання мокрого цементного розчину або інших матеріалів, що вимагають часу на затвердіння.

Переваги цих підходів:

Швидкість будівництва: Використання швидкозведених методів дозволяє скоротити час будівництва в порівнянні з традиційними методами.

Економія ресурсів: Швидкозведення може сприяти ефективнішому використанню матеріалів та ресурсів, оскільки попередньо виготовлені елементи точніше відпрацьовані та використані без втрати.

Зменшення витрат на працю: За рахунок скорочення часу будівництва та використання відповідного інструментарію можна зменшити витрати на працю.

Більша якість та контроль: Заводське виготовлення елементів та модульна конструкція можуть забезпечити більшу якість та контроль за процесом будівництва.

Усі ці переваги роблять швидкозведення привабливим варіантом для будівництва в сучасних умовах.

2.4. Основні характеристики СП-панелей.

Ізоляційна ефективність. Основна мета панелей - забезпечити високий рівень теплоізоляції, що дозволяє підтримувати комфортну температуру всередині приміщення та знижувати витрати енергії на опалення та охолодження.

Міцність та стійкість: Структурна основа панелей надає їм високу міцність та стійкість до екстремальних умов, таких як вітер, снігові навантаження чи землетруси.

Швидкозведення: Завдяки монтажу готових СП, будівництво може бути значно прискорене порівняно з традиційними методами.

Модульність та дизайн: Панелі можуть бути виготовлені у вигляді готових блоків, що дозволяє легко розгортати модульні конструкції та долучати їх для створення різноманітних дизайнерських рішень.

Екологічна стійкість: Використання екологічно чистих матеріалів у виробництві СП сприяє зменшенню екологічного впливу будівництва та підтримує сталість навколишнього середовища.

Ці особливості роблять СП важливим елементом для будівництва енергоефективних, екологічно стійких та швидкозведених будівель у сучасному будівельному секторі.

Ключові характеристики швидкозведення.

Промисловий підхід: Кожен елемент будівлі виготовлений заводським способом згідно погодженого проекту, має своє чітке місце, що дозволяє швидко збирати будівлю.

Модульність: Будівельні елементи виготовляються у вигляді модулів або панелей, які можна легко з'єднати та скласти на місці.

Швидкість монтажу: Процес монтажу є швидшим через використання готових елементів виготовлених на заводі та передбачає меншу кількість робітників та робочих годин на будівельному майданчику.

Менше відходів: Використання попередньо виготовлених елементів дає змогу мінімізувати відходи та оптимально використовувати матеріали.

Енергоефективність: технологія швидкозведення СІП сприяє створенню енергоефективних будівель за рахунок використання спеціальних ізоляційних та конструктивних рішень.

Цей підхід дозволяє ефективно використовувати ресурси, скорочувати терміни будівництва та створювати сучасні та ефективні будівлі.

2.5. Досвід використання структурно ізоляційних панелей у світі та в Україні.

Використання структурно ізоляційних панелей (СІП) у світі має значний досвід, який стежить за технологічними та інноваційними тенденціями в будівництві. Ось деякі приклади цього досвіду:

Північна Америка: У США та Канаді використання СІП в будівництві є досить поширеним. Будівництво з використанням СІП дозволяє швидко та ефективно виконувати будівництво навіть в умовах холодного клімату, завдяки високій теплоізоляції панелей.

Європа: У Європі СІП також стають все популярнішим вибором для будівництва. Країни, такі як Англія, Німеччина, Франція, Словаччина, Чехія, Польща, Норвегія та Швеція, використовують СІП для будівництва житлових будинків, а також комерційних та інфраструктурних об'єктів.

Австралія та Нова Зеландія: У країнах Південної Півкулі також спостерігається зростання інтересу до СІП у будівництві, особливо через їх високу стійкість до екстремальних погодних умов та швидкість будівництва.

Азія: Хоча використання СІП в Азії менш розповсюджене, проте деякі країни, такі як Японія, Китай та Південна Корея, виявляють інтерес до цих технологій у зв'язку з їх високою ефективністю, **сейсмостійкістю** та швидкістю виконання робіт.

Загалом, досвід використання структурно ізоляційних панелей у світі показує їх ефективність, якість та потенціал для застосування у різних сферах будівництва.

Існують деякі відомі споруди, які були побудовані з використанням структурно ізоляційних панелей (СІП), демонструючи їх ефективність та можливості. Ось декілька прикладів:

Громадський центр в Кенмор США. Поєднання технології СІП з металевими конструкціями. Фото 2.3 - 2.5



Maison Air et Lumière (Франція): Це сучасна заміська будівля у Франції, яка була побудована з використанням СПП для стін та даху. Цей проект демонструє естетичні можливості та ефективність використання СПП у житловому будівництві.



Фото 2.6 - 2.8

SIPs Eco Panels Show Home (Велика Британія): Ця експериментальна будівля в Великій Британії побудована з використанням СІП для демонстрації їхнього потенціалу у будівництві з нульовим викидом CO₂ та енергоефективності.



Фото 2.9 - 2.10

Willen Farm, Дорсет, Англія. приголомшливий сімейний будинок, який нагороду SIPS House of the Year на конкурсі “Build It Awards 2023”.



Фото 2.11.

Станція Амундсен-Скотт у Антарктиді, мабуть одна з найдивовижніших будівель враховуючи місце розташування та умови, була побудована з використанням структурно-ізоляційних панелей (СІП). Будівля станції Амундсен-Скотт була зведена у 2003 році. Фото 2.12 - 2.15.



Україна також має досвід використання структурно ізоляційних панелей (СІП), популярність цього методу будівництва до війни зростала з кожним роком . Ось деякі аспекти досвіду використання СІП в Україні:

Житлове будівництво: В Україні структурно ізоляційні панелі використовуються для будівництва приватних житлових будинків та котеджів. Цей підхід дозволяє зменшити час будівництва та забезпечити високу теплоізоляцію будівель.

Промислові об'єкти: Деякі промислові комплекси та комерційні будівлі також використовують структурно ізоляційні панелі для швидкого та ефективного будівництва.

Модульне будівництво: За допомогою СІП в Україні реалізуються проекти модульного будівництва, що дозволяє швидко виконати роботи та зменшити витрати.

Використання структурно ізоляційних панелей в Україні набуває широкого поширення, цей підхід знаходить своє застосування в різних сферах будівництва та продовжує залучати увагу фахівців та інвесторів.



Фото 2.16. Школа в Київській області.

Фото 2.17 - 2.18. Будівля Центру надання адміністративних послуг у Миколаївській ОТГ Сумської області.



Фото 2.19 - 2.22. Будівля Центру надання адміністративних послуг у Полонському ОТГ Хмельницької області.



Фото 2.23 - 2.24. Приватний будинок біля м.Суми



Фото 2.25. Багатоквартирний будинок у м.Ірпінь



Фото 2.26. Приватний будинок біля м.Київ.



Фото 2.27 - 2.28. Міні готель. Україна.



Фото 2.29. Таунхаус. Україна.



Фото 2.30 - 2.31. Санаторій у м.Моршин. Україна.

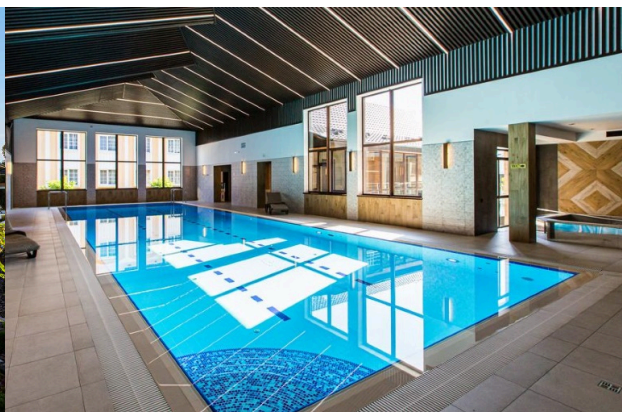


Фото 2.32 - 2.33. Сироварня “Шабо”. Україна, Одеська область.



Ці проекти показують різноманітність та можливості використання структурно ізоляційних панелей у будівництві та демонструють їх ефективність у створенні енергоефективних, естетичних та стійких споруд по всьому світу.

2.6. Методологія. Методика оцінки можливостей і доцільності використання швидко зведених технологій.

Щоб розробити релевантну методику оцінки технології СПП потрібно порівняти її з іншими технологіями будівництва. Ось основні технології будівництва споруд приватного та господарського призначення, що поширені в світі і в Україні також. Враховуючи те, що кожен метод може

використовувати велику кількість різнотипних матеріалів, як наприклад десятки типів цегли чи блоків, задля порівняння одразу визначимось з найпоширенішими з них.

Цегляне будівництво (Керамічна цегла):

- Використання цегли для будівництва стін та конструкцій.
- Цегляні стіни мають високу міцність та стійкість.
- Популярний метод будівництва у багатьох регіонах світу, включаючи Україну.

Панельне будівництво (залізобетонна плита ЗБВ):

- Використання заводсько виготовлених панелей (наприклад, бетонних або металевих) для зведення споруд.
- Швидкий та ефективний спосіб будівництва.

Каркасне будівництво (брус та мінеральна вата як утеплювач):

- Використання дерев'яних каркасів як основи для споруд.
- Цей метод дозволяє швидко зводити будівлі та створювати прості форми.

Монолітне будівництво (армований бетон М200):

- Зведення споруд шляхом лиття бетону або залізобетонних конструкцій у форми прямо на будівельному майданчику.
- Цей метод забезпечує високу міцність та стійкість споруд, а також можливість створення складних архітектурних форм.

Блочне будівництво (газоблок D500):

- Використання блоків з бетону, газобетону або інших матеріалів для зведення стін та конструкцій.
- Цей метод дозволяє швидко та ефективно будувати, а також забезпечує гарну теплоізоляцію та міцність.

Сталеве будівництво (сталь вуглецева звичайної якості 14Г2):

- Використовує сталеві конструкції для зведення будівлі. Сталь має високу міцність та дозволяє зводити будівлі швидко та ефективно.

Каркасно-щитове будівництво (СПП) (стандартна панель розміром 2800x1250x164мм з шарами 12ммОСП-140ммППС(білий)-12ммОСП:

- Використання заводсько виготовлених панелей та інших елементів будівлі згідно проекту для швидкого зведення з високою точністю та якістю.
- Цей метод дозволяє швидко зводити будівлі та створювати складні архітектурні форми. Має високі енергозберігаючі властивості.

Ми аналізуємо будівництво споруд приватного та громадського призначення. Наведемо декілька прикладів подібних споруд:

Споруди громадського призначення:

Школи та університети, гуртожитки.

Лікарні та медичні центри.

Торгові центри та супермаркети.

Ресторани та кафе.

Бібліотеки та музеї.

Спортивні комплекси та стадіони.

Будинки культури та концертні зали.

Офісні будівлі та бізнес-центри.

Споруди приватного призначення:

Житлові будинки та квартири.

Приватні вілли та котеджі.

Гаражі та сарайний будівлі.

Басейни та сауни.

Сади та парки.

Приватні офіси та робочі приміщення.

Малі магазини та заклади обслуговування.

Фермерські споруди та стайні для тварин.

Розглянувши декілька прикладів споруд громадського та приватного призначення, розуміємо, що у ролі замовника може виступати як приватна особа так і бізнес чи держава. Тож визначимо найважливіші параметри котрими може керуватись замовник.

Параметри для оцінки ефективності методів будівництва споруд приватного та громадського призначення.

- 1) Час будівництва.
- 2) Вартість будівництва.
- 3) Теплоізоляція та енергоефективність.
- 4) Міцність та стійкість.
- 5) Екологічність.
- 6) Доступність матеріалів.

Порівняймо методи будівництва по кожному з цих параметрів та визначимо який метод і до яких споруд громадського чи приватного призначення найбільш підходить.

Проведемо більш глибоке порівняльне дослідження часу будівництва для різних методів будівництва: цегляного, панельного, монолітного, каркасного, сталевого, блочного та каркасно-щитового СІП

1) Час будівництва: Скільки часу займає завершення будівництва з використанням кожного методу?

Час будівництва будь-якої споруди може залежати від різних факторів. Виділимо основні з них:

Розмір та складність будівлі. Більші будівлі та ті, що мають складну архітектуру, зазвичай потребують більше часу на будівництво.

Доступність ресурсів і матеріалів. Час будівництва може бути значно вплинутий доступністю будівельних матеріалів та ресурсів. Якщо матеріали та обладнання легко доступні, будівництво може бути прискорене.

Кваліфікація робочої сили: Досвідчені та кваліфіковані робітники зазвичай здатні швидше виконувати роботу, що може зменшити час будівництва.

Погодні умови. Погодні умови можуть суттєво впливати на час будівництва. Поганий дощ, сніг або інші погодні умови можуть призупинити роботу та затягнути терміни будівництва.

Рівень автоматизації. Використання сучасних технологій та автоматизованого обладнання може значно прискорити процес будівництва.

Локація будівництва. Віддалені або важкодоступні місця можуть затримати поставки матеріалів і робочої сили, що може призвести до затримок у будівництві.

Планування та управління будівництвом. Якісне планування та ефективне управління будівництвом можуть допомогти зменшити затримки та оптимізувати час будівництва.

Ці фактори можуть взаємодіяти між собою та впливати на загальний час будівництва будівлі.

Згідно цих факторів надамо загальну оцінку для кожного методу:

Цегляне будівництво є часомоемним, оскільки кожна цегла має бути укладена вручну. Тривалість будівництва в значній мірі залежить від розміру будівлі. Залежно від типу цегли можуть бути затримки з її постачанням, та при використанні класичних матеріалів дана продукція завжди є в наявності. Матеріали поступово завозяться на будівельний майданчик. Слід постійно слідкувати за їх достатньою кількістю щоб уникнути затримок з постачанням та простоїв. Швидкість будівництва напряму залежить від кваліфікації каменярів та їх кількості а також складності проекту. Будівництво майже неможливе при мінусових температурах та високій вологості. Подібні умови дуже ускладнюють сушіння або навіть знищення розчину, на який кладеться цегла, адже він заміщується на водній основі. Залучення важкої техніки при влаштуванні плит перекриття та підйманні матеріалів на висоту є невід'ємним при будівництві з цегли. До майданчика має бути забезпечений проїзд важкої техніки та великовантажних автівок.

Отже будівництво з цегли сильно залежить від усіх цих факторів, тому зазвичай це може зайняти від кількох місяців до кількох років.

Панельне будівництво доволі швидке, бо використовуються заводські виготовлені панелі. Метод часто використовувався при будівництві великих будівель. Панельні плити можуть бути виготовлені на заводі та доставлені на майданчик готовими до встановлення. Це зменшує час на закладку матеріалів на майданчику та швидкість встановлення. Їх встановлення

вимагає менше ручної праці порівняно, наприклад, з кладкою цегли, але потребує використання кранів та інших підйомних механізмів. Панельне будівництво також є залежним від погодних умов, оскільки панелі монтуються на розчин замішаний на водній основі. Доставка панелей на майданчик потребує організації під'їзду важкого та великого транспорту.

Отже, панельне будівництво зазвичай швидке і ефективно з точки зору часу та може займати від кількох днів до кількох тижнів при умові наявності важкої техніки та її вільного доступу.

У випадку каркасного будівництва з деревини кожна конструкція: стійка, балка, тощо, зазвичай виробляється на місці. Хоча це робиться досить швидко, та все ж займає більше часу порівняно з використанням стандартних елементів. Також великі будівлі потребують більше робочих. При якісному каркасному будівництві має бути використана завчасно заготовлена деревина, яка пройшла належну обробку та сушку, що займає час і стане суттєвою затримкою при нестачі необхідного матеріалу. Швидкість будівництва напряму залежить від кваліфікації теслярів. Використовується сухий спосіб монтажу, тому легкі морози не стануть на заваді. Деревина підвласна впливу вологи, тому має бути добре висушена та оброблена. Потребує подальшого захисту від вологи та обслуговування. Деревина досить легка та зазвичай не потребує залучення важкої техніки або спеціалізованого інструменту. Процес монтажу не автоматизований, бо кожна конструкція виробляється на майданчику. Деревина не така важка, та може бути доставлена на майданчик маловантажним транспортом.

Каркасне будівництво доволі швидке, але не автоматизоване і значно залежить від кваліфікації робітників. Час монтажу займає від декількох тижнів до двох місяців. Але даний метод дозволяє одразу монтувати зовнішнє та внутрішнє оздоблення, що виступає захисним шаром утеплювача в огорожуючих конструкціях. Наприклад сайдинг зовні та гіпсокартон зсередини. Це заощаджує час на фасадні роботи та внутрішні малярні роботи.

Монолітне будівництво може бути часомоемним, особливо для великих та складних конструкцій. Відлиток бетону вимагає часу на встановлення та висихання, що може збільшувати загальний час будівництва. Бетон і арматура, які використовуються в монолітному будівництві, зазвичай є загальнодоступними матеріалами, але треба слідкувати за їх достатньою наявністю та якістю. Монолітне будівництво також потребує кваліфікованих робітників, особливо для правильного влаштування арматури та заливки бетону. Негативні погодні умови, такі як дощ або низька температура, суттєво впливають та можуть стати на заваді заливці бетону. Для монолітного будівництва використовуються спеціальні машини та устаткування для заливки бетону. До майданчика має бути забезпечений доступ для великих вантажних машин, які доставляють матеріали та обладнання для будівництва.

Отже, час будівництва монолітної будівлі залежить від всіх цих факторів і може займати від кількох місяців до кількох років.

Блочне будівництво швидке за рахунок використання готових блоків, які легко збираються. Проте складність будівлі, наприклад, наявність великої кількості кутів або нестандартних форм, може збільшити час будівництва. Блоки зазвичай виготовляються на заводах, тому мають бути замовлені заздалегідь. Даний метод будівництва менш трудомісткий, оскільки для збирання блоків не потрібно великої кількості спеціалізованих навичок. Зазвичай блоки виготовлені із матеріалів, які чутливі до погодних умов. Дощ або мороз затримують процес будівництва. Залежно від типу блоків та їх ваги, може бути застосована спеціальна техніка для їх монтажу. Якщо блоки важкі або масивні, потрібно мати доступ до майданчика для вантажних машин та забезпечити логістику їх транспортування.

Отже, блочне будівництво швидке за рахунок використання готових блоків, але час будівництва все одно залежить від ряду зазначених вище факторів і може тривати від кількох тижнів до кількох місяців.

Сталеві конструкції виготовляються на заводі за проектом, що полегшує їх монтаж на майданчику. Це зменшує час, потрібний для підготовки

та встановлення. Звичайно вони потребують завчасного виготовлення на заводах. Монтаж вимагає високого рівня кваліфікації робітників, оскільки це важка та відповідальна робота, що вимагає точності та досвіду. Сталеві конструкції не сильно залежать від погодних умов, і можуть бути встановлені навіть у вологу або холодну погоду. Часткова або повна автоматизація зазвичай застосовується для монтажу сталевих конструкцій. Метод потребує використання кранів та інших під'ємних механізмів. Також, для сталевих будівництва, потрібен доступ до майданчика для великовантажних автомобілів та кранів.

Отже, сталеве будівництво може бути швидшим за рахунок використання готових конструкцій, але час будівництва все одно залежить від ряду факторів, таких як складність будівлі, кваліфікація робітників, рівень автоматизації та локація будівельного майданчика.

Каркасно-щитове будівництво СІП. Цей метод зазвичай є швидшим за інші, оскільки використовуються заводські виготовлені панелі та інші елементи і конструкції, які мають свою нумерацію і доволі швидко збираються на майданчику по типу великого конструктора. Панелі та інші елементи будівництва виготовляються на заводі за погодженим проектом, зазвичай їх доставляють повним, готовим до монтажу, комплектом тому не потрібно слідкувати за достатньою кількістю матеріалів. Метод майже виключає похибки людського фактору, бо всі елементи зроблені на заводі і мають своє місце за номерами. Вичерпна інструкція надається. Зазвичай будинки площею до 300 м.кв. збираються силами 3-4 робітників. Використовується сухий спосіб монтажу, тому будівництво може вестись при будь-якій порі року. Єдине що сильний дощ або сильний вітер можуть затримати час виконання робіт. Зазвичай цей метод не потребує використання важкої техніки. Всі елементи будівництва виготовлені з дерева та ОСБ плити, тому відносно легкі. Доставка повного комплексу потребує наявності під'їзду великогабаритного транспорту, та за його відсутності комплект може бути розділений і доставлений малими вантажівками.

Отже, каркасно-щитове будівництво СІП є найшвидшим і менш часоємним методом будівництва порівняно з іншими, особливо за умови правильного планування та підготовки оскільки є незалежним, або частково залежним, від обраних факторів. Час будівництва будинку близько 150 м.кв. - від двох до чотирьох тижнів.

2) Вартість будівництва. Які витрати пов'язані з матеріалами, працею та іншими витратами при кожному методі будівництва?

Вартість та кількість матеріалів. Серед методів, що розглядаємо найбільш дорогостоячі матеріали використовуються у сталевому, монолітному та цегляному будівництві. Сталь коштує дорого, але має високі властивості міцності і тому в обсязі її потрібно значно менше ніж при цегляному чи монолітному будівництві. Монолітне будівництво також використовує арматуру і опалубку і є дорожчим за цегляне. Менш витратні бетонні панелі, бо мають пустоти всередині і тому на ті самі площі огорожуючих конструкцій витрачається значно менший обсяг матеріалів. Блоки, СІП та каркаси з деревини мають приблизно однакову вартість.

Стальний метод потребує висококваліфікованих спеціалістів, та за часом будівництва значно швидший за монолітне чи цегляне будівництво, тому витрати на працю нижчі. Також цегляне та монолітне будівництво потребує більшу кількість працівників. Бетонні плити монтуються переважно невеликою кількістю працівників і не потребують їх загальної високої кваліфікації. Каркасним, блочним та СІП методом монтаж проходить силами бригади 3-4 чоловік, але будівництво за каркасною технологією повністю залежить від досвіду і кваліфікації робітників. Блочне будівництво не потребує висококваліфікованих монтажників. СІП взагалі збирається подетально за кресленнями тому кваліфікація робітників не має велике значення.

Монолітне, панельне, сталеве, і часто цегляне будівництво не обходяться без залучення важкої великогабаритної техніки. Її оренда, доставка, обслуговування збільшує витрати на будівництво.

Панельне, цегляне, блочне, монолітне і сталеве будівництво потребують вагомого, якісного додаткового утеплення, отже використовують більший обсяг теплоізолюючих матеріалів ніж при каркасному чи СІП методі.

Монолітний бетон, бетонні плити перекриття, панелі, цегла, сталь дуже важкі матеріали, таким чином потребують більш міцних і вартісних фундаментів.

Витрати на оренду приміщень для робітників, риштування, охорону будівельного майданчика, амортизацію інструменту та техніки, збільшені у часоємних методах таких як, монолітне та цегляне будівництво.

Зважаючи на вартість матеріалів та їх обсяги, на кваліфікацію, а отже і вартість, робітників, залучення техніки і супутні витрати можемо розмістити методи будівництва у слідуючій послідовності починаючи з найдешевшого:

Каркасне будівництво

Каркасно-щитове будівництво (СІП)

Панельне будівництво

Блочне будівництво

Сталеве будівництво

Цегляне будівництво

Монолітне будівництво

3) Теплоізоляція та енергоефективність. Як ефективно будинок утримує тепло і холод при кожному методі будівництва?

Коефіцієнт теплопровідності λ визначається шляхом вимірювання теплового потоку і градієнта температур у досліджуваному матеріалі. Він залежить від типу матеріалу, температури, вологості, щільності та інше.

Таблиця 2.1.

Усереднені показники λ для різних матеріалів

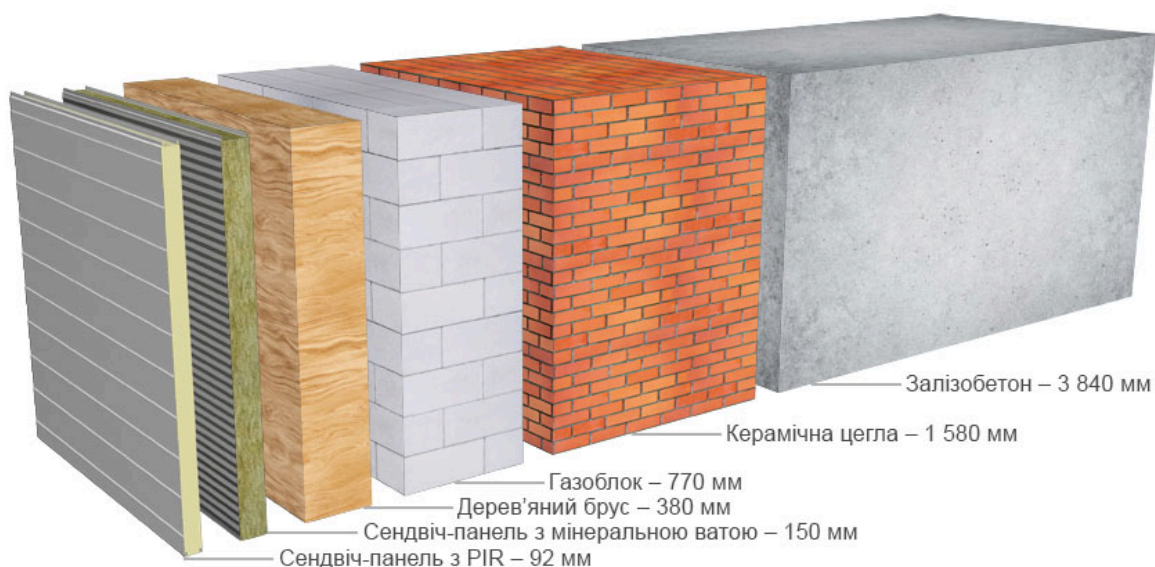
Матеріал	λ , Вт/(м·К)
Залізобетон	2,04

Керамічна цегла	0,75
Газобетон	0,23
Деревина	0,14
Мінеральна вата	0,043
Спінений полістирол	0,037
Екструдований полістирол	0,032

Найкращі теплоізоляційні властивості мають матеріали з нижчими значеннями коефіцієнту теплопровідності λ .

ДБН В.2.6-31:2021 регламентує мінімально допустимі значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель для I температурної зони $R_{qmin}=4,0$ ($m^2 \cdot K$)/Вт.

Рисунок 2.2. Розрахункова товщина стінових конструкцій з різних матеріалів для досягнення опору теплопередачі $R=4,0$ ($m^2 \cdot K$)/Вт



Отже СІП панелі мають найвищі теплоізоляційні властивості порівняно з іншими будівельними матеріалами. СІП завтовшки лише 92мм має той же опір теплопередачі що і півтораметрова цегляна стіна. У будівництві приватних будинків з СІП для огорожуючих конструкцій зазвичай

використовують панель товщиною 164мм. - це в 1,8 разів більше товщини проходження опору теплопередачі, що потребують будівельні норми. Завдяки таким високим теплоізоляційним властивостям, будівлі з СІП не мають товстих та важких стін і тому не потребують вагомого додаткового утеплення і зводяться на більш легких фундаментах. Це також значно скорочує грошові витрати та час на будівництво. Слід зазначити, що теплоізоляційні властивості СІП значно заощаджують експлуатаційні витрати не тільки на опалення взимку, але й на охолодження та кондиціонування будівлі влітку.

4) Міцність та стійкість. Наскільки міцні та стійкі будівлі, побудовані за кожним методом? На скільки стійкі до часу? Як кожен метод будівництва впливає на сприйнятливість будинку до погодних умов, таких як землетруси, урагани, зливи тощо?

Найміцнішим методом будівництва є монолітний метод. Щільно армовані залізобетонні конструкції здатні витримувати колосальні навантаження. Подібні властивості також мають сталеві металеві конструкції. Завдяки цьому дані методи незамінні у будівництві великих споруд таких як багатопверхівок, торгових центрів, вокзалів, аеропортів, станцій метрополітену, тощо. Ці технології також використовують у будівлях де потребуються довгі прольоти без опор. Панельне будівництво може бути використане при зведенні багатоквартирних будинків близько 10 поверхів, та враховуючи низькі теплоізоляційні та шумоізоляційні властивості цього методу, його використовують дедалі рідше. Будівлі з цегли мають достатньо високу міцність щоб побудувати як багатопверхівку так і приватний будинок. Але як і у випадку з панельним методом довжина прольотів регламентується довжиною балок перекриття та достатньої товщини і міцності стін щоб забезпечити опір для них. Стіни з блоків не достатньо міцні щоб опирати на них довгі важкі балки чи плити перекриття, тому цей метод здебільшого використовують у малоповерховому будівництві нескладних форм чи у заповненні простору між несучими конструкціями. У випадку з СІП та каркасним методом будівництва довжина прольоту зазвичай до 5,5-6 м, що регламентується довжиною бруса,

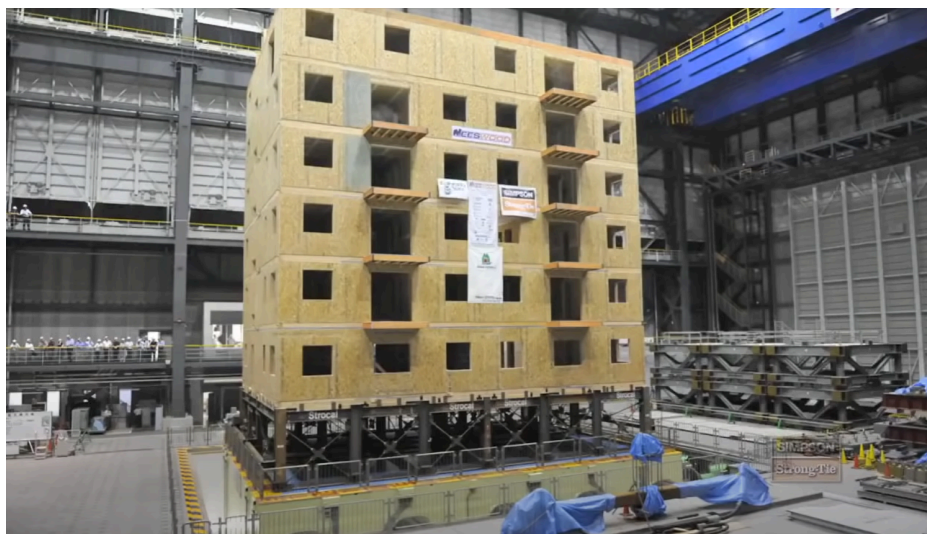
який використовується у виготовленні балок перекриття. Щоб збільшити проліт без опор використовують розклинаючі ферми.

Фото 2.34. Дерев'яна конструкція шириною 21 метр без опор.



Завдяки використанню клеєного бруса, гнучкості деревини і ОСП, а також великій кількості з'єднань при монтажі, СІП технологія має перевагу у порівнянні з іншими технологіями будівництва щодо сприйнятливості будівлі до землетрусів, ураганів, тощо.

Фото 2.35. Імітація землетрусу у 7,5 балів. Краштест будинку з СІП.



Необхідна міцність будівлі та її здатність витримати великі навантаження часто досягається у поєднанні різних методів будівництва. Наприклад завдяки поєднанню конструкцій з металу та технології СІП можна звести велику, складну та енергоефективну будівлю.

Фото 2.36 Поєднання металевих конструкцій та СІП.



5) Екологічність. Які впливи на навколишнє середовище має кожен метод будівництва, включаючи використання матеріалів та споживання енергії?

Структурно-ізоляційні панелі можуть стати екологічною альтернативою іншим будівельним матеріалам з кількох причин:

Використання відновлюваних ресурсів. Багато СІП виготовляються з деревини, яка є відновлюваним ресурсом. У порівнянні з іншими матеріалами, такими як бетон або сталь, які потребують значних кількостей невідновлюваних матеріалів, деревина забезпечує більш екологічну альтернативу.

Енергоефективність. СІП мають високий коефіцієнт теплопровідності, що дозволяє підвищити енергоефективність будівлі. Зменшення витрат енергії на опалення та кондиціонування приміщень сприяє зменшенню емісії вуглекислого газу та споживанню природних ресурсів.

Мінімізація відходів. Виробництво СІП відбувається на заводах з високою точністю, що дозволяє мінімізувати відходи матеріалів під час виробництва. Крім того, вони можуть бути виготовлені на замовлення з точністю до міліметра, що дозволяє уникнути втрат матеріалу на будівельному майданчику.

Низький вплив на навколишнє середовище. Виробництво та використання СІП має менший вплив на навколишнє середовище порівняно з

іншими будівельними матеріалами, оскільки вимагають меншої кількості енергії та ресурсів для виробництва.

Отже, СІП може бути екологічною альтернативою для будівництва, оскільки вони використовують відновлювані ресурси, сприяють енергоефективності будівель, мінімізують відходи та мають менший вплив на навколишнє середовище.

7) Доступність матеріалів. Як легко можна здобути необхідні будівельні матеріали на місцевому ринку? Чи виробляються необхідні будівельні матеріали в Україні? Чи є місцеві виробники, які можуть постачати матеріали для будівництва?

Виробництво матеріалів, що використовують технології, які розглядаємо знаходиться здебільшого в Україні.

РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ БУДІВЕЛЬ З СП ПАНЕЛЕЙ

3.1. Архітектурно-конструктивні рішення приватної будівлі з СП панелей

Будівля приватного призначення розташована в м.Суми по вул. Народна 32. Як показано на рис.3.1 ділянка вільна від забудови та має розмір 0,086га. Вхід до будинку орієнтований на захід, тоді як тераса і зона відпочинку на південно-схід.

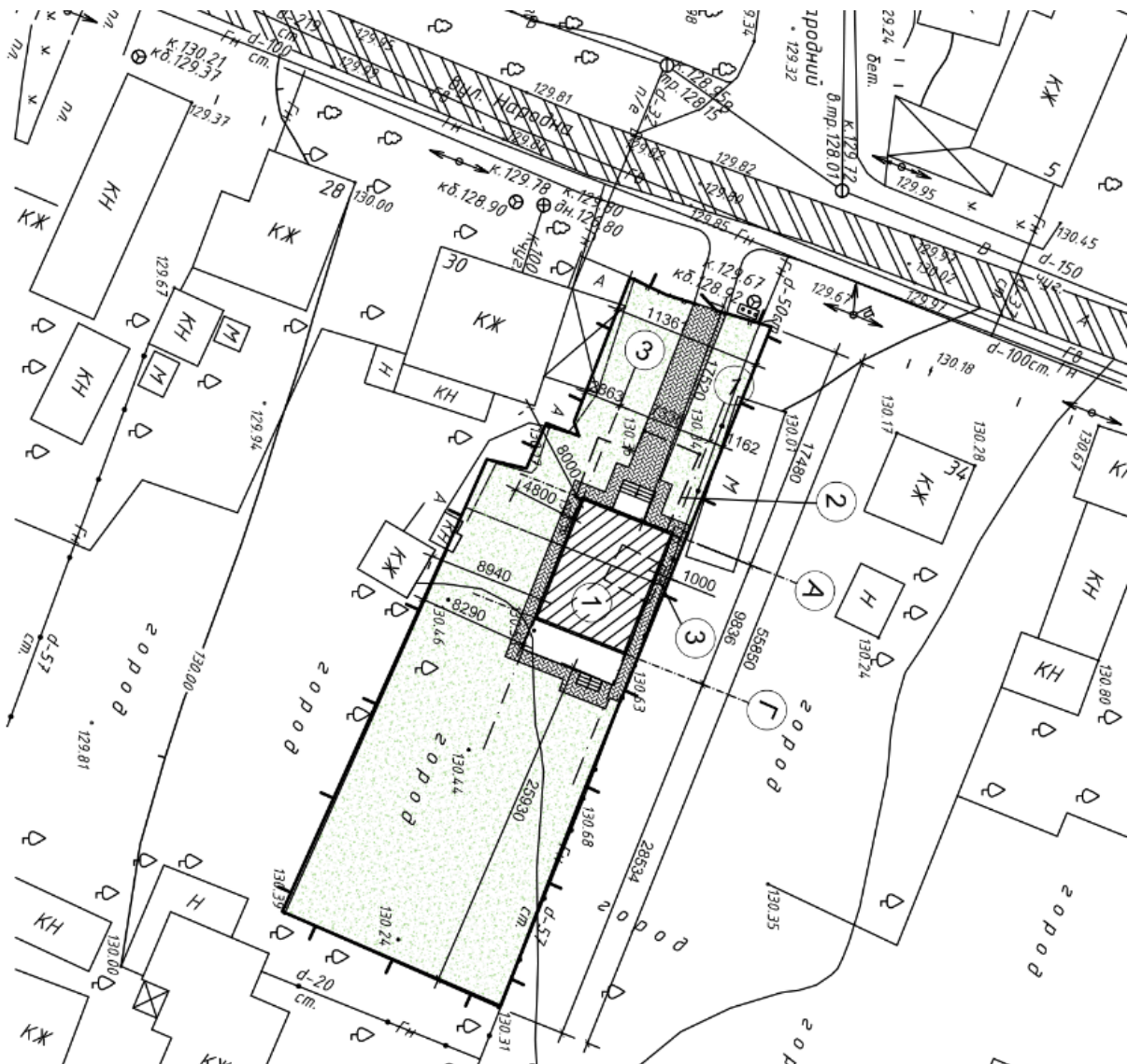


Рисунок 3.1 розміщення будинку на ділянці.

Будинок був збудований у 2020-му році для проживання сім'ї з чотирьох чоловік: подружжя та двоє дітей. Мета проекту була влаштувати комфортне, практичне та затишне житло для всієї родини. Щоб у кожного був особистий простір і сумісні зони відпочинку як в родинному колі так і великою компанією з друзями. Також велику увагу приділили простоті та автоматизації в обслуговування будинку та ділянки.

Зовнішні габарити будинку до зовнішнього оздоблення без урахування ганку та тераси - 7,5 на 10м. Загальна площа будинку 155 м.кв. з яких 30 м.кв. криті ганок та тераса.

Будинок має повноцінні два поверхи. До внутрішніх робіт висота першого поверху складала 3,15м., другого - 3,1м, рисунок 3.2 та 3.3.. Після проведення внутрішній оздоблювальних робіт висота першого поверху склала 2,9м., другого - 2,95м.

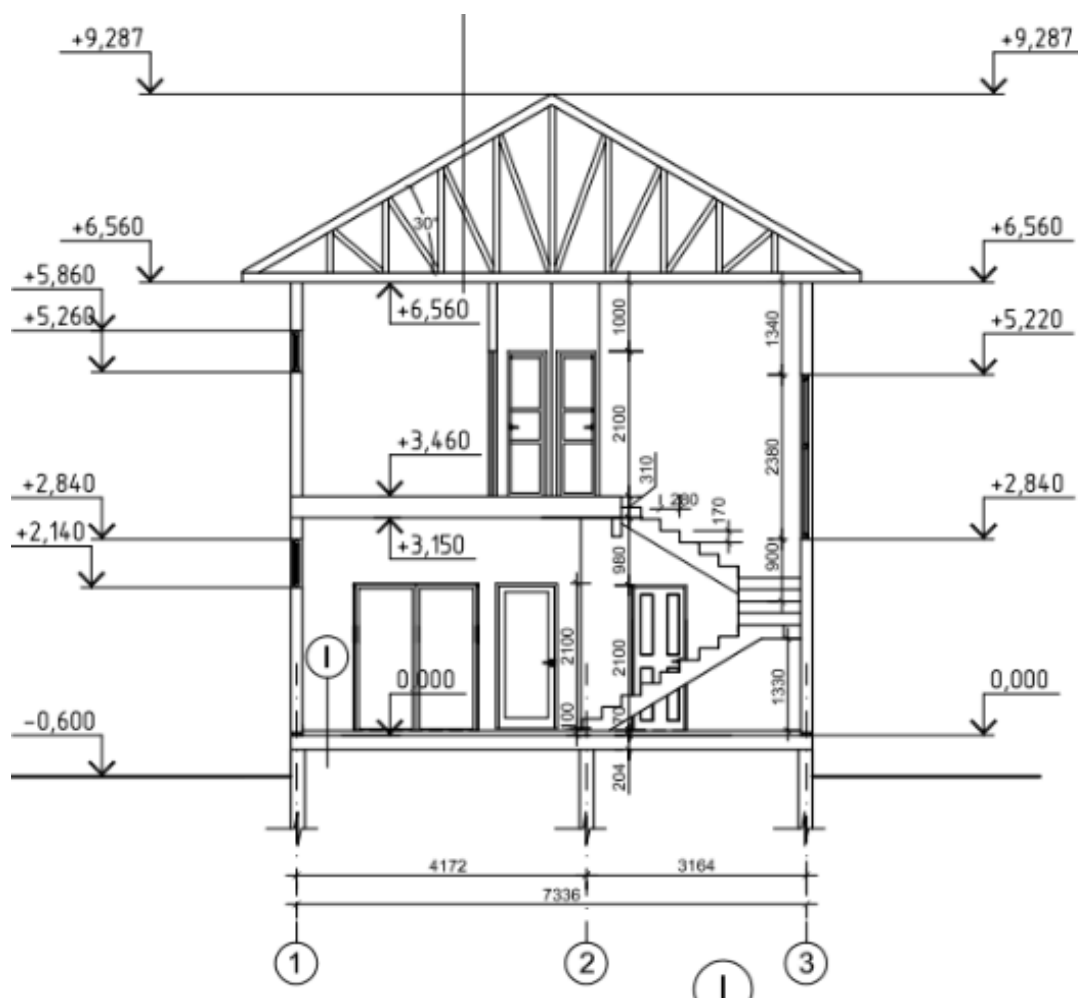
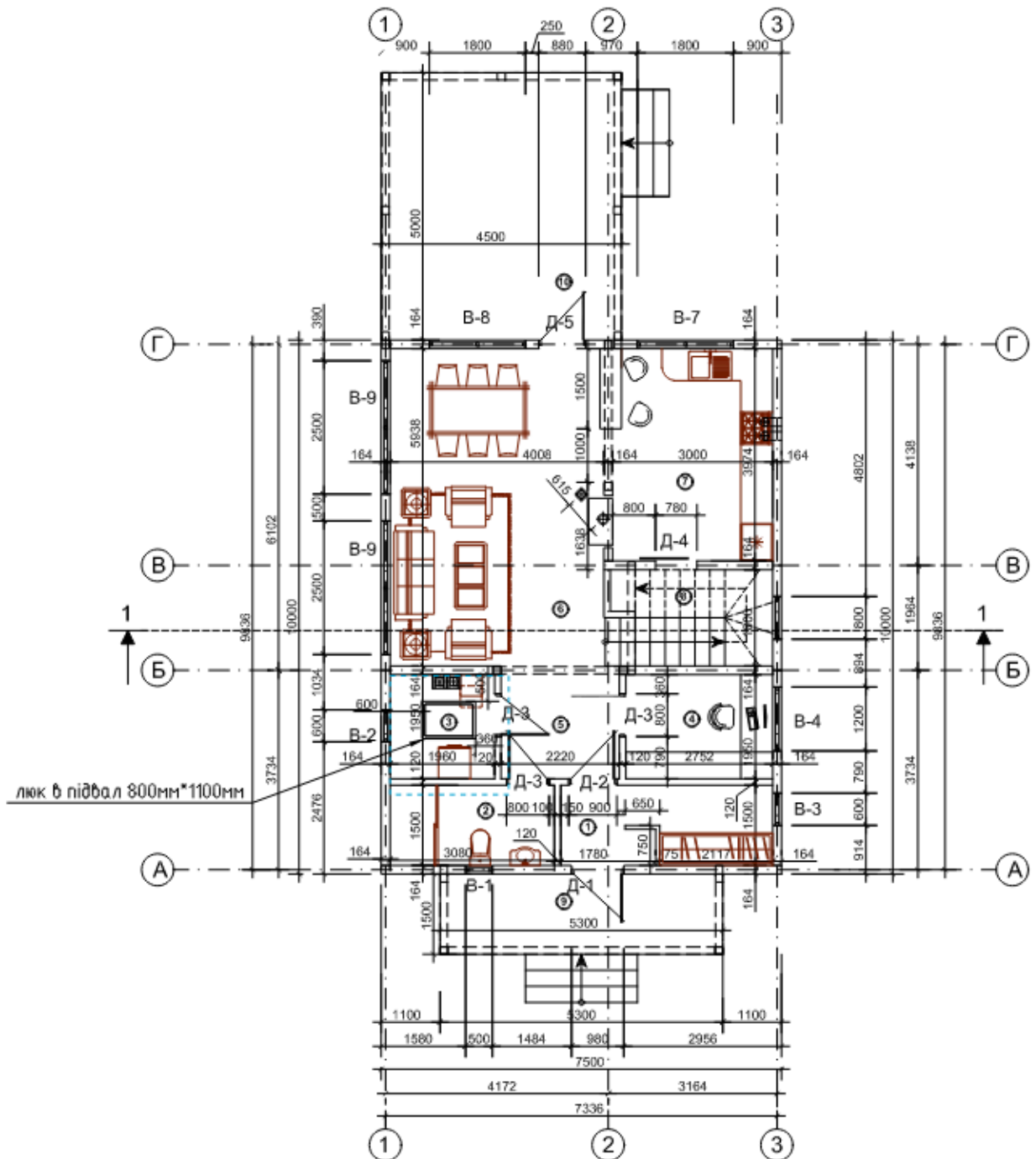


Рисунок 3.2. Переріз будівлі

Планування будинку доволі зрозуміле, просте, зручне і органічне.
 Рисунок 3.3. План першого поверху.



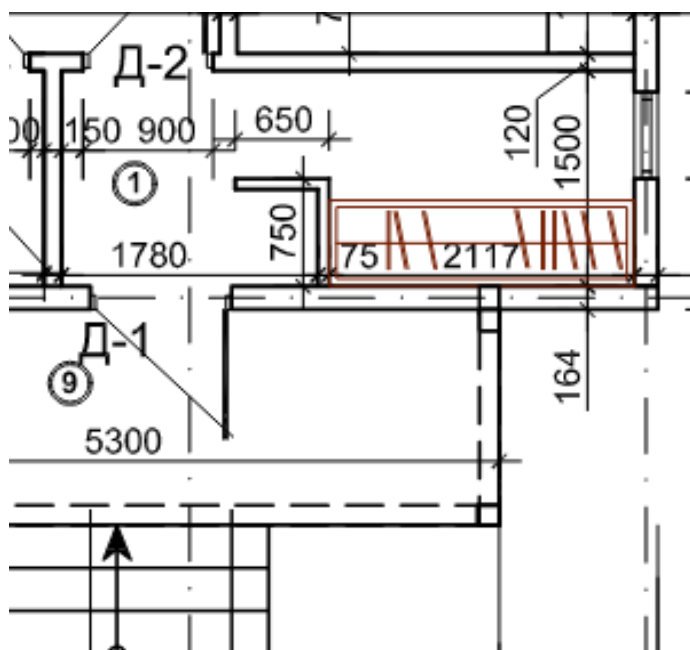


Рисунок 3.4. Вхід до будинку.

Тамбур при вході (кім.1) дозволяє зберегти комфортну температуру в основному приміщенні, запобігає виникненню протягів та забезпечує нормальне функціонування внутрішньої вентиляційної системи. З тамбуру прохід праворуч веде до роздягальні.

Рисунок 3.5. Орієнтація напрямку при вході.

Далі, увійшовши до фая (кім.5) маємо доступ одразу до декількох кімнат першого поверху:

ліворуч - туалетна кімната (2) 3*1,5м. з душовою та рукомийником, окрема кімната пральні (3) 1,95*1,96м.; праворуч - кабінет (4) 1,95*2,75м. та сходи на другий поверх.

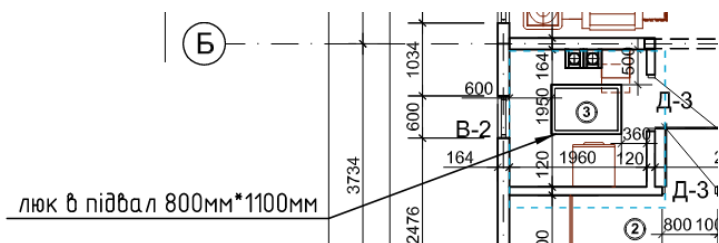
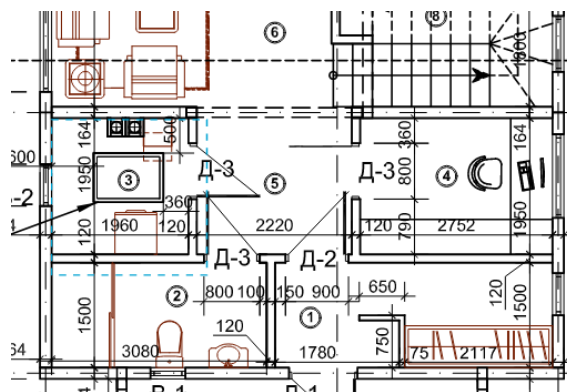


Рисунок 3.6. Кімната 3.

В підлогу пральної кімнати вмонтований люк, який веде до підвалу 2*2,2м.

З фая йде прохід до зали (кім.6) 5,94*4м, яка візуально розділена на зону їдальні та зону відпочинку. Навпроти зони відпочинку в стіну вмонтований дров'яний камін. Навпроти зони їдальні розміщена кухня (кім.7) 3*3,97, яка

відокремлена від зали барною стійкою. З кухні є прохід в простір під сходами (кім.8), де розміщені прилади опалювальної системи, електрощитова, контролери поливу, відеоспостереження, сигналізації. Зокрема сюди заведений основний кабель живлення та вода. Також даний простір виступає коморою для кухні. Між залом і кухнею розташовані двері виходу на терасу та задній двір.

Фото 3.1. Зона їдальні навпроти кухні, зліва між якими - вихід на терасу.



Фото 3.2 - 3.3 Зона відпочинку.

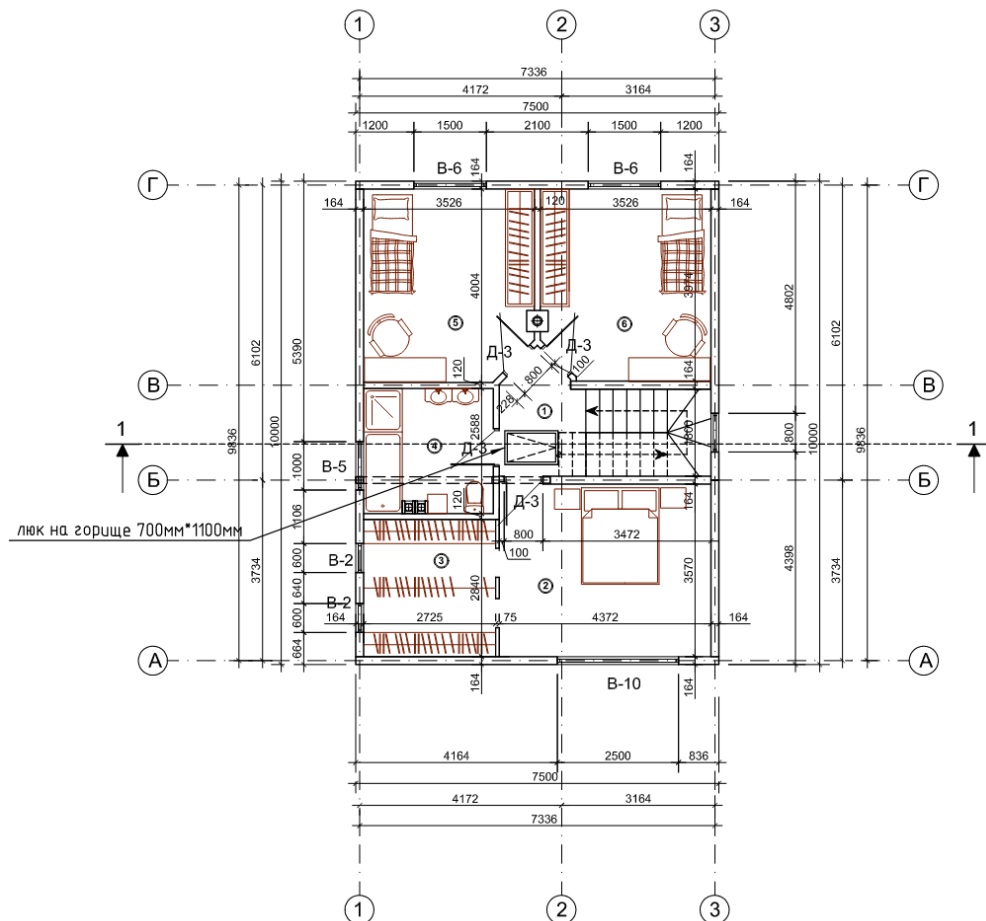


Дерев'яні сходи ведуть на другий поверх до житлових кімнат. Висота сходинок 17,5см. Каркас виконаний з бруса та ОСП, зовні оздоблений дошкою з натурального дерева.

Фото 3.4. - 3.5. Дерев'яні сходи.



Рисунок 3.7. План другого поверху.



На другому поверсі розташовані дві дитячі кімнати площею 13,5м.кв. кожна та навпроти них кімната батьків площею 15,65м.кв. Окремо на поверсі розміщена ванна кімната 6,93м.кв. з ванною та окремою душовою, санвузлом та двома умивальниками. Кімната батьків поєднана з роздягальною 7,74м.кв.

Завдяки двоскатній конструкції криші мається просторе горище 3*10м. люк на котре веде з коридору другого поверху.

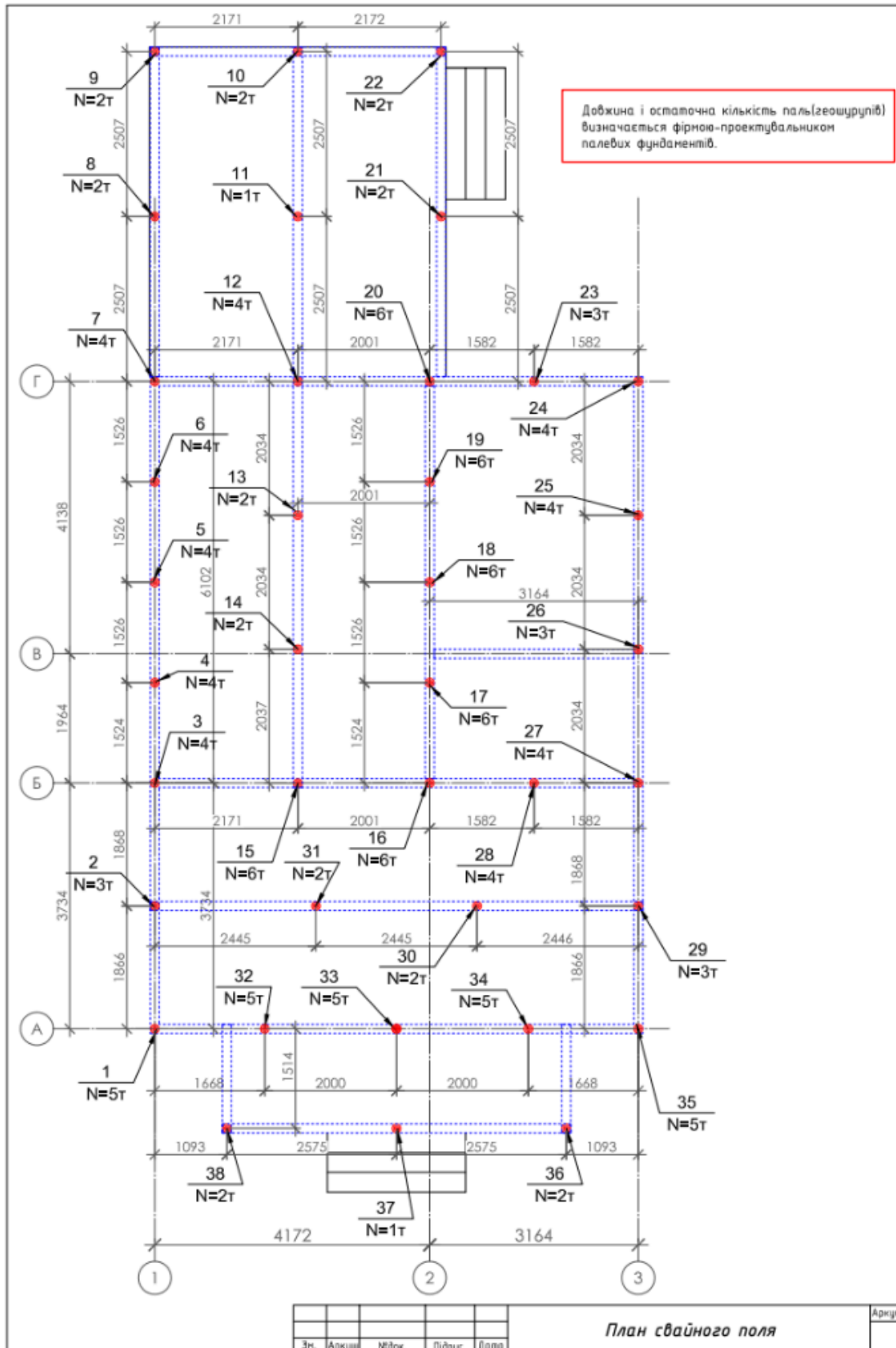
Отже дане планування є прикладом оптимального, зручного та практичного розміщення кімнат у будинку із СІП панелей. Всі технічні зони та ванні кімнати розташовані вздовж північної стіни. Вікна зали, кухні та дитячих на другому поверсі, а також відкрита тераса виходять на південно-схід. З будинку можна швидко отримати доступ до інженерного оснащення, підвалу та горища.

Будівельний метод з СІП панелей дозволяє вільно планувати просторі кімнати з великими прольотами без опор з високими потолками або “другим світлом”, оснащувати будинки дров'яним каміном, приєднувати підвальні приміщення, робити балкони, вікна в підлогу, тощо.

3.2. Конструктивне рішення будівлі та технологія зведення його елементів

Фундаментом даного будинку служить поле свай.

Рисунок 3.8. Поле свай (геошурупи).



Характеристики сваї (геошурупу) під основною будівлею: діаметр - 108мм, товщина стінки - 4мм., висота - 3м. заглиблення - 2,5м. пофарбовані двокомпонентною антикорозійною фарбою

Характеристики сваї (геошурупу) під терасою та ганком: діаметр - 76мм, товщина стінки - 4мм., висота - 3м. заглиблення - 2,5м. пофарбовані двокомпонентною антикорозійною фарбою.



Фото 3.6. - 3.7.

Сваї вкручені механічним способом силами двох робітників та спеціальної установки.





Фото 3.8. Оброблена свая із привареним на ній оголовком.

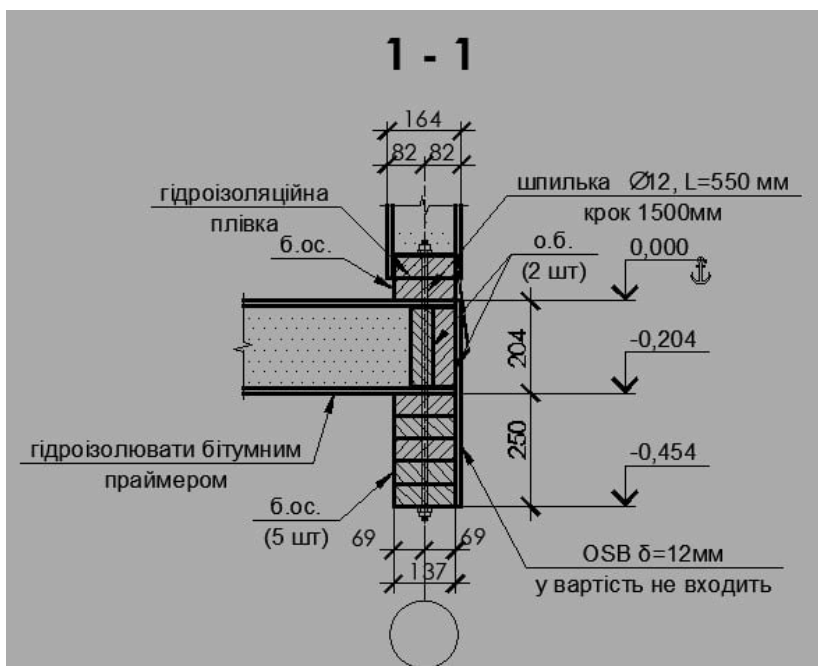
Далі сваї обрізаються в одній площині. На кожну наварюється оголовок. Зварювальний шов зачищається. Оголовок фарбується двокомпонентною антикорозійною фарбою.

Зверху на сваї монтується об'язувальний брус 50*176мм. 5 штук один на одній з перекриванням з'єднань. Брус оброблений рідкою мастикою.

Фото 3.9. Обв'язка свай брусом.



Рисунок 3.11 Вузол монтажу СІП-підлоги до бруса обв'язки свай та подальшого монтажу бруса основи для стінових СІП першого поверху.



На обв'язку брусом монтується СІП 204мм (підлогова), розрізана на частини 400*2500мм, поєднані між собою брусом 50*176мм з попереднім пропіненням клей-піною та подальшим кріпленням гвіздками. Торець панелей також зашивається брусом та гідробар'єром, після чого додатково обшивається ОСБ плитою. Таким чином внутрішній утеплюючий шар з пінополістеролу товщиною 180мм закритий від впливу зовнішнього середовища.



Фото 3.10 - 3.11. Монтаж СІП підлоги.

На підлогу з СІП по периметру несучих стін монтується обв'язуючий брус. На нього кріпляться СІП стінові 164мм.

Рисунок 3.12. Вузол кріплення стінової СІП до бруса обв'язки.

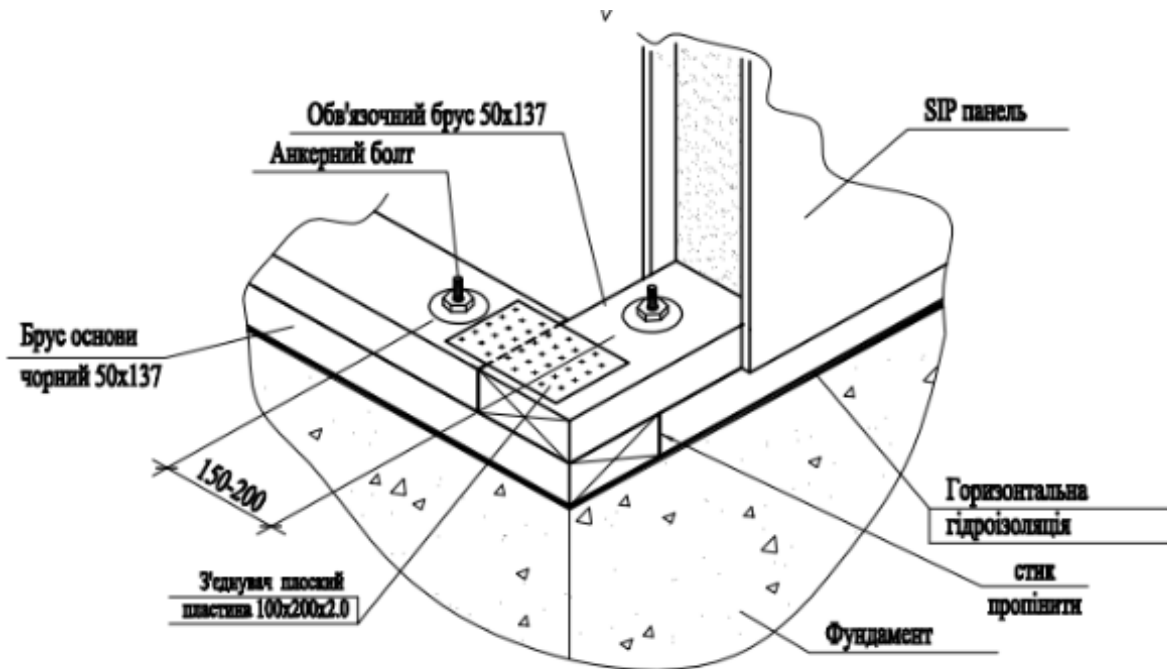
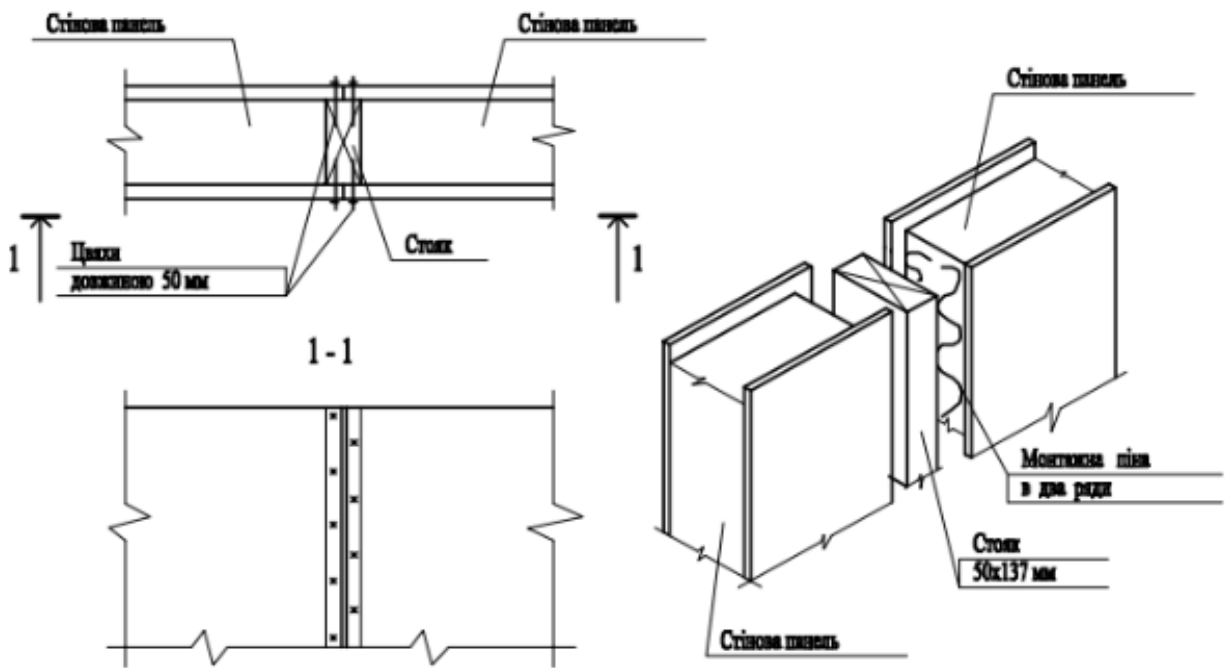


Фото 3.12 - 3.13. Монтаж стін з СІП.



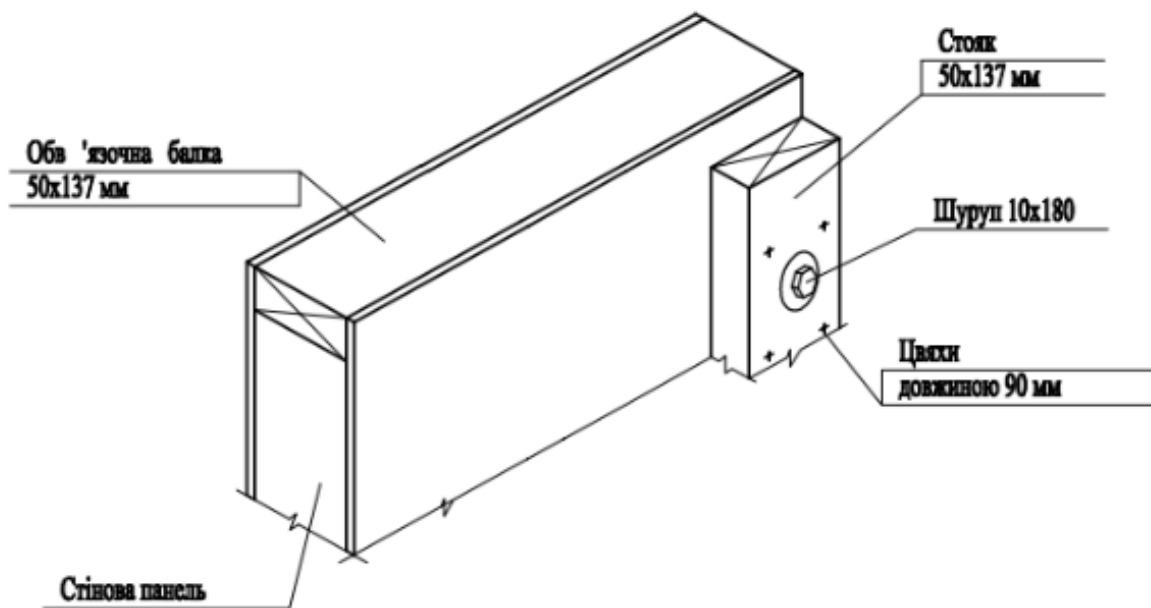


Рисунок 3.13. Вузол з'єднання стінових панелей між собою по вертикалі.



В паз уже змонтованої стінової панелі на всю висоту забивається дерев'яний стояк, до якого по всій висоті прибиваються цвяхами краї стінової панелі з обох сторін в шахматному порядку. Цвяхи прибиваються з кроком 20см. Віддаль від цвяха до краю плити не повинна бути менше ніж 1см. Перед забиванням стояка в паз плити (по піностиролу) на всю висоту наноситься монтажна піна в два ряди.

Рисунок 3.14. Вузол з'єднання кутів взаємоперпендикулярних стін.



Багатошарова панель SIP складається з OSB 10,12,15мм + пінополістерол + OSB 10,12,15мм (орієнтовно стружкові плити). Панелі виготовляються на заводі "Сервус" шляхом холодного пресування. Плита OSB призначена для використання у вологому середовищі як зовні так і всередині приміщення. Багатошарові панелі SIP характеризуються високими теплоізоляційними показниками і розраховані на температурні коливання від -40°C до +50°C.

Опір теплопередачі SIP складає : $R_{\Sigma пр} = 3.99 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$, що відповідає вимогам чинних норм, і може бути рекомендованою для зведення однородних житлових будинків у I, II і III температурних зонах України .

Рисунок 3.15. Перетин стін з СІП.

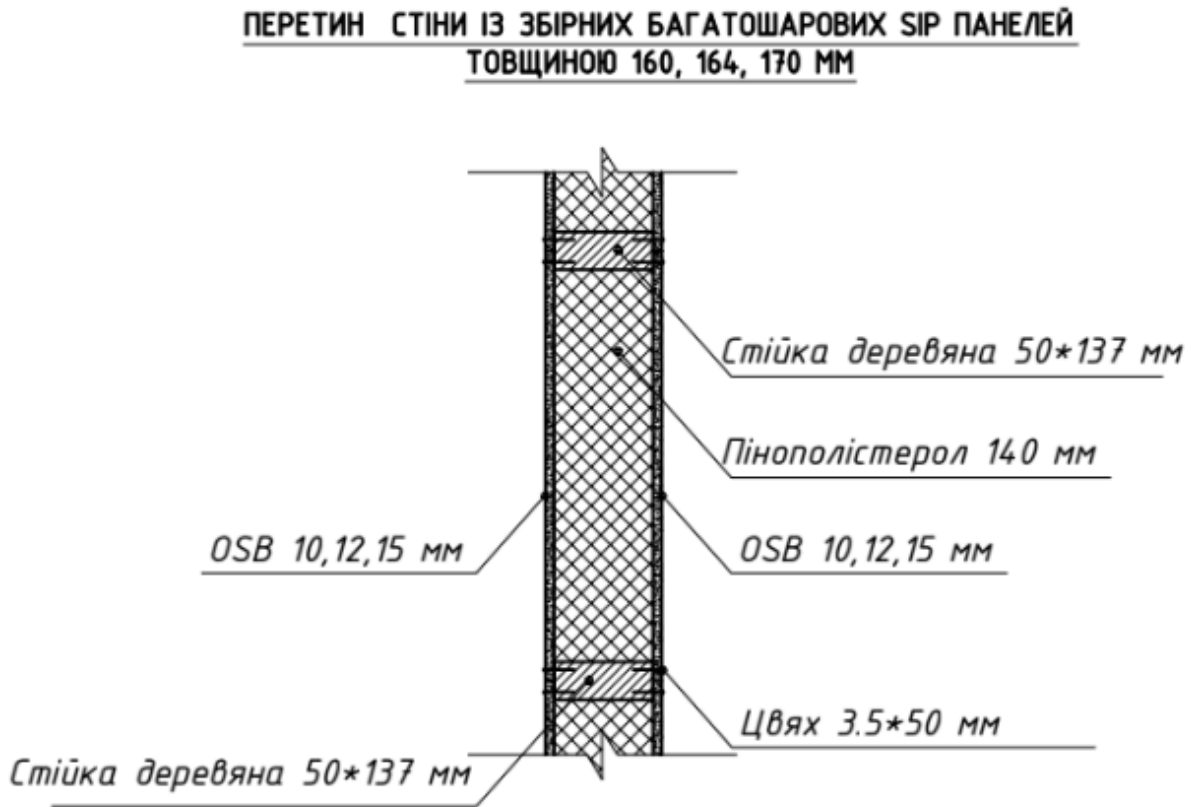
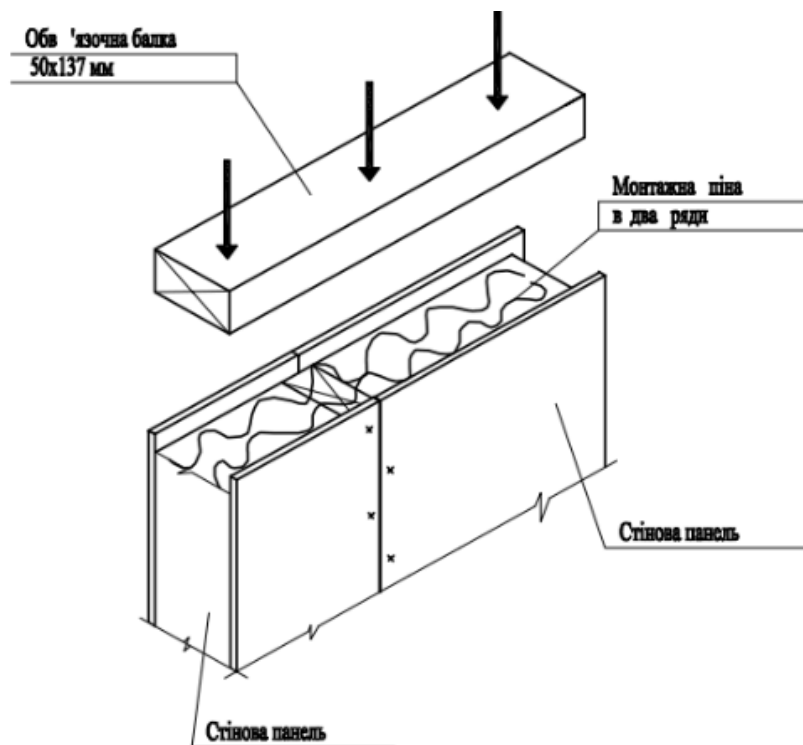


Рисунок 3.16. Монтаж обв'язки стін першого поверху.



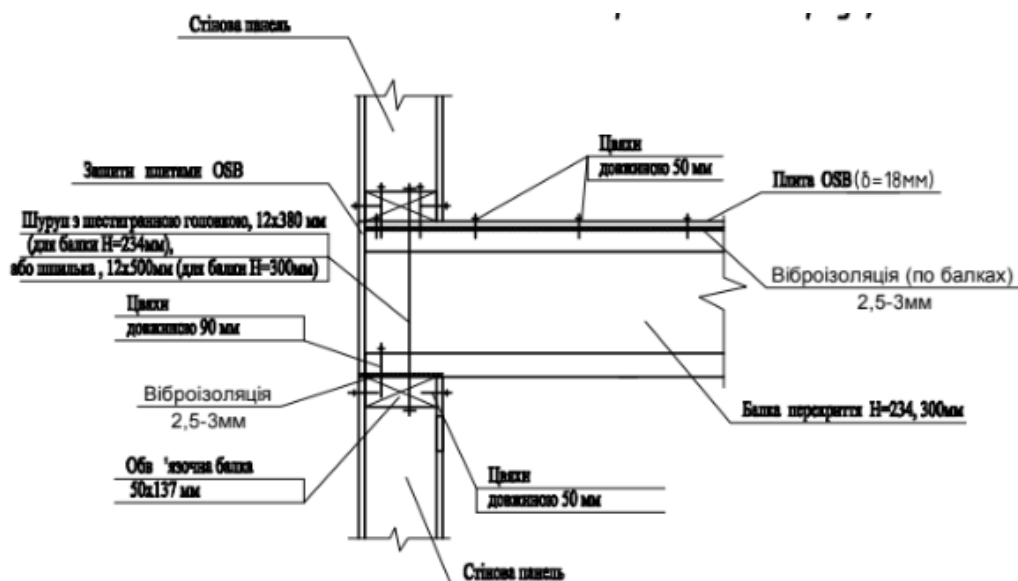
Після монтажу стінових панелей по всій довжині стіни в паз панелей забивається обв'язочна балка і скріплюється цвяхами з панелями з обох сторін в шахматному порядку. Цвяхи необхідно використовувати довжиною 50мм. Цвяхи прибиваються з кроком 20см. Віддаль від цвяха до краю плити не повинна бути менше ніж 1см. Перед забиванням обв'язочної балки в паз плити (по піностиролу) наноситься монтажна піна в два ряди.

Фото 3.14.Монтаж обв'язуючої балки першого поверху.



Монтаж двотаврових дерев'яних балок. Перекриття між поверхами. Основа підлоги другого поверху.

Рисунок 3.14. Опирання балок перекриття на стіни першого поверху і монтаж стіни другого поверху.



Після монтажу стінових панелей 1-го поверху монтуються балки перекриття. Балки перекриття кріпляться до обв'язочного бруса цвяхами довжиною 90 мм. Нижня полицка балки прибивається навскіс з двох сторін до обв'язочного бруса. Саморізами діаметром 4мм довжиною 50 мм з кроком 40см по верхньому поясу балок кріпляться плити ОСП.

Перекриття по зовнішньому контуру будинку кріпиться через обв'язочний брус основи стіни 2-го поверху до обв'язочного бруса стіни 1-го поверху шпильками довжиною 550мм. Шпильки кріпляться через 1,0-1,5 м. Додатково брус основи стіни 2-го поверху кріплять цвяхами довжиною 90 мм в два ряди з кроком не більше 1,0 м. Потім монтуються стінові панелі.

Рисунок 3.15 Двотаврові балки перекриття.

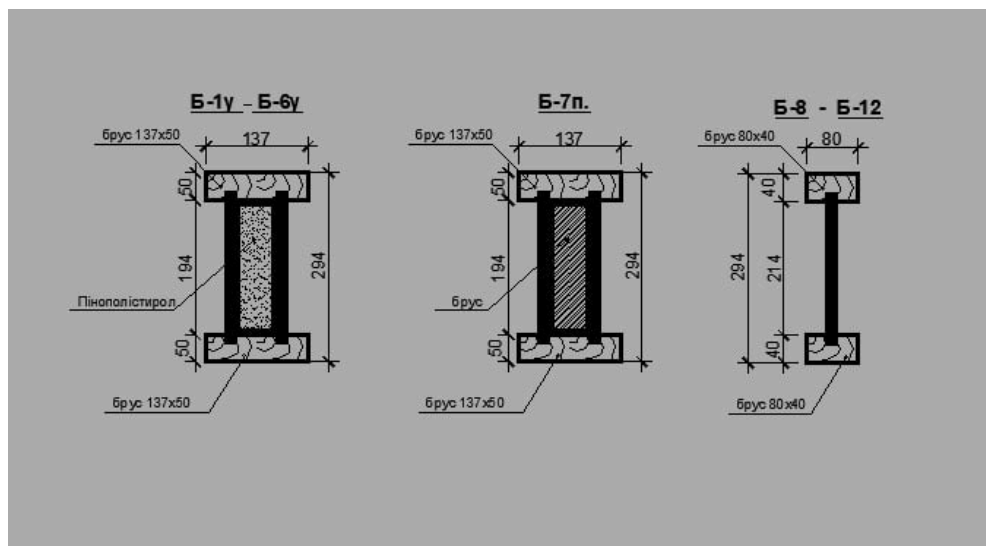


Рисунок 3.16 Утеплення перекриття.

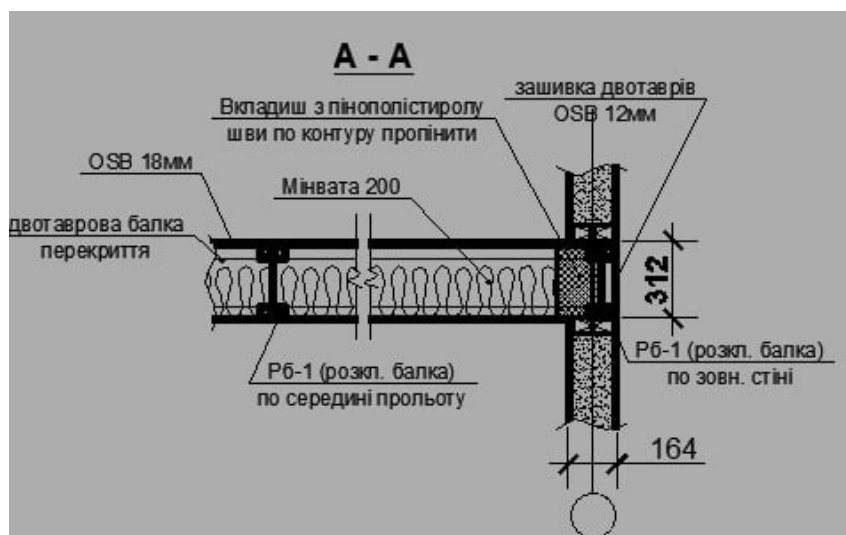
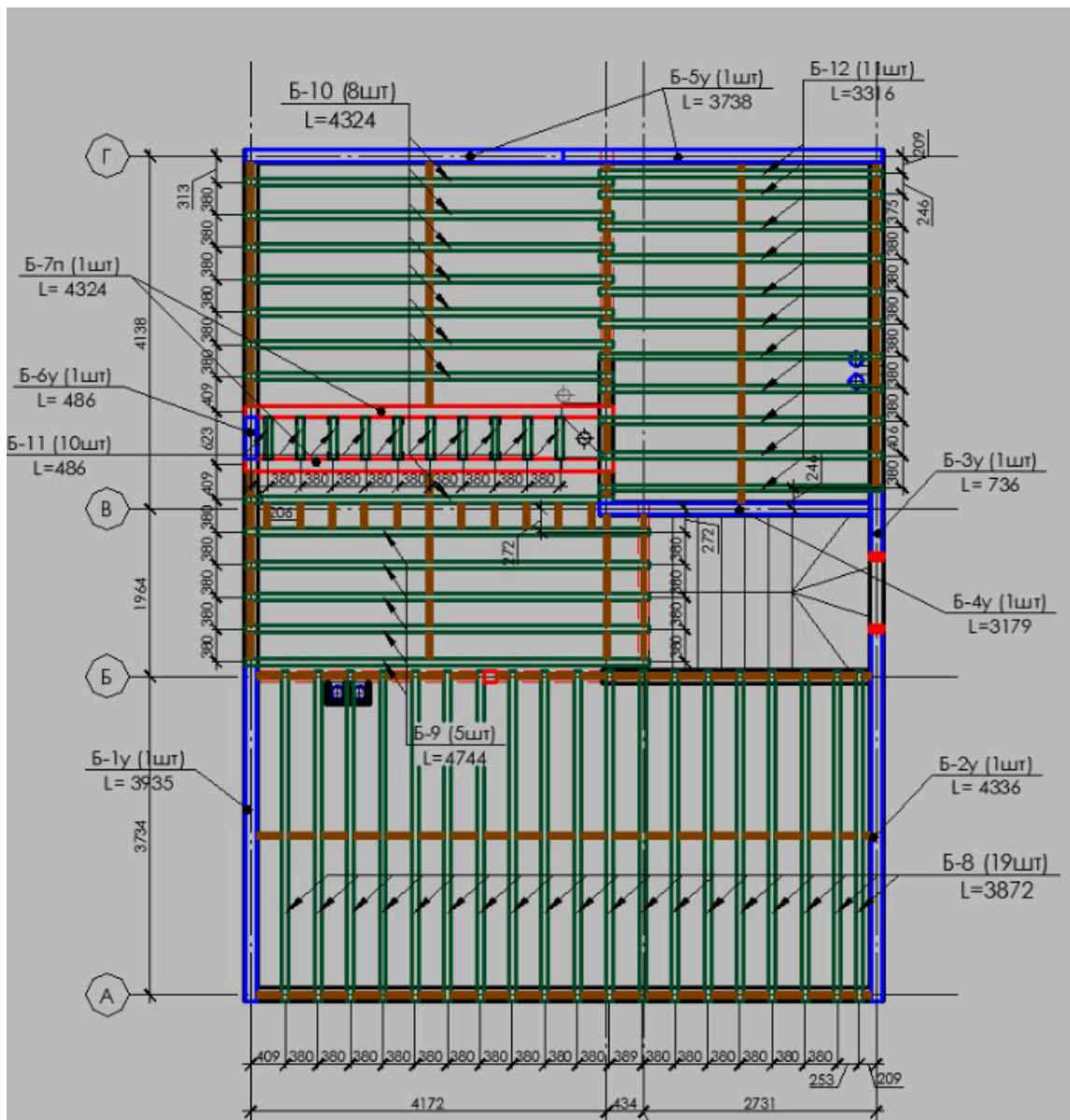


Рисунок 3.17. Розташування двотаврових балок в перекритті будинку, що аналізуємо.



Двотаврова балка та посилена двотаврова балка дозволяє реалізовувати довгі (до 6м.) пройми без додаткових опор. Зверніть увагу, що на першому поверсі немає повноцінної несучої стіни. Опір другого поверху приймає на себе балка яка зміщена від центру праворуч і проходить по осі 2. Це зроблено тому що за планом зала ширша за кухню на 1 метр. На другому поверсі взагалі, між дитячими кімнатами стоїть не несуча перегородка, виконана із бруса 147*50мм. Ще один доказ вільного планування в технології СП.

Фото 3.15 - 3.17. Фото змонтованих балок перекриття.

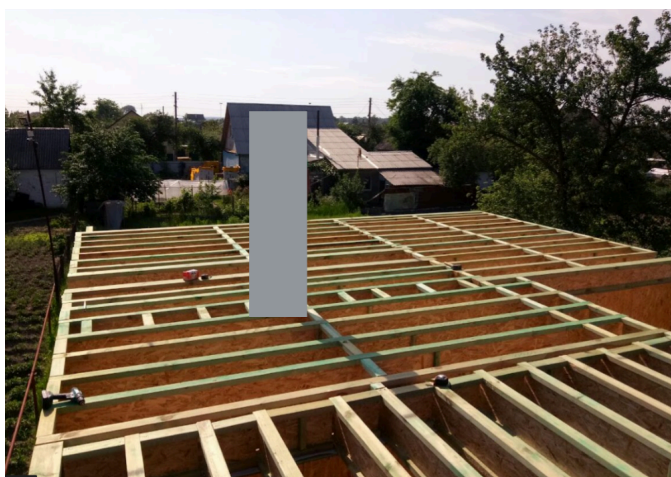


Фото 3.18. Монтаж ОСБ 18мм по двотаврових балках через вібраційну мембрану. Основа підлоги другого поверху.



Фото 3.19 - 3.20. Монтаж стін другого поверху.

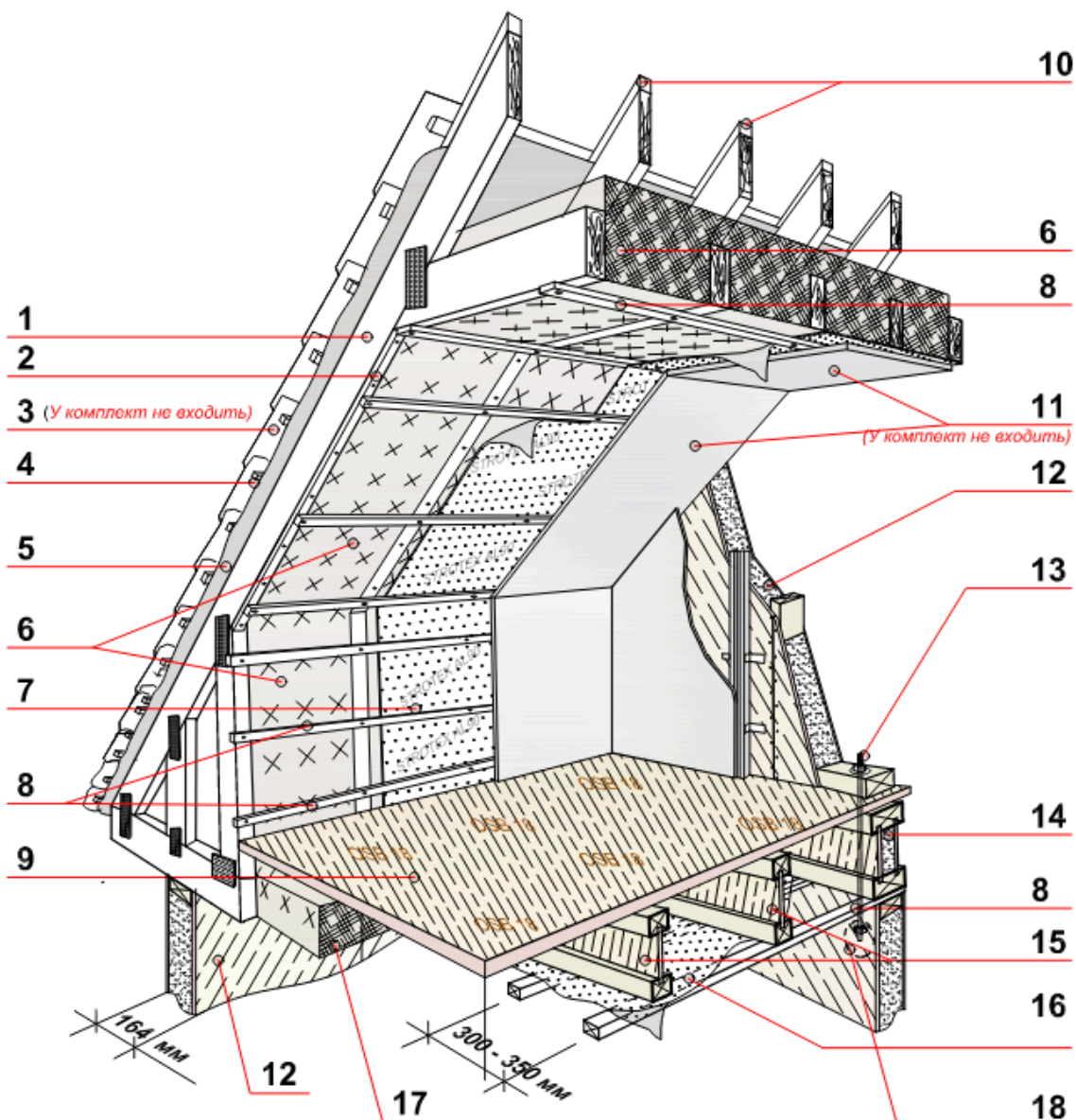


Фото 3.21 - 3.24 Монтаж ферм.



Рисунок 3.18. Вузол утеплення горища.

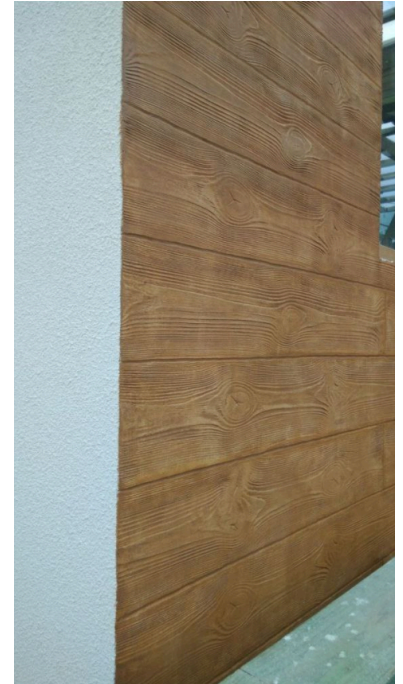
Фрагмент виконання мансардного приміщення.



1. Ферма даху (крок вказаний у кресленнях)
2. Додаткова рейка 40x50 (нарощується похила ділянка мансардної ферми для утеплення)
3. Покрівля (металочерепиця, бітумна чер. або ін.)
4. Лати 40x50 (крок 300мм)
5. Гідроізоляційна плівка
6. Утеплення мінеральною ватою 300мм
7. Фольгована пароізоляційна плівка "STROTEX AL90" (стики проклеяні стрічкою)
8. Конррейка 40x50 (крок 350мм)
9. OSB 18мм (плита "чорнової" підлоги 2-го поверху.
10. Конррейка 40x50 (для кріплення гідроізоляції, кріпити по всій довжині ферми)
11. Гіпсокартон 10мм (підшивка)
12. SIP-панель (див. розгортки стін)
13. Шпилька M12 (крок 1000-1500мм, для стягування 2-х поверхів між собою)
14. Утеплена двотаврова балка перекриття 137x294(h) (див. перекриття)
15. Двотаврова балка перекриття 80x294(h) (див. перекриття)
16. Пароізоляційна плівка (сіра)
17. Утеплення мінеральною ватою 200мм
18. Вкладиш з SIP після стягування 2-х поверхів шпилькою (монтувати на піну).

Зовнішнє оздоблення будинку виконано з додатковим утепленням ППС 100мм та подальшою кольоровою штукатуркою Ceresit СТ 174 з вставками штучного декору Ceresit VISAGE СТ 720. Цокольний простір обшивається фіброцементними плитами з подальшим їх фарбуванням.

Фото 3.25. - 3.26. Оздоблення фасаду.



СПП паронепроникна і дозволяє застосовувати зовні паронепроникне утеплення типу пінополістерол не ризикуючи утворити точку роси всередині стіни чи між стіною та утеплювачем. Подібний ризик виникає при утепленні ППС огорожуючих конструкцій виконаних з таких паропроникних матеріалів, як цегла, блоки, бетон. Тому ці матеріали мають бути утеплені більш паропроникними теплоізоляторами, такими як базальтова вата, що також здорожчує будівництво.

Вікна встановлені профілю Kommerling 82мм з енергозберігаючими склопакетами за формулою 4i-14ar-4-14ar-4i.

Покрівля виконана металочерепицею Ruukki 0,47мм з оцинковкою 270 мг/м.кв.

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СПП ПАНЕЛЕЙ

4.1. Випробовування дерев'яної стінової панелі.

Для реалізації даного конструктивного рішення і приватному будівництві необхідно проведення певних експериментальних досліджень. Експериментальні дослідження проводились з метою визначення несучої здатності стінової панелі. Випробування проводились на базі Науково-дослідної лабораторії НАУ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА».

Дослідженню підлягала Стінова панель марки П-1 виготовлена з дерев'яного каркасу (бруси перерізом 135x50 мм) та двох OSB-плит, приєднаних до каркасу на самонарізах. Висота стінової панелі, що випробовувалася, становила 2800 мм, ширина 1250 мм.

4.1.2 Методика випробування.

Стінова панель марки П-1 була випробувана на лабораторному стенді в горизонтальному положенні за схемою центрально завантаженої колони, шарнірно закріпленої на опорах (фото 1, рис. 1).

Навантаження здійснювалося за допомогою домкрата 3 та розподільчої траверси 4. Рівномірно розподілене навантаження прикладалося до стінової панелі 1 по всій площині торця. Вимірювання величини навантаження здійснювалося за допомогою опорного кільцевого динамометра 2.

Вигин вимірювався по середині панелі за допомогою 3-ох прогиномірів Аістова 5 з ціною поділки 0,01 мм. Зміщення опор вимірювалося по кутах панелі за допомогою 4-ох індикаторів 6 з ціною поділки 0,01 мм. Відносні деформації каркасу стінової панелі вимірювалися 4-ма мікроіндикаторами з базою 100 мм та ціною поділки 0,001 мм.

4.1.3.Результати випробування.

При випробуванні стінової панелі П-1 навантаження прикладалося ступенями по 2,0 т, до повного її руйнування. Витримка між прикладеними ступенями навантаження становила 10...15 хв.

Результати випробування панелі наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати випробувань панелі П-1

Номер ступеня	Навантаження, т	Вигин панелі, мм	Примітки
0	0	0,00	
1	2	6,21	
2	4	7,20	
3	6	7,63	
4	8	7,99	
5	10	8,27	
6	12	8,86	
7	14	10,37	
8	16	12,35	
9	18	15,64	
10	20		
Руйнування панелі			

Графік залежності вигину панелі П-1 від навантаження показано на рис. 2.

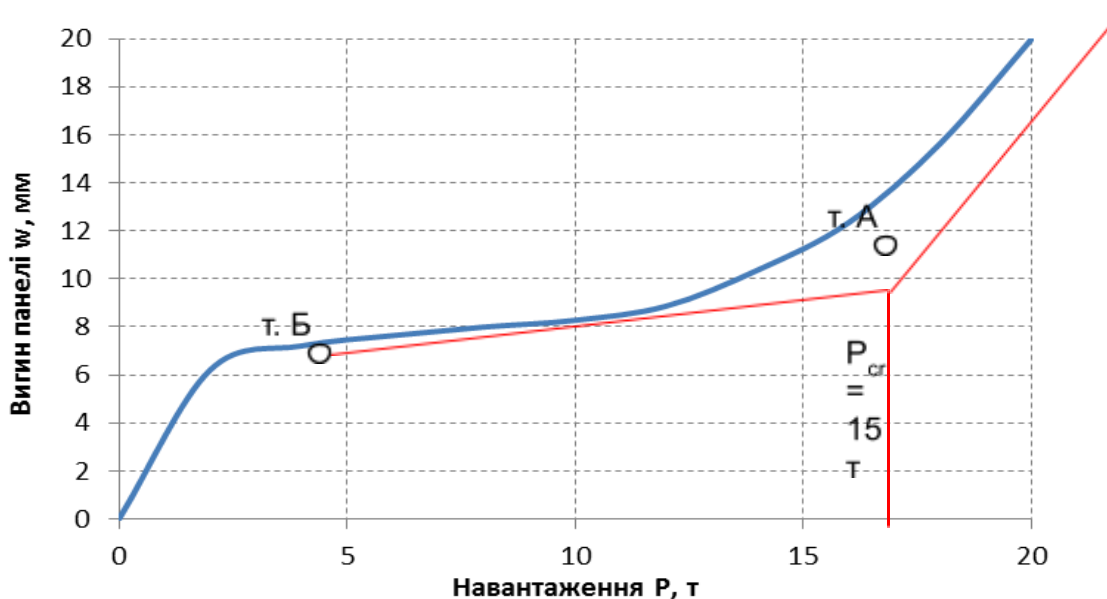


Рис. 2. Наростання вигину стінової панелі П-1.

Ділянка 0-В – включення прогиномірів в роботу.

На графіку видно, що руйнування стінової панелі відбулося внаслідок втрати стійкості при повному вертикальному навантаженні 15 т (т. А, див. рис. 2). Межі міцності деревини каркасу панелі та OSB-плит досягнуто не було (рис. 3). Змінання торців панелі не відбувалось. В процесі завантаження спостерігалось вигинання OSB-плити між місцями її закріплення.

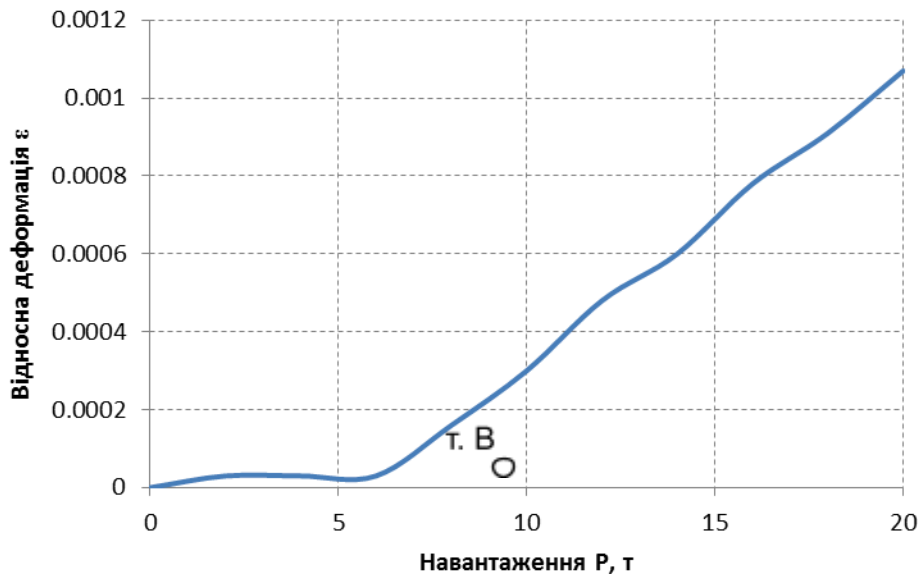


Рис. 3. Відносні деформації (ε) деревини стійки каркасу панелі. Ділянка 0-В – включення мікроіндикаторів в роботу.

4.1.4. Аналіз результатів.

Розрахункова величина несучої здатності R_d визначається за формулою 7.17 (ДБН В.2.6-161:2010, п. 7.4.3.1):

$$R_d = k_{mod} * R_k / \gamma_M = 0,9 * 150,0 / 1,3 = 103,85 \approx 104,0 \text{ кН} \quad (1)$$

де k_{mod} – перехідний коефіцієнт, що враховує вплив тривалості навантаження та вологості, для цільної деревини при короткотривалому навантаженні $k_{mod} = 0,9$ (ДБН В.2.6-161:2010, табл. 8.1);

R_k – характеристичне значення несучої здатності, $R_k = 150,0$ кН, (див. рис. 2);

γ_M – коефіцієнт надійності для характеристики матеріалу, для цільної деревини $\gamma_M = 1,3$ (ДБН В.2.6-161:2010, табл. 7.3).

4.1.5. Висновки.

1. Втрата несучої здатності стінової панелі за I групою граничних станів наступила при навантаженні $P_{cr} = 150,0$ кН внаслідок втрати її стійкості.
2. При досягненні в панелі граничного вигину, міцність елементів забезпечувалась.
3. Руйнування з'єднань дерев'яних елементів каркасу з OSB-плитами не відбувалось.
4. Руйнування OSB-плит балок не спостерігалось.
5. Рекомендовано зменшити крок нагелів для з'єднання дерев'яних елементів каркасу з OSB-плитами в 2 рази.
6. Допустиме повне розрахункове значення навантаження для стінової панелі П-1 становило $P_d = 104,0$ кН з умови втрати стійкості.

4.2. Випробовування міцності та деформативності клеєних дерев'яних балок.

4.2.1. Загальні відомості.

Дерев'яна двотаврова балка (марка Б-5) виготовлена з двох дощок перерізом 40 x 80 мм та з ОСП-стілки 15 x 220 мм. Дерев'яна двотаврова балка (марка Б-6) виготовлена з двох дощок перерізом 40 x 130 мм та з двох ОСП-стінок 15 x 220 мм між якими вкладено пінополістирол товщиною 70 мм. Стінки з'єднані з поличками за допомогою поліуретанового клею.

Проліт балок, що випробовувалися, становив 5400 мм.

4.2.2. Методика випробування.

Схема навантаження балок і розміщення приладів показано на рис. 1.

Дерев'яні двотаврові балки 1 були випробувані на лабораторному стенді в горизонтальному положенні за схемою однопролітної розрізної балки з лівою нерухомою та правою рухомою опорами (рис. 1).

Навантаження здійснювалося за допомогою домкрата 3 та розподільчої траверси 4 і прикладалося до балки на відстані $1/3$ прольоту кожне. Вимірювання величини навантаження здійснювалося за допомогою опорних кільцевих динамометрів 2.

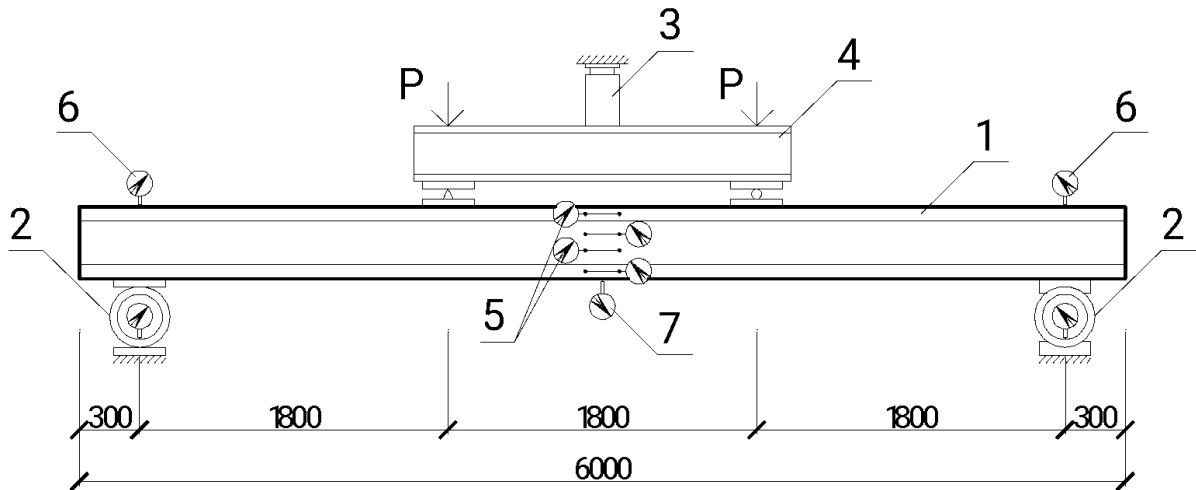


Рис.

1. Схема завантаження балки. 1 – балка, 2 – кільцеві динамометри, 3 – домкрат, 4 – розподільча траверса, 5, - мікроіндикатори, 6 – індикатори, 7 - прогиномір Аістова.

Відносні деформації по висоті перерізу балки вимірювалися 4-ма мікроіндикаторами 5 з базою 100 мм.

Прогин балки вимірювався за допомогою 2-ох індикаторів 6 та прогиноміра Аістова 7.



a)



б)

Фото 1. Загальний вигляд випробувального стенду, а – балка Б-5, б – балка Б-6.

4.2.3. Результати випробування.

Балка Б-5.

При випробуванні балки Б-5 навантаження прикладалося до повного її руйнування. Навантаження прикладалося ступенями по 100 кг кожне. Витримка між прикладеними ступенями навантаження становила 10 – 15 хв.

Таблиця 1

Випробування балки Б-5

Номер ступеня	Навантаження, кгс	Переміщення середини балки, мм	Примітки
0	0	0,00	Граничний прогин $[f]=l/200$ становить 27 мм
1	80	3,98	
2	195	8,96	
3	287	13,42	
4	391	19,50	
5	494	23,45	

6	598	28,42	
7	701	33,47	
8	805	39,95	
Руйнування балки			

Графік залежності прогину балки Б-5 від навантаження показано на рис. 2:

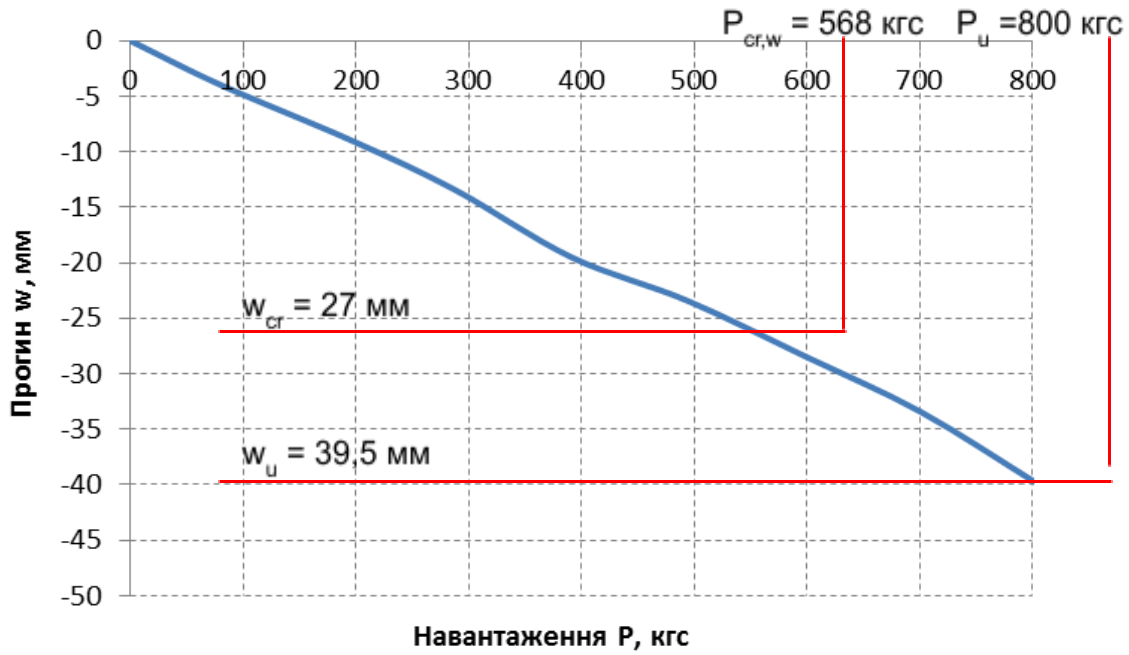
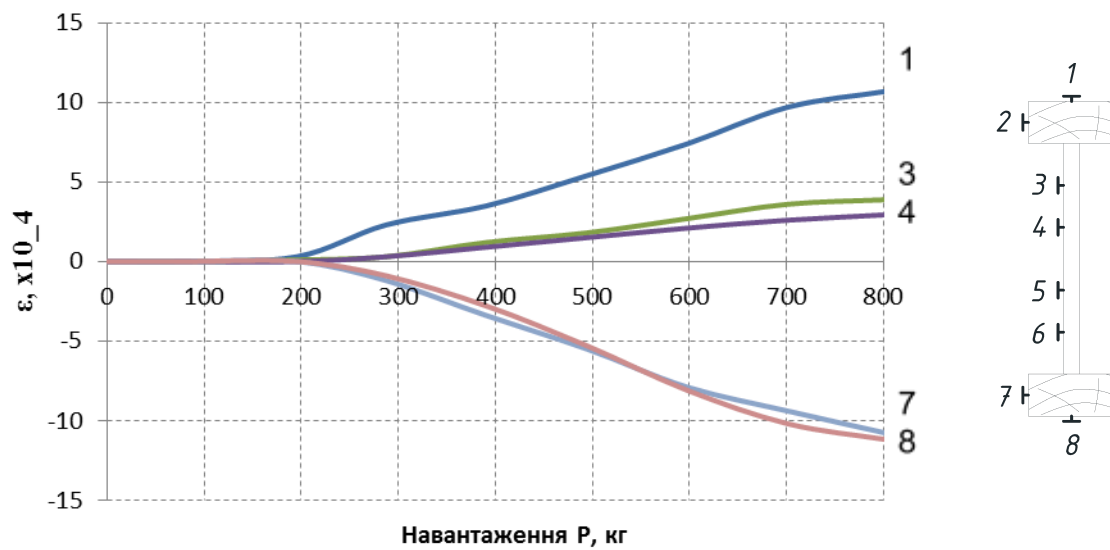


Рис. 2. Залежність прогинів балки марки Б-5 від навантаження.

Відносні деформації полицок та стінки балки зображено на рис.3.



а)

б)

Рис. 3. Відносні деформації ϵ полицок та стінок балки (а) та схема розташування мікроіндикаторів (б), (прилади 2, 5, 6 вибули з роботи в процесі експерименту). Згідно табл. А2 (ДБН В.2.6-161:2010) граничне значення дотичних напружень у клейовому шві складо $\tau_{ш, cr} = 0,25 \text{ кН/см}^2$.

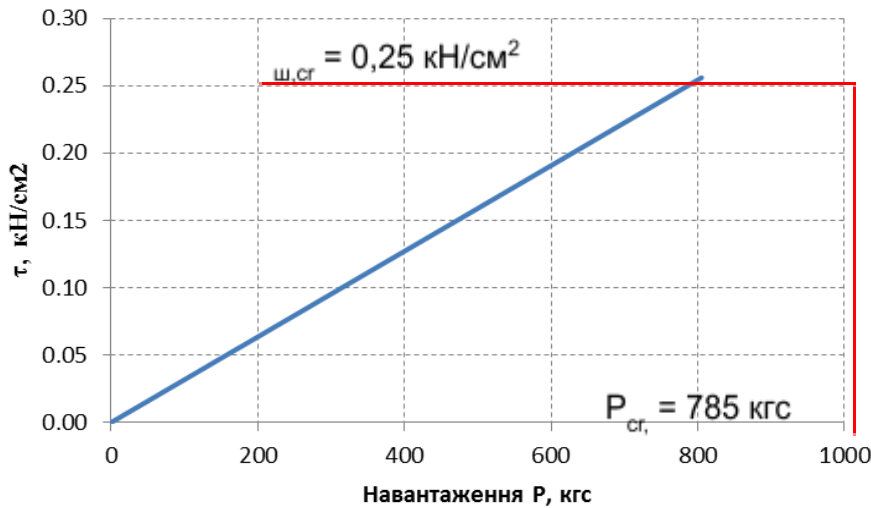


Рис. 4. Залежність дотичних напружень у шві з'єднання стінки та полицки $\tau_{ш}$ від навантаження.

Встановивши критичні значення навантажень балки Б-5 вибрали найменше з них (див. рис. 2). Критичне навантаження для балки Б-5 становило 568 кгс.

Згинальний момент в середині балки становив

$$M = Pl/3 = 568 \cdot 5.4/3 = 1022,4 \text{ кг*м} \quad (1)$$

Через згинальний момент визначаємо критичне значення розподіленого навантаження, оскільки

$$M = ql^2/8 = Pl/3, \quad (2)$$

тоді

$$q = 8P/3l = 8 \cdot 568 / 3 \cdot 5.4 = 280,5 \text{ кг/м}. \quad (3)$$

Розрахункове значення розподіленого навантаження приймаємо із коефіцієнтами k_{mod} та γ_M згідно формули 7.17 (ДБН В.2.6-161:2010, п. 7.4.3.1):

$$q_d = k_{mod} \cdot q / \gamma_M = 0,9 \cdot 280,5 / 1,3 = 194,2 \approx 195 \text{ кг/м} \quad (4)$$



Фото 2. Вигляд балки Б-5 після руйнування.



Фото 3. Місце руйнування стінки балки Б-5.

Балка Б-6.

При випробуванні балки Б-6 навантаження прикладалося до повного її руйнування. Навантаження прикладалося ступенями по 100 кг кожне. Витримка між прикладеними ступенями навантаження становила 10 – 15 хв.

Таблиця 1

Випробування балки Б-6

Номер ступеня	Навантаження, кгс	Переміщення середини балки, мм	Примітки
0	0.00	0.00	Граничний прогин $[f]=1/200$ становить 27 мм
1	115.00	3.00	
2	218.50	5.96	
3	322.00	9.09	
4	425.50	12.18	
5	529.00	15.30	
6	632.50	18.25	

7	736.00	21.37
8	839.50	24.51
9	943.00	27.52
10	1046.50	30.46
11	1150.00	33.47
12	1265.00	37.54
13	1380.00	40.92
14	1495.00	43.93
15	1702.00	48.96
16	1782.50	51.51
17	1874.50	54.26
18	1909.00	56.93
19	2300.00	68.19
Руйнування балки		

Графік залежності прогину балки Б-6 від навантаження показано на рис. 2:

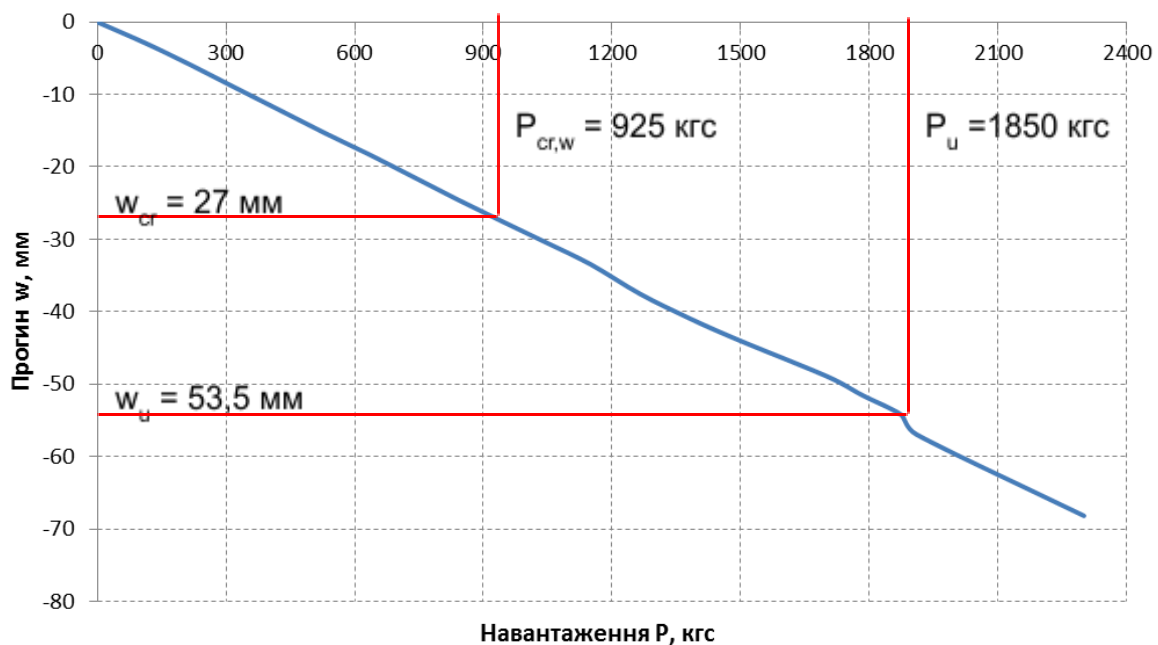


Рис. 2. Прогин балки марки Б-6.

Руйнування балки відбулось в момент завантаження силою кгс, внаслідок сколювання волокон полицки стиснутої зони.

$P_u = 1850$

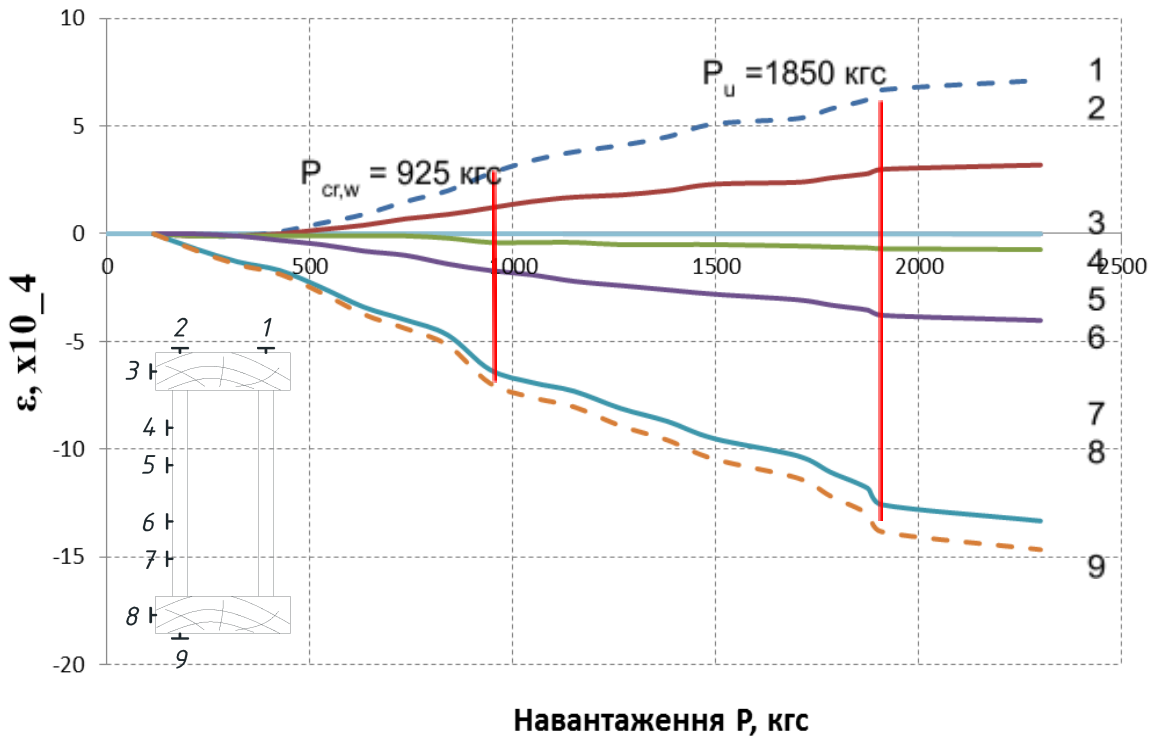


Рис. 3. Відносні деформації ε балки по висоті перерізу в середині прольоту. 1...9 – нумерація мікроіндикаторів, розміщених по висоті перерізу балки; штрихова лінія – теоретичні значення деформацій стінки на грані з полицками. Згідно табл. А2 (ДБН В.2.6-161:2010) граничне значення дотичних напружень у клейовому шві склало $\tau_{ш, cr} = 0,25$ кН/см².

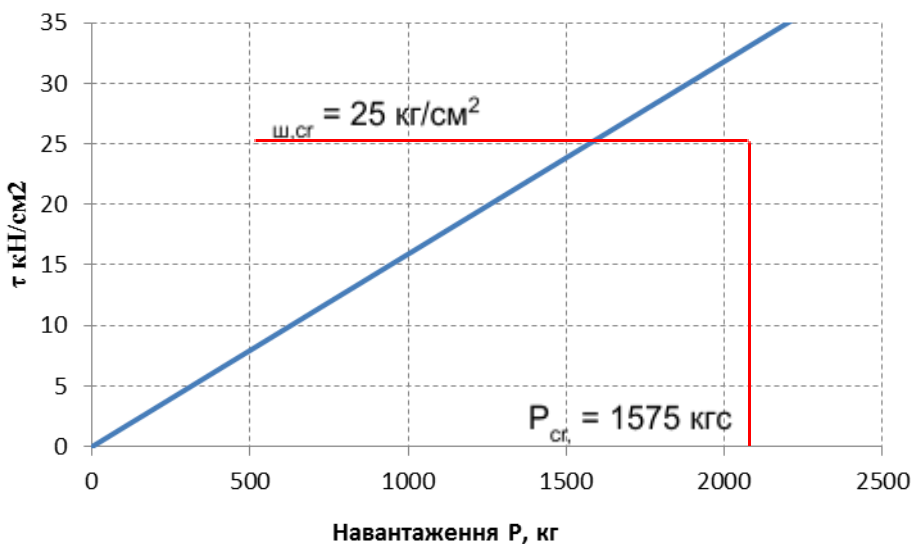


Рис. 4. Залежність дотичних напружень у шві з'єднання стінки та полицки $\tau_{ш}$ від навантаження.

Встановивши критичні значення навантажень балки Б-5 вибрали найменше з них (див. рис. 2). Критичне навантаження для балки Б-6 становило 925 кгс.

Згинальний момент в середині балки становив

$$M = Pl/3 = 925 * 5.4/3 = 1665,0 \text{ кг*м} \quad (1)$$

Через згинальний момент визначаємо критичне значення розподіленого навантаження

$$M = ql^2/8 = Pl/3, \quad (2)$$

звідси

$$q = 8P/3l = 8 * 925 / 3 * 5.4 = 456,8 \text{ кг/м}. \quad (3)$$

Розрахункове значення розподіленого навантаження приймаємо із коефіцієнтами k_{mod} та γ_M згідно формули 7.17 (ДБН В.2.6-161:2010, п. 7.4.3.1):

$$q_d = k_{mod} * q / \gamma_M = 0,9 * 456,8 / 1,3 = 316,25 \approx 315 \text{ кг/м} \quad (4)$$



Фото 4. Вигляд балки Б-6 після руйнування.



Фото 5. Місце руйнування полички балки Б-6 в стиснутій зоні (P=1850кгс).



Фото 6. Місце руйнування стінки та полицок балки Б-6 ($P=2300\text{кгс}$).

4.2.4. Аналіз результатів.

Гранична величина прогину для балки на двох опорах:

$$w_{\text{fin}} = l/200 = 5400/200 = 27 \text{ мм.} \quad (2)$$

Розрахунок двотаврових балок за II групою граничних станів рекомендовано проводити із врахуванням коефіцієнта k_f :

$$w_{\text{fin}} = w_{\text{fin},0} / k_f, \quad (3)$$

де w_{fin} – розрахунковий прогин досліджуваної балки;

$w_{\text{fin},0}$ – розрахунковий прогин двотаврової балки з ОСП-стінкою.

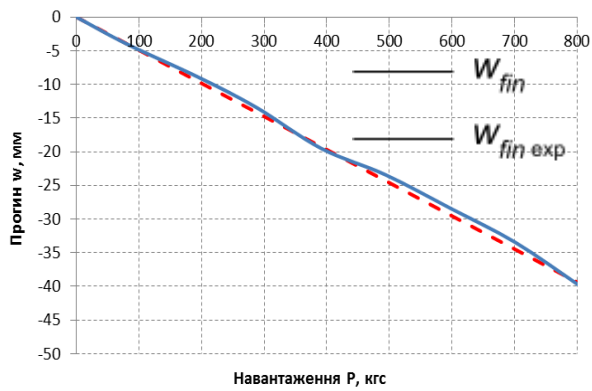
Коефіцієнт k_f визначався із формули:

$$k_f = w_{\text{fin},0} / w_{\text{fin,exp}}, \quad (4)$$

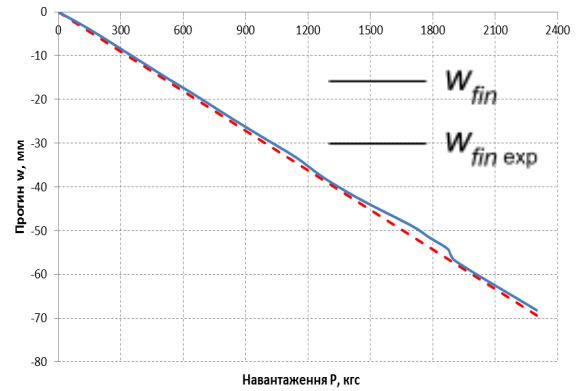
де $w_{\text{fin,exp}}$ – експериментальне значення прогину балки.

Після проведених відповідних розрахунків за результатами експериментальних досліджень рекомендовано прийняти для балки марки Б-5 значення коефіцієнта $k_f = 1,1$, для балки марки Б-6 значення коефіцієнта $k_f = 1,75$.

Порівняння розрахунково прогину w_{fin} (2) із експериментальним $w_{\text{fin,exp}}$ показало задовільну збіжність (рис. 8 а, б).



а)



б)

Рис. 8. Графіки розрахункових (w_{fin}) та експериментальних ($w_{fin,exp}$) прогинів для балки марки Б-5(а) при $k_f = 1,1$ та балки марки Б-6(б) при $k_f = 1,75$.

Розрахунковий опір деревини при згині $f_{m,y,d}$ визначається за формулою 7.17 (ДБН В.2.6-161:2010, п. 7.4.3.1):

$$f_{m,y,d} = k_{mod} * f_{m,k} / \gamma_M = 0,9 * 24,0 / 1,3 = 16,615 \approx 16,5 \text{ МПа} \quad (5)$$

де k_{mod} – перехідний коефіцієнт, що враховує вплив тривалості навантаження та вологості, для цільної деревини при короткотривалому навантаженні $k_{mod} = 0,9$ (ДБН В.2.6-161:2010, табл. 8.1);

$f_{m,k}$ – характеристичний опір при згині $f_{m,k} = 24,0$ МПа, (ДБН В.2.6-161:2010, табл. А2);

γ_M – коефіцієнт надійності для характеристики матеріалу, для цільної деревини 1,3.

4.2.5. Висновки.

1. Втрата несучої здатності балки Б-5 за I групою граничних станів (за несучою здатністю) наступила внаслідок руйнування зчеплення ОСП -стілки з дерев'яною поличкою через поліуретановий клей в розтягнутій зоні при навантаженні 8,0 кН.
2. Втрата несучої здатності балки Б-5 за міцністю клейових швів наступила при навантаженні 7,85 кН.

3. Втрата несучої здатності балки Б-5 за II групою граничних станів (за граничним прогином) наступила при навантаженні 5,68 кН.
4. При кожному з вище вказаних критичних навантажень руйнування стінки балки не відбувалося.
5. Допустиме розрахункове значення розподіленого навантаження на балку склало $q_d = 195$ кг/м, за мінімальним значенням несучої здатності балки $P_{cr,w} = 568$ кгс.
6. Втрата несучої здатності балки Б-6 за I групою граничних станів (за несучою здатністю) наступила внаслідок руйнування стиснутої зони полицки балки при навантаженні 18,5 кН.
7. Втрата несучої здатності балки Б-6 за II групою граничних станів (за граничним прогином) наступила при навантаженні 9,25 кН.
8. Втрата несучої здатності балки Б-6 за міцністю клейових швів наступила при навантаженні 15.75 кН.
9. При кожному з вище вказаних критичних навантажень руйнування стінки балки не відбувалося.
10. Допустиме розрахункове значення розподіленого навантаження на балку склало $q_d = 315$ кг/м за мінімальним значенням несучої здатності балки $P_{cr,w} = 925$ кгс.
11. Розрахунок прогину випробуваних балок виконувати як для клеєфанерної двотаврової балки із врахуванням коефіцієнта $k_f = 0,75$ для балки марки Б-3 та $k_f = 1,0$ для балки марки Б-4.
12. При досягненні в балках граничного прогину, міцність елементів забезпечувалась.
13. Рекомендуємо використовувати у розтягнутій зоні деревину I сорту (к-ть сучків не більше 2 шт/мп).
14. Для більш гарантованих рекомендацій необхідно випробувати більшу кількість балок.

ВИСНОВОК

Структурно-ізоляційна панель (СІП) стала популярною та важливою технологією у розвинутих країнах світу. Вона має ряд вагомих переваг порівняно з класичними методами будівництва, що сприяє її широкому застосуванню та популярності.

Однією з головних переваг СІП є їхні властивості енергоефективності. Будівлі, побудовані за допомогою СІП, мають вищу теплоізоляцію, що дозволяє значно зменшити витрати на опалення та кондиціонування приміщень. Це не лише знижує енергоспоживання, але й сприяє зменшенню викидів вуглекислого газу, що робить СІП більш екологічною та сталою технологією.

Крім того, СІП технологія дозволяє швидко та ефективно будувати. Заводське виготовлення всіх елементів будівлі та точність забезпечують швидкий монтаж на майданчику, що дозволяє зекономити час і зменшити витрати на працю.

У приватному секторі та в невеликих спорудах соціального призначення СІП стала особливо ефективною альтернативою. Вона дозволяє швидко будувати якісні та енергоефективні будівлі за конкурентною ціною.

Проте, не дивлячись на всі переваги, розвиток технології СІП в Україні гальмує відсутність державної стандартизації та відповідних нормативно-правових актів. Без належного визнання та підтримки з боку владних структур, розповсюдження та використання цієї технології може бути обмеженим. Тому для сталого розвитку та поширення технології СІП необхідно визначити стандарти, які б визначали якість та властивості цих матеріалів із відображенням їх у державних будівельних нормах, що сприятиме їхньому більш широкому використанню та розвитку.

Список використаної літератури

1. Архітектура: короткий словник-довідник / За заг. ред. А. П. Мардера. К.: Будівельник, 1995. 333 с.
2. Будівництво малоповерхових швидкоспоруджуваних, енергозберігаючих житлових будинків із дерев'яним каркасом: Посібник для навчальних закладів будівельного профілю / І. В. Ципріянович, О. Ю. Старченко, Д. В. Гулін, С. В. Клименко, Т. Є. Остапченко. К.: ТОВ «Видавнича майстерня 2009», 2019. 576 с.
3. ДБНУ. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6.-31: 2006. К.: Мінбуд України, 2006. 52 с.
4. Кесик Теодор Джонатан. Строительство деревянных каркасных домов в Канаде. Каталогный номер CCGN-17/ 1996E. Канада : Издательство СМНС. 297 с.
5. Савойский В. В., Болотских О. Н. Ремонт и реконструкция гражданских зданий. Харьков : Ватерпас, 1999. 287 с.
6. Сухе будівництво малоповерхових швидкоспоруджуваних житлових будинків: Посібник для навчальних закладів будівельного профілю / І. В. Ципріянович, О. Ю. Старченко, Д. В. Гулін, С. В. Клименко, Т. Є. Остапченко. К.: ТОВ «Видавнича майстерня 2009», 2018. 600 с.
7. Технологии быстрой стройки. Информационно-аналитический спецпроект Украинского строительного каталога № 1. К. : АСС-Медіа. Видавничий дім, 2010. 29 с.
8. Ципріянович І. В., Старченко А. Ю. Комплектные системы сухого строительства. Учебник для подготовки специалистов строительных специальностей. К.: Мастера, 1999. 182 с.
9. Ципріянович І. В. Інженерна геологія : підручник. К.: КМУЦА, 1999. 256 с.
10. Ципріянович І. В., Старченко А. Ю. Комплектні системи сухого будівництва : навчальний посібник. 2-е вид. К.: Майстри, 2009. 416 с.

11. Ципріянович І. В., Старченко О. Ю., Гулін Д. В. Криволінійні та ламані форми гіпсокартонних облицювань: підручник. К.: ВАТ «Майстри», 2009.416 с.
12. Enersip. Construction Manual. Jwaldner@enersip.com.
www.enersip.com. 52 p.
13. Frame construction. Graphic guide to Rob Thallon. 3rd Edition revised and adopted. The Taunton Press. 2008.242 p.
14. MagRoc. Building New Zealand better. Structure Insulated System Technical Installation Manual. Version 6. December 2012.. 66 p.
15. Structural Panels Australia. Technical Data and Engineering Manual. Structural Panels Pty Ltd. 28-30. Edelmaier Street Baywater.Victoria.3153. 50 p.
16. The Basis of Wood Frame Construction. American Forest and paper Association. 2003. 396 p.

РЕЦЕНЗІЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

ППЗ здобувача освіти: Борщенко Денис Олександрович

Тема кваліфікаційної роботи: «Аналіз застосування СІП панелей в будівлях приватного та громадського призначення»

Об'єм роботи:

кількість листів креслень (презентації) сторінок пояснювальної записки - 82

Висновок про ступінь відповідності виконання роботи завданню:

Характеристика виконання магістерської кваліфікаційної роботи, ступінь використання студентом останніх досягнень науки та техніки

Перелік позитивних якостей та основних недоліків магістерської кваліфікаційної роботи (якщо останні мали місце)

Відгук про роботу в цілому та оцінка, яка пропонується

Рецензент:

/к.е.н., доцент /Богінська Л.О./