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

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проєкт

другий магістерський рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: **«Технології швидкого будівництва економічних малоповерхових споруд на основі сандвіч - панельних систем»**

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1923– пцб –з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми промислове і цивільне будівництво
Лєснов Микола Олександрович
(прізвище та ініціали)
Керівник ст. викладач Пастухова С.В.
Науковий керівник проф., д.т.н Арутюнян І. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц.,к.т.н.Мішук К.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва

Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)

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

Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
«_____» _____ 20___ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Лєснов Микола Олександрович
(прізвище, ім`я, по батькові)

1. Тема роботи (проєкту): Технології швидкого будівництва економічних малоповерхових споруд на основі сандвіч - панельних систем
керівник роботи Пастухова С.В. ст.викладач
Науковий керівник Арутюнян І.А, професор, д.т.н
(прізвище, ім`я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 30 " 09 2024 року № 1486 – с

2. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Технології швидкого будівництва економічних малоповерхових споруд на основі сендвіч-панельних систем

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Вивчити теоретичні основи організації ресурсозбереження під час будівництва цивільних об'єктів.. 2. Розглядаються організаційно-технологічні рішення при будівництві малоповерхових житлових будівель, що трансформуються, з використанням сандвіч – панелей 3. Розробити заходи щодо ресурсозбереження під час будівництва цивільних об'єктів 4. Теоретичні та експериментальні дослідження звукоізоляції безкаркасних огрожувальних конструкцій із сендвич-панелів

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

8 листів формату А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Пастухова С.В. ст.викладач		
Розділ 2	Пастухова С.В. ст.викладач		
Розділ 3	Пастухова С.В. ст.викладач		
Розділ 4	Пастухова С.В. ст.викладач		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфкаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вивчити теоретичні основи організації ресурсозбереження під час будівництва цивільних об'єктів		
2.	Розглядаються організаційно-технологічні рішення при будівництві малоповерхових житлових будівель, що трансформуються, з використанням сандвіч - панелей		
3.	Розробити заходи щодо ресурсозбереження під час будівництва цивільних об'єктів		
4.	Теоретичні та експериментальні дослідження звукоізоляції безкаркасних огрожувальних конструкцій із сендвич-панелів		

Студент _____ (підпис) Лєснов М. О. (прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проєкту _____ (підпис) Пастухова С.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено _____ (підпис) Данкевич Н.О. (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лєснов Микола Олександрович. Технології швидкого будівництва економічних малоповерхових споруд на основі сендвіч-панельних систем.

Науковий керівник - професор кафедри промислового та цивільного будівництва І.А. Арутюнян, керевник проєкту - ст. викладач С.В. Пастухова. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2024 р.

Обґрунтовано інноваційний метод швидкісного будівництва економічних та комфортних малоповерхових житлових будинків та громадських будівель на основі оптимізованих легких каркасно-панельних сендвіч-систем. Розкрито методичний підхід до розробки оптимальної технології у будівельних процесах швидкісного та масового зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей методом комп'ютерного моделювання та багатокритеріальної оптимізації різних варіантів технологічних рішень.

Технологія монтажу із середніх та великих індустріальних сендвіч-панелей (1,2×3,6 та 2,4 × 4,8м) дозволяє суттєво знизити трудомісткість та вартість монтажу в порівнянні з традиційними технологіями зведення малоповерхових будинків із цегли, блоків, монолітного бетону та збірного залізобетону. Основними провідними будівельними процесами є процеси швидкого «сухого» складання сендвіч - панелей підвищеного ступеня заводської готовності із застосуванням уніфікованих запатентованих швидкозбірних вузлів з'єднань на основі типу «муфта - гільза». «Мокрі» процеси замонолічування та зварювання відсутні. Розроблено та впроваджено систему наступних базових принципів створення нових технологій для швидкомонтованих будівель. Це конструктивна та технологічна можливість швидкого монтажу та демонтажу за рахунок застосування нових вузлів типу

«шип - гніздо», замків та шарнірів замість зварювання, болтів та замонолічування. Незалежність процесів монтажу від погодних умов та зовнішніх факторів, що впливають. Легкість заміни конструктивних елементів при ремонті та реконструкції (прибудова, надбудова). Легкість конструктивних елементів за рахунок застосування в каркасі панелей бруса, сталі та полімерів замість важких залізобетону та цегли. Можливість монтажу вручну чи за допомогою легких кранів. Підвищена заводська готовність (до 95%). Максимальна уніфікація, стандартизація та типізація планувальних, конструктивних та технологічних рішень. Оптимальна витрата будівельних матеріалів. Доступна та конкурентна оптова ціна комплекту та вартості робіт. Компактність, значне збільшення будівельного обсягу, порівняно з транспортним об'ємом у пакетах.

Ключові слова: швидкісне будівництво, економічні та комфортні малоповерхові житлові будинки, громадські будівлі, оптимізовані системи, легкі сендвіч-панелі, зниження трудомісткості монтажу, скорочення термінів будівництва, інноваційні технології, швидкозбірні вузли з'єднання, муфта-гільза.

ANNOTATION

Lesnov Mykola Oleksandrovych. Technologies for the rapid construction of economical low-rise buildings based on sandwich panel systems.

Supervisor - Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering I.A. Arutyunyan ,Project Manager - Senior Lecturer S.V. Pastukhova. Zaporizhzhia National University. Y.M. Potebnyi Engineering Education and Research Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2024.

An innovative method of high-speed construction of economical and comfortable low-rise residential buildings and public buildings based on optimized lightweight frame-panel sandwich systems is substantiated. The methodical approach to the development of optimal technology in the construction processes of high-speed and mass construction of individual residential buildings from industrial sandwich panels by computer modeling and multi-criteria optimization of various options for technological solutions is revealed.

The technology of assembling medium and large industrial sandwich panels (1.2×3.6 and 2.4×4.8 m) allows to significantly reduce labor intensity and installation costs compared to traditional technologies for the construction of low-rise buildings made of bricks, blocks, monolithic concrete and precast concrete.

The main leading construction processes are the processes of quick “dry” assembly of sandwich panels with a high degree of factory readiness using unified patented quick-assembly joints based on the “sleeve - sleeve” type. There are no “wet” processes of fusion molding and welding. A system of the following basic principles for creating new technologies for prefabricated buildings has been developed and implemented. This is a structural and technological possibility of quick installation and dismantling due to the use of new “tenon-slot” assemblies, locks and hinges instead of welding, bolts and fusion. Independence of installation processes from weather conditions and external influencing factors. Easy replacement of structural elements during repair and reconstruction (extension,

superstructure). Lightness of structural elements due to the use of timber, steel and polymer panels in the frame instead of heavy reinforced concrete and brick. Possibility of installation by hand or with the help of light cranes. Increased factory readiness (up to 95%). Maximum unification, standardization and standardization of planning, design and technological solutions. Optimal consumption of building materials. Affordable and competitive wholesale price of the kit and the cost of work. Compactness, significant increase in construction volume compared to the transport volume in packages.

Keywords: high-speed construction, economical and comfortable low-rise residential buildings, public buildings, optimized systems, lightweight sandwich panels, reduction of installation complexity, reduction of construction time, innovative technologies, prefabricated connection units, sleeve coupling.

ЗМІСТ

стр.

ВСТУП..... 9

1. ТЕХНОЛОГІЇ ШВИДКОГО БУДІВНИЦТВА ЕКОНОМІЧНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗОВАНИХ ЛЕГКИХ СЕНДВІЧ - ПАНЕЛЬНИХ СИСТЕМ.……12

1.1 Основи організації ресурсозбереження під час будівництва цивільних об’єктів…… 12

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ТРАНСФОРМОВАНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІВ……...24

2.1 Організаційно-технологічні рішення при будівництві малоповерхових житлових будівель, що трансформуються, з використанням сендвіч-панелей…….24

2.2 Технологічні особливості будівництва багатоповерхових житлових будівель з CLT-панелей……...…30

2.3 Закордонний та вітчизняний досвід……..…31

2.4 Технологія виробництва CLT-панелей……..33

2.5 Монтаж будівель із CLT-панелей……..35

3 ПРИСТРІЙ ДЛЯ МОНТАЖУ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ ……...…...49

3.1 Пропоновані пристрої для монтажу панелей……..……49

4 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ БЕЗКАРКАСНИХ ОГРОЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СЕНДВИЧ-ПАНЕЛІВ……...57

4.1 Спосіб розрахунку звукоізоляції сендвіч-панелей кінцевих розмірів при дії дифузного звуку…….57

ВИСНОВКИ ……..68

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ……...70

ВСТУП

Актуальність теми. Розповсюджені у практиці сучасного будівництва технології зведення малоповерхових споруд, як правило, передбачають застосування переважно ручної праці та відрізняються підвищеною трудомісткістю та тривалістю, що у сукупності призводить не лише до збільшення термінів будівництва, а й до окупності інвестицій.

Для забезпечення необхідного термічного опору зовнішніх стін малоповерхових будівель застосовують різні технології їх утеплення, які у ряді випадків збільшують трудомісткість та тривалість робіт, оскільки здійснюються окремим потоком та вимагають залучення робочих суміжних спеціальностей.

Як відомо, завдання щодо скорочення термінів зведення будівель на будівельному майданчику вирішувалося за рахунок раціонального поєднання нових конструктивно-технологічних та організаційно-технологічних рішень.

Проблема розробки технологій, що дозволяють зводити споруди в найкоротші терміни, в нашій країні особливо гостро виявилася в період бойових дій та масового переміщення населення в середині країни, причому швидкими темпами та з мінімальними витратами.

Технології будівництва малоповерхових будівель різного призначення в масовому сучасному будівництві визначаються їх конструктивно-технологічними та об'ємно - планувальними рішеннями, функціональним призначенням, умовами будівництва, а також вимогами щодо забезпечення енергозбереження будівель.

В даний час технології будівництва малоповерхових будівель розвиваються в напрямку скорочення термінів будівництва. Співвідношення між трудовитратами у заводських умовах та на будівельному майданчику змінюється у бік скорочення під час виконання будівельно-монтажних робіт у процесі зведення. При значному зменшенні трудовитрат на виробництві в

порівнянні з заводськими прийнято вважати технологію швидкого будівництва. За такою технологією зводяться будинки різного функціонального призначення: малоповерхові житлові будинки, індивідуальні житлові будинки, офісні та складські будівлі, виробничі та культурно-спортивні об'єкти, виробничі цеха, тощо.

Для більшості будівель, що швидко зводяться, використовується традиційна техніка та обладнання, в тому числі і при зведенні фундаментів, а використання індустріальних елементів і конструкцій з високим ступенем збірності вузлових з’єднань елементів, дозволяє істотно скоротити роботи на будівельному майданчику при забезпеченні всесезонності та якості робіт.

Однак масове будівництво малоповерхових будівель, що швидко зводяться, нових конструктивно-технологічних рішень у нашій країні стримує відсутність нормативної бази, організаційно-технічні складності в переобладнанні та перепрофілізації діючих підприємств з випуску продукції, що не користується попитом, будівельного виробництва.

Однією з раціональних галузей застосування цієї технології можуть бути малоповерхові житлові будинки економічного класу для проживання різного складу сімей. Це пояснюється збільшенням обсягів індивідуального будівництва, що дозволяє задіяти місцеві ресурси, у тому числі: трудові, матеріали, парк будівельних машин і засобів механізації, а також затребуваністю в швидко зведених ресурсозберігаючих житлових будинках з використанням сучасних прогресивних екологічно чистих матеріалів і вдосконалених конструкцій, а також підвищенням інвестиційної привабливості будівництва.

Об'єктом роботи є організаційно-технологічний процес зведення малоповерхової будівлі з сендвіч-панелей.

Предметом дослідження є параметри технологічних процесів будівництва малоповерхових споруд із сендвіч-панелей.

Мета – визначення раціональних параметрів технологічних процесів для розробки технології зведення малоповерхових будівель з сендвіч-панелей

та організаційно-технологічних рішень з урахуванням їх конструктивно-технологічних особливостей.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- формування основних підходів до вдосконалення технологій будівництва малоповерхових будівель;

- пошук конструктивно-технологічних рішень малоповерхової будівлі сендвіч-панелей;

- визначення раціонального складу та послідовності технологічних процесів монтажу трансформованих малоповерхових будівель;

- дослідження параметрів технологічних процесів монтажу трансформованих малоповерхових будівель із сендвіч панелей з урахуванням особливостей механізації робіт, чисельного та кваліфікаційного складу робітників;

- визначення витрат праці робітників та машинного часу для проєктування виробничих норм;

- оцінка зведення комплексу малоповерхових будівель для вибору раціонального організаційно-технологічного рішення.

Наукова новизна роботи полягає у аналізі та обґрунтуванні раціональних параметрів технологічних процесів монтажу матоповерхових споруд із сендвіч-панелей.

Методи дослідження включалианаліз, узагальнення, аналогія та абстрагування; спостереження, опис, порівняння; систематизації наукових знань.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 83 сторінок тексту, у тому числі 25 рисунків, 3 таблиць. Список використаних джерел містить 27 найменувань.

1 ТЕХНОЛОГІЇ ШВИДКОГО БУДІВНИЦТВА ЕКОНОМІЧНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗОВАНИХ ЛЕГКИХ СЕНДВІЧ - ПАНЕЛЬНИХ СИСТЕМ

1.1 Основи організації ресурсозбереження під час будівництва цивільних об’єктів

Починаючи з 1991 року створено та успішно розвивається новий, пріоритетний, перспективний та затребуваний суспільством та економікою, інноваційний науковий напрямок у вітчизняній будівельній науці: та комплексів на основі оптимізованих комплектів легких модульних каркасно-панельних та об'ємно-блочних конструкцій високого ступеня заводської готовності та швидкозбірних вузлів з'єднань для звичайних умов, надзвичайних ситуацій та воєнного часу на користь.

Цей напрямок відповідає двом напрямкам у двох основних офіційних державних документах у галузі науки та технології: «Пріоритетним напрямам розвитку науки, технологій та техніки».

Розроблено нову систему наступних принципів створення нових «швидких» технологій:

– висока швидкість та простота складання (монтажу) будівель без застосування будь-яких «мокрих» та зварювальних процесів, гайок та болтів;

– працівники, які беруть участь у складанні конструкцій, не вимагають спеціального навчання, достатньо першого-другого розряду;

– бездоганна якість модульних систем, що забезпечує їх випуск на інноваційному обладнанні;

– можливість перевезення виробів будь-яким видом транспорту - авіаційним, водним, автомобільним, залізничним;

– усі елементи модульних систем відповідають вимогам європеревезень, максимальна маса одного пакету – не більше 3 т;

– великі можливості в архітектурному плані - з ідентичних за номенклатурою деталей при будівництві модульних будівель можна створювати різні будівлі та споруди з індивідуальними зовнішніми та функціональними особливостями;

– підвищена сейсмостійкість (будівлі витримують поштовхи до дев'яти балів);

– можливість монтажу та демонтажу елементів вручну або за допомогою легких автомобільних кранів вантажопідйомністю до 3т;

– трансформація та пневматичні методи зведення.

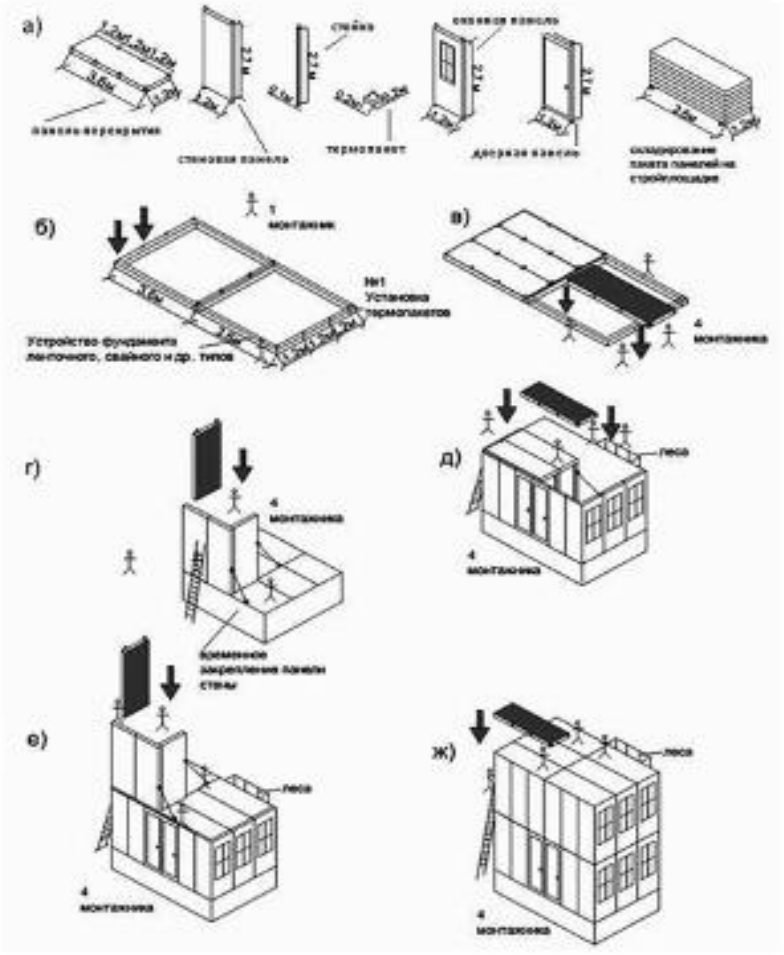


Рисунок 1.1 – Нова система наступних принципів створення нових «швидких» технологій

Пропонована технологія монтажу двоповерхового індивідуального житлового будинку з сендвіч-панелей з використанням інноваційного гнучкого вузла типу «муфта-гільза»: а) збудований будинок; б) схема поперечного розрізу конструкцій; в) схема вузла обпирання панелі перекриття. 1 - монтаж горизонтальних несучих елементів; 2 - встановлення стійок; 3 - панелі; 4 - укладання фундаментних подушок; 5 - пластини; 6 - шип; 7,8 - муфти; 9 - проріз; 10 - пелюстки; 11 - отвори; 12 - вертикальні прорізи; 13 - пелюстки; 14 - ущільнювач

Основі цегли, блоків, монолітного і збірного залізобетону. Під будівлями, що трансформуються, розуміють об'єкти, побудовані за швидкісними методами монтажу на кшталт «сухого збирання» будівель розсувного, телескопічного та пневматичного видів оригінальним способом трансформації та збільшення будівельного об'єму з первісної компактної блокової конструкції у строки, що є значно меншими, порівнюючи з нормативними строками будівництва капітальних будівель за традиційними технологіями [1]. Модель і принципи технології швидко-зводимого монтажу індивідуальних житлових будинків способом «сухого» складання сендвіч-панелей оптимізованих розмірів 1,2×3,6 м і 95-% заводської готовності на основі швидкозбірних вузлів «муфта-гільза» наведені на (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Модель і приклад швидкомонтованої технології

За двадцять п'ять років досліджень за допомогою теоретичних, розрахункових, експериментальних та натурних методів будівництва та експлуатації науково обґрунтовано та достовірно доведено, що реалізація цього напряму дозволяє досягти ряду суттєвих мультиплікаційних та синергетичних соціально-економічних ефектів. Це: зниження трудомісткості та тривалості будівництва на 11-19%, зниження вартості робіт на 11-15%, підвищення якості будівництва на 7-9%, підвищення ресурсозбереження на 5-7%, збільшення забезпечення громадян та військовослужбовців безпечним, доступним та комфортним житлом на 3-7%; підвищення рівня бойової готовності військових частин на 3-5% [1-3]. Це сприяє реалізації пріоритетного національного проекту «Доступне та комфортне житло – громадянам».

Для реалізації цього напряму розроблено нові математичні моделі оптимізації: технологічних процесів, механізації монтажу, механізації демонтажу, підбору бригад, календарного планування, проектування будгенплану, технологічних карток, розрахунку потрібних матеріалів. Застосовуються такі адекватні методи дослідження: техніко-економічний системний аналіз існуючих технологічних рішень, патентний пошук, порівняльне варіантне технологічне проектування, натурні експерименти, теоретичне моделювання, дослідження та виміри технологічних параметрів зведення житлових будинків, математична статистика та теорія ймовірності при вирішенні оптимізаційних завдань.

Так, були розроблені теоретичні основи нових конкурентоспроможних технологій будівництва інноваційних типів швидкомонтованих, мобільних і цивільних і військових будівель, що трансформуються, споруд та комплексів на основі оптимізованих комплектів легких модульних каркасно-панельних та об'ємно-блочних конструкцій високого ступеня заводської готовності та швидкозбірних вузлів з'єднань , надзвичайних ситуацій та воєнного часу в інтересах [1, 4-6] (рис. 1.3, 1.4).



Рисунок 1.3 – Технологія швидкого монтажу на основі дрібноелементної системи



Рисунок 1.4 – Монтаж панелей стін експериментального фізкультурно-оздоровчого комплексу

Далі за планами було розроблено інноваційний методичний підхід до розробки оптимальної технології у будівельних процесах швидкісного зведення індивідуальних збірно-розбірних житлових будинків із індустріальних сендвіч-панелей методом комп'ютерного моделювання та багатокритеріальної оптимізації варіантів технологічних рішень. Розроблено нові раціональні технологічні рішення монтажу сендвіч-панелей, що

складаються з мінераловатних теплоізоляційних плит, каркасу та облицювальних обшивок, що з'єднуються між собою за допомогою нового вузла типу «муфта-гільза», з урахуванням найважливіших критеріїв оптимальності: мінімуму витрат праці та машинного часу та мінімуму вартості.

Виявлено основні фактори та закономірності, що впливають на оптимізацію технологічних режимів зведення індивідуальних житлових будинків, військових казарм, штабів та будівель військових містечок з індустріальних сендвіч-панелей: маса та розміри сендвіч-панелей, ступінь заводської готовності панелей, висота будинків та погодні умови [1; 3-5; 7-13] (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Пропонована технологія монтажу двоповерхового індивідуального житлового будинку з сендвіч-панелей з використанням інноваційного гнучкого вузла типу «муфта-гільза»

Були розроблені нові принципи та моделі для нових технологій будівництва доступних та комфортних житлових будинків з нової швидкозведеної об'ємно-блокової системи «місто» в області та регіонах України. Виконано наукове обґрунтування оптимізації конструктивних параметрів блоків для швидкомонтованих систем. Виконано розрахунки на міцність, стійкість і деформативність вертикальних несучих елементів - стійок трубчастого перерізу з металу, горизонтальних - ригелів і балок, а також системи блоків-контейнерів, що розглядаються як оптимізовані уніфіковані модулі на основі полегшених панелей типу «сендвіч» та швидкозбірних вузлів з'єднань для швидкої збірки . В результаті виконаних розрахунків оптимізовані перерізи несучих елементів і вага матеріалу, що витрачається. Розроблена інноваційна методика застосована для вдосконалення наступних конструктивних систем [1].

Також було розроблено інноваційну концепцію щодо підвищення комфортності та доступності житлових будівель з урахуванням високих вимог щодо енергозбереження та обмеженої купівельної спроможності громадян. Оптимізовано тепловий захист, вологий режим огороджувальних конструкцій, індекси ізоляції повітряного шуму, проведено експериментальні перевірки розрахункових значень для міст та селища – місць масового будівництва житла на основі швидкозведеної системи «місто».

Новизна результатів полягала в тому, що було оптимізовано товщину утеплювача, товщину листів каркасно-обшивних стін та перегородок. Результати роботи спрямовані на створення умов економії енергоресурсів, зниження витрат на опалення будівель та підвищення комфортності теплового та акустичного мікроклімату приміщень. Використана методика дозволила за короткий термін оптимізувати розрахунки аналогічних систем в організаціях - виробниках будівельних конструкцій каркасно-панельного типу в Україні. В даний час результати впроваджено в областях при випуску конструкцій системи «місто» для її застосування під час будівництва житлових будинків.

Було запропоновано методичний підхід з моделлю та алгоритмом розробки оптимального варіанта будівельних процесів швидкого монтажу навісних вентильованих фасадів з індустріальних сендвіч-панелей методом багатокритеріальної оптимізації технологічних рішень. Розроблено нові варіанти оптимальних технологічних рішень монтажу мінераловатних теплоізоляційних плит, каркасних та облицювальних елементів та технологічні режими улаштування навісних вентильованих фасадів з урахуванням найбільш важливих для будівельних організацій, замовників-забудовників та мешканців критеріїв оптимальності: мінімуму витрат праці та машинного часу, мінімуму вартості, підвищенню та безпеки.

Виявлено основні фактори та закономірності, що впливають на оптимізацію технологічних режимів улаштування різних видів навісних вентильованих фасадів та зниження трудомісткості та вартості робіт: маса та розміри плит утеплювача, навісних панелей, елементів каркасу та кріплення, комплексна механізація робіт, індустріальність конструкцій, величина повітря будівлі та погодні умови.

Встановлено вплив основних факторів та закономірностей на оптимізацію технологічних режимів пристрою, що дозволяє знизити трудомісткість робіт на один квадратний метр площі фасаду, що з урахуванням процесів експлуатації та ремонту ефективніше порівняно з існуючими порівнянними традиційними методами влаштування фасадів без вентильованих зазорів [1-3; 6].

Були розроблені нові принципи та моделі для нових технологій будівництва доступних та комфортних житлових будинків з нової швидкозведеної об'ємно-блокової системи «місто» в області та регіонах України. Виконано наукове обґрунтування оптимізації конструктивних параметрів блоків для швидкомонтованих систем.

Виконано розрахунки на міцність, стійкість і деформативність вертикальних несучих елементів - стійок трубчастого перерізу з металу, горизонтальних - ригелів і балок, а також системи блоків-контейнерів, що

розглядаються як оптимізовані уніфіковані модулі на основі полегшених панелей типу «сендвіч» та швидкозбірних вузлів з'єднань для швидкої збірки

В результаті виконаних розрахунків оптимізовані перерізи несучих елементів і вага матеріалу, що витрачається. Розроблена інноваційна методика застосована для вдосконалення наступних конструктивних систем [1].

Аналіз переваг запропонованої вище технології доводить, що технологія монтажу індивідуальних житлових будинків із великих індустріальних сендвіч-панелей (1,2×3,6м) дозволяє суттєво знизити трудомісткість та вартість монтажу порівняно з традиційними технологіями зведення малоповерхових будинків із цегли та залізобетону.

Основними провідними будівельними процесами у запропонованій технології є процеси «сухого» збирання великих сендвіч-панелей повної заводської готовності із застосуванням типових вузлів з'єднань на основі гнучкого вузла типу «муфта-гільза», ущільнювача, силіконових прокладок та нащільників. Допоміжними будівельними процесами у розробленій технології є підготовчі, ізоляційні, оздоблювальні та контролюючі якість операції.

Достовірність результатів досліджень підтверджується значним обсягом проаналізованих конструктивно-технологічних рішень; застосуванням сучасних методів дослідження, адекватних об'єкту вивчення, моделювання, натурних експериментів та дослідження технологічних параметрів процесів зведення житлових будинків, математичної статистики та теорії ймовірності при вирішенні оптимізаційних завдань; позитивною апробацією та практикою впровадження (рис. 1.6).



Рисунок 1.7 – Технологія швидкого зведення на основі мобільних

Узагальнюючи викладене, можна провести системний порівняльний аналіз конкурентних інноваційних переваг розроблених швидкомонтованих технологій монтажу будівель з урахуванням вітчизняних та зарубіжних оцінок [14-20].

Обґрунтовано інноваційний метод швидкісного будівництва економічних і комфортних малоповерхових житлових будинків і громадських будівель на основі оптимізованих легких каркасно-панельних сендвіч-систем. Розкрито методичний підхід до розроблення оптимальної технології в будівельних процесах швидкісного та масового зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей в інтересах громадян методом комп'ютерного моделювання та багатокритеріальної оптимізації різних варіантів технологічних рішень.

Технологія монтажу із середніх та великих індустріальних сендвіч-панелей (1,2×3,6 м та 2,4×4,8 м) дозволяє суттєво знизити трудомісткість та вартість монтажу в порівнянні з традиційними технологіями зведення малоповерхових будинків із цегли, блоків, монолітного. бетону та збірного залізобетону.

Основними провідними будівельними процесами є процеси «сухого» збирання великих сендвіч-панелей повної заводської готовності із застосуванням уніфікованих запатентованих швидкозбірних вузлів з'єднань на основі типу «муфта-гільза», ущільнювачів та нащільників. «Мокрі» процеси замонолічування та зварювання відсутні. Допоміжними будівельними процесами є підготовчі, ізоляційні, оздоблювальні та контролюючі якість операції.

Розроблено та впроваджено систему наступних базових принципів створення нових технологій для швидкомонтованих будівель. Це конструктивна та технологічна можливість швидкого монтажу та демонтажу за рахунок застосування нових вузлів типу «шип-гніздо», замок та шарнір замість зварювання, болтів та замонолічування; висока технологічність (простота), низька трудомісткість та вартість монтажно-демонтажних робіт з робітниками других – третіх розрядів чи силами самих громадян-забудовників; незалежність процесів монтажу та демонтажу від погодних умов та зовнішніх впливових факторів та ін.

Монтаж житлового будинку площею 200 кв. м можливий цілий рік і може бути виконаний бригадою всього з двох-трьох монтажників низьких (другого-четвертого) розрядів за наявності легкого крана КС-356 (3 т) протягом одного-двох місяців. Це дуже швидко та привабливо для громадян нашої країни.

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ МОНТАЖУ ТРАНСФОРМОВАНИХ МАЛОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ ІЗ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІВ

2.1 Організаційно-технологічні рішення при будівництві малоповерхових житлових будівель, що трансформуються, з використанням сендвіч-панелей.

Напрями сучасного розвитку малоповерхового будівництва житлових будівель та проблеми впровадження нових технологій у практику такого відображені у дослідженнях [1-7].

Напрями розвитку малоповерхового будівництва в зарубіжних дослідженнях, а також розробки у будівництві швидкомонтованих будівель зачіпають будинки для військовослужбовців на час проведення військових операцій; тимчасові житлові будівлі для робітників на будмайданчиках та на випадок ліквідації техногенних катастроф; житлові будинки економічного класу.

У Великобританії, США та Канаді технології будівництва швидкомонтованих будівель представлені різними конструктивно-технологічними системами: каркасно-панельними, панельними, контейнерними, тентовими та пневмагічними [8-13]. Найпоширенішими є каркасно-панельні будинки (до 90%), оскільки вони найменш затратні. Модульні житлові будівлі становлять від загальної частини будівель, що зводяться від 5 до 20% [12, 14]. Швидкомонтоване житло характерне для країн, де є значний приріст населення щорічно: у Німеччині – до 40 % та США – до 10 %.

У цьому дослідженні використані методи комп'ютерного моделювання технологічних процесів визначення тривалості будівництва трансформованих малоповерхових будинків.

Основні принципи організаційно-технологічного моделювання технологічних рішень зведення використовуються в практиці сучасного будівництва [15-17]. Організація будівництва є раціональною на підприємствах з діючими лініями з виробництва сендвіч-панелей. . Одним з напрямків розвитку будіндустрії є переоснащення малорентабельних діючих деревообробних підприємств. Реконструкція таких підприємств може бути орієнтована на випуск комплектів повнозбірних [20]. З урахуванням дооснащення цих підприємств лініями з виробництва сендвіч-панелей та ділянкою складання схема технологічного процесу виготовлення трансформованих малоповерхових будівель на заводі із випуску сендвіч-панелей (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Виготовлення трансформованих малоповерхових будівель на заводі із випуску сендвіч-панелей

Послідовність виконання технологічних процесів для швидкозведеної малоповерхової житлової будівлі із сендвіч-панелей включає наступні види робіт:

– підготовчі - завезення матеріалів, підготовка робочого місця, формування заходів операційного контролю;

– заготівельні – очищення, налаштування обладнання, заправка сировини, розкладка рам, розкладка заставних деталей панелей;

– основні технологічні процеси - прокат сталевого листа, нарізка та укладання панелей, операційний контроль; нанесення клею, прес, торцювання, операційний контроль; приймання готової продукції, упаковка, операційний контроль;

– складання трансформованих малоповерхових будівель - розкладка панелей, монтаж шарнірних вузлів, пакетування, відправлення пакетів трансформованих малоповерхових будівель на експериментальний майданчик та операційний контроль.

Ця технологічна послідовність дозволяє підвищити інвестиційну привабливість підприємств та знизити трудовитрати за рахунок скорочення обсягу будівництва та використання високотехнологічного обладнання [21].

Зведення трансформованих малоповерхових будівель відбувається за модульним принципом, тобто. елементи будівлі стикуються один з одним. Вимоги до процесів зведення з використанням модульних конструкцій ґрунтуються на тому, що будівля повинна бути виконана зі збірних композитних сендвіч-панелей, між якими можна вставити матеріал, призначений для забезпечення звукоізоляції, термічної стійкості та вогнестійкості.

Основа трансформованих малоповерхових будівель знаходиться або на відстані або на відстані від вільних країв сторін прямокутника, утвореного кожною зовнішньою пластиною, зібрані в «модулі» (пакети трансформованих малоповерхових будівель), вертикальні перегородки яких є самонесучими. При цьому всі панелі ідентичні за своїм внутрішнім

принципом загального будівництва незалежно від того, призначені вони для горизонтальної або вертикальної установки.

Модуль включає: горизонтальну перегородку, підлогу, що містить зовнішню рамку, на якій закріплені ідентичні композитні панелі, і взаємоблокуючі сполучні елементи; вертикальні перегородки, кожна з яких складається з декількох однакових панелей і спеціальних панелей, що обрамляють отвори, такі як двері або вікна тієї ж загальної структури, що панелі, що складають підлоги, і здатні вставлятися в елементи вищезгаданого складання; елемент даху з композитних панелей тієї ж загальної конструкції, що і панелі, що становлять підлогу; збірні елементи між різними композитними панелями та пристрої складання між вертикальними перегородками та елементами даху.

Раціональний вибір конструктивно-технологічних рішень дозволяє організувати ритмічне будівництво комплексу трансформованих малоповерхових будівель, з використанням традиційних технологій та методів будівництва.

При цьому слід враховувати основні принципи та положення норм у галузі організації будівництва та інших чинних нормативно-правових документів1.

Монтаж елементів будівлі виконується автомобільним краном «з коліс», з бічним поданням автомашин-трейлерів (рис. 2.2).

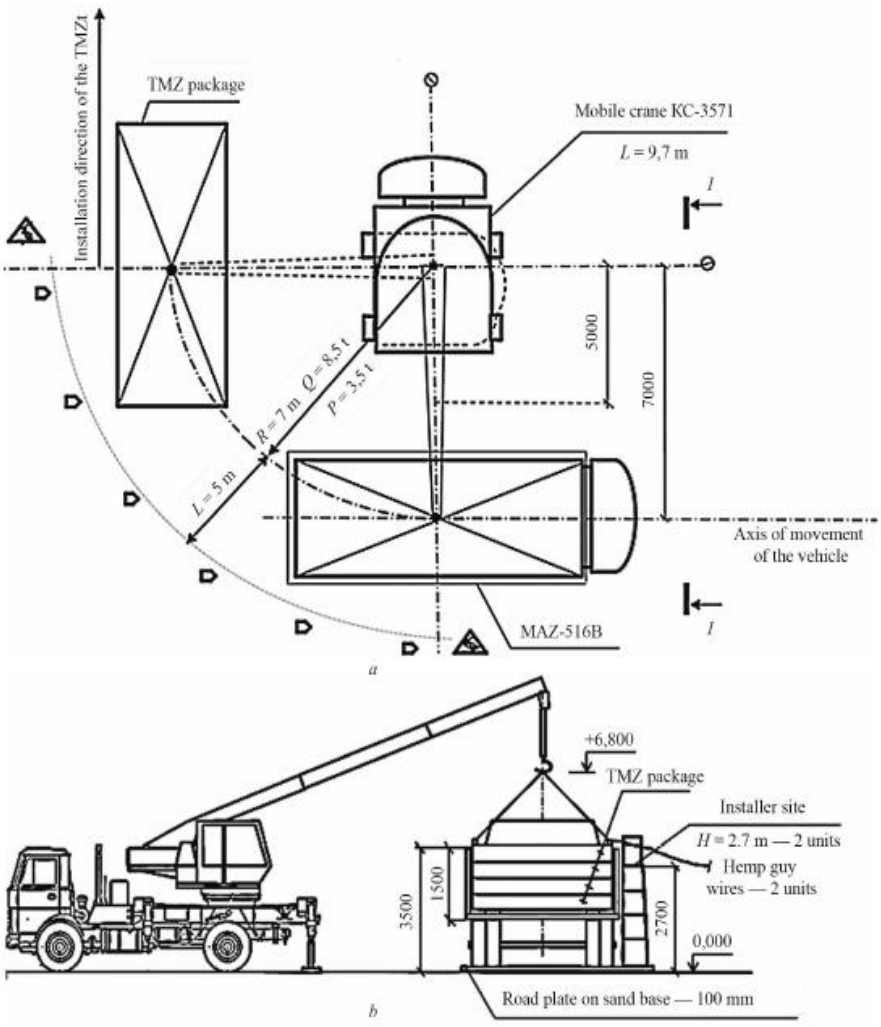


Рисунок 2.2 – Монтаж елементів будівлі виконується автомобільним краном

Спочатку виконують такі роботи:

– вертикальне планування будівельного майданчика;

– встановлення тимчасового паркану;

– встановлення дорожніх плит;

– підготовка комплекту монтажного оснащення, інвентарю та необхідних засобів підмащування, позначення меж небезпечної зони;

– перевірка якості будівельних матеріалів і конструкцій, що надходять;

– виконання робіт нульового циклу.

Технологічна послідовність монтажу

та установки трансформованих малоповерхових будівель полягає в наступному:

– подати машину з трансформованих малоповерхових будівель під розвантаження в зону дії крана;

– встановити два майданчики монтажника, закріпити два розчалки та зробити стропування та обережно підняти пакет трансформованих малоповерхових будівель;

– встановити трансформованих малоповерхових будівель у проектне положення;

– розстропувати пакети трансформованих малоповерхових будівель для другого ярусу.

Процес встановлення трансформованих малоповерхових будівель подано на рис. 2.3. Розвантаження з транспорту та встановлення трансформованих малоповерхових будівель у проектне положення слід проводити однією ланкою, що складається з п'яти робітників:

– машиніст крана 6-го розряду. - 1 чол.;

– монтажник 5-го розряду - 1 чол.;

– монтажник 4-го розряду - 1 чол.;

– монтажник 3-го розряду - 1 чол.;

– монтажник 2-го розряду – 1 чол.



Рисунок 2.3 – Процес встановлення трансформованих малоповерхових будівель

На основі даних хронометражних вимірювань розроблено погодинний графік будівництва з сендвіч-панелей. Даний графік визначає розподіл робочого часу монтажників та монтажного крана при встановленні окремих елементів ТМЗ .

При розподілі робочого часу враховується можливість збереження позмінного режиму робіт з обідніми перервами, при цьому встановлення монтажного елемента має бути закінчено в межах роботи однієї зміни. Ці вимоги необхідно дотримуватись, приймаючи для окремих технологічних процесів різні відсотки перевиконання виробничих норм. Технологічні процеси та операції при будівництві можуть бути поділені на дві групи.

До першої групи належать механізовані процеси та операції з обов'язковою участю монтажного будівельного крана, при цьому участь крана може бути або активна, при подачі пакету до місця встановлення, або пасивна - підтримка елемента з дотриманням техніки безпеки під час його вивіряння тощо. .

До другої групи відносяться ручні процеси, коли монтажний будівельний кран не потрібен, наприклад, при укладанні герметика в стикові з'єднання панелей. Час початку та час закінчення установки залежить від термінів виконання технологічних процесів (перша група). Тому в погодинному графіку відзначаються ті процеси, які виконують монтажним краном при його використанні, а потім віднесені до другої групи технологічних процесів.

2.2 Технологічні особливості будівництва багатоповерхових житлових будівель з CLT-панелей

Деревина – єдиний відновлюваний конструкційний матеріал, що застосовувався у будівництві протягом тисячоліть. Нинішня тенденція

«зеленого будівництва» сприяє відродженню дерев'яного будівництва на принципово новому якісному рівні. Поява нового продукту високих технологій – клеєних дерев'яних панелей зробило екологічно чисте дерево реальною альтернативою залізобетону в індустріальному житловому будівництві.

Нова європейська технологія клеєних дерев'яних панелей CLT (Cross-Laminated Tiimber) робить революцію на будівельному ринку. Ця технологія за останні роки охопила країни Європи та почала поширюватися на західній Україні [1-4].

Джерелом сировини для виробництва CLT-панелей є дерев'яна дошка-матеріал, що застосовується у будівництві людством протягом усієї його історії існування. Технологія перехресного склеювання деревних шарів виявила себе в новій якості, з вигідними та конкурентними перевагами порівняно з традиційними будівельними матеріалами.

Безліч позитивних якостей та успішне практичне використання CLT-панелей у котеджному будівництві дало зрозуміти, що потенціал цієї технології не вичерпується малоповерховим будівництвом. У Європі та західній Україні з'явилися і стали реалізовуватись проекти 3 та 5-ти поверхових будівель, що розміщуються у міській забудові. Поруч із стали з'являтися цікаві проекти складських, виробничих будівель, транспортних об'єктів, спортивних споруд. Успішна реалізація таких проектів призвела інженерів, екологів до постановки більш масштабних та амбітних завдань.

На виробництво залізобетону припадає велика частка шкідливих викидів у повітря. Зважаючи на це, технологія багатошарових дерев'яних панелей почала розглядатися як засіб вирішення екологічних проблем глобального масштабу.

В результаті сучасна технологія виробництва багатошарових дерев'яних конструкцій почала серйозно розглядатися як реальна альтернатива залізобетону, покликана очистити атмосферу, скоротити енергоспоживання та створити здоровий мікроклімат у приміщеннях. Для

цього у низці країн стали переглядатися будівельні норми у бік збільшення граничної поверховості дерев'яних будівель.

2.3 Закордонний та вітчизняний досвід

Передовими виробниками CLT-блоків є Австрія, Швейцарія, Швеція, Німеччина, Норвегія, США та Канада. Попит виробництва панелей у країнах збільшується на 20-25 % на рік. Споживачів приваблює відносна дешевизна технології та можливість жити в екологічно чистому будинку. Перші панелі були виготовлені ще на початку 90-х у Швейцарії, проте справжній прорив у розвитку технології здійснили австрійські інженери. Так, у 1996 році, був спроектований перший житловий будинок на 8 поверхів з використанням CLT-панелей. Британські архітектори пішли ще далі і спроектували дев'ятиповерховий дерев'яний будинок, який вважається першим багатоповерховим житловим дерев'яним будинком. Відмінними прикладами дерев'яного багатоповерхового будівництва будівель та споруд є будівлі, такі як: десятиповерховий будинок «Форте» в Мельбурні (Австралія), проект сорока чотириповерхової будівлі «Big Wood» у Чикаго, житловий будинок «Мюррей Гроу» в Лондоні (рис. 1) і ще безліч прикладів по всій Європі, Австралії та Північній Америці [5-10].

Технологія будівництва будинків з поперечно-клеєної деревини в Україні з'явилася порівняно недавно. Через заборону на будівництво дерев'яних будинків вище 3-х поверхів, CLT-панелі використовуються для проектів котеджів та малоповерхових будівель. Проте, у 2019 році організації «Будівництво» розпочали розробку двох склепінь правил для проектування житлових та громадських будівель поверховістю понад три поверхи, що будуються із застосуванням матеріалів на основі деревини. За даними Мінбуду, документи встановлюють норми проектування та будівництва

будівель, що будуються і реконструюються, а також вимоги до їх безпеки та експлуатаційної придатності.

Майбутні житлові багатоквартирні будинки із застосуванням дерев'яних конструкцій регламентують будівництво житлових та адміністративних будівель, будівель громадського призначення, крім зальних приміщень з великим прольотом, де основним матеріалом несучої конструкції буде деревина (рис. 2.4).



Рисунок. 2.4 – Stadthaus (Murray Grove), Лондон, Великобританія будівництво дерев'яного будинку вище 3-х поверхів, CLT-панелі



Рисунок. 2.4.1 – План Stadthaus (Murray Grove), Лондон, Великобританія

2.4 Технологія виробництва CLT-панелей

Технологічний ланцюжок починається з розбирання штабеля та подачі ламелів на лінію оптимізації і потім на фрезерно-калібрувальний стругальний верстат Rotoles. Потім оброблені ламелі сортуються за розмірами певних панелей для стін, перекриттів, покрівлі та подаються на лінію зрощування. Після чого ламелі укладаються в багатоповерховий накопичувач на атмосферне сушіння. Потім комплект заготовок для певної панелі подається вакуумними витягами на другий стругальний верстат Rotoles. Після чого здійснюється складання панелей.

Насамперед на робочий стіл у поперечному напрямку укладається шар ламелей довжиною до 3500 мм. Він вирівнюється, і його поверхню наноситься клей. Потім зверху розміщуються заготовки у поздовжньому напрямку. Таким чином, змінюючи напрямок, укладається до 7 шарів. Зібрана панель подається в прес довжиною 4 м, в якому протягом 7 хвилин відбувається її стискування. Після пресування транспортер пересував панель на проміжний склад, і далі - на калібрування, яке здійснювало поздовжньо-фрезерне встановлення Superles з шириною стругання 3,5 метра. Це унікальний верстат компанії Ledinek, на якому використовується схема двох верхніх і двох нижніх стругальних головок шириною по 1,6 м. Якщо панелі були невеликими, то для їх калібрування та профілювання застосовувався верстат Ledinek Superles 1300. Після цього клеєна конструкція прямувала на спеціальний домобудівний обробний центр, який вирізав у ній вікна та двері, фрезерував пази під розетки тощо. буд.

І сьогодні таке обладнання вже постачається на ринок України. Створення спеціалізованої лінії оптимізації X-CUT та інноваційного преса X-PRESS дозволяє повністю та самостійно виготовляти лінії з виробництва панелей методом пошарового склеювання сушених дощок, що розташовуються навхрест.

Лінія оптимізації X-CUT є автоматичною торцювальною установкою, призначеною для різання в розмір і вирізання дефектних ділянок і сучків з вбудованим пристроєм втягування заготовок. У системах подачі пиломатеріалу та вильоту пили застосовані сучасні серводвигуни та ефективна система управління.

Прес X-PRESS призначений для пресування пластів панелей CLT (BSP, KLH, X-Lam). Складається з важкої опорної рами з пересувним столом і рухомим столом, який може в'їжджати в прес і виїжджати з нього. У свою чергу, укладальний стіл складається з напрямних рейок та робочого столу. Можливі опції: другий укладальний стіл та рейки на вході для розвантаження.

Висота пресування регулюється за допомогою приводів шпинделів. Пресування виконується за допомогою стисненого повітря, що подається у спеціальних напірних шлангах, встановлених у балках.

Мінімальний час знаходження клею у відкритому стані – 15 хв, час затвердіння – 40 хв. Температура довкілля 20±2 °C. Продуктивність при автоматичному завантаженні - до 8 запресувань за зміну, при ручному завантаженні - до 6 запресувань.

В цілому ж лінія з виробництва панелей методом пошарового склеювання сушених дощок, що розташовуються хрест-навхрест, працює з пакетами дощок перерізом 1200 1200 мм і довжиною 2,5-6 м. Перетин заготовок у пакеті повинен становити 85-300^22-50 мм при співвідношенні ширини і товщини не менше 2. Як заготовки рекомендується використовувати обрізний матеріал голчастих порід деревини вологістю 10-15 %, щільністю не більше 480 кг/м3 (до 95 %) та відповідний німецькому промисловому стандарту DIN 4074 S7, S10, S13. І ще два важливі складові елемента лінії.

Система вакуумної подачі заготовок. Довжина заготовок 2500–6000 мм. Продуктивність - 3 шари на хвилину, обсяг партії - 20 штук на хвилину.

Панелі мають високі вогнестійкі характеристики. Під час проведення випробувань на одному з європейських підприємств стіна товщиною 180 мм нагрілася із зовнішнього боку всього на 10 °С протягом години, при цьому з її внутрішньої сторони розташовувалося осередок горіння з температурою 1200 °С [2].

2.5 Монтаж будівель із CLT-панелей

Для монтажу будівлі з CLT-панелі необхідна лише група робітників, які мають теслярські навички та знання електроінструментів, легкі електроприлади та підйомний кран. Монтаж однієї панелі займає близько 20 хвилин залежно від складності монтажного вузла. Оскільки більшість робіт проводиться на заводі, процес будівництва стає більш безпечним. Там же, на фабриці, у панелях вирізаються дверні та віконні отвори, канали для інженерних комунікацій. Так як панелі приходять на будівництво вже пронумеровані і доставляють відповідно до плану монтажу будівлі, складання відбувається в рекордні терміни. Сам процес зведення будівлі нагадує складання конструктора [9-11] (рис. 2.5).







Рисунок. 2.5 – Готові елементи з віконними і дверними отворами привозяться на будівництво, де вже готовий фундамент, найчастіше полегшений.

Збірку будинку може провести бригада з одним підйомним краном і простими електроінструментами всього за один робочий день, 8 годин.

– Монтаж стінових панелей

У процесі встановлення стінових панелей необхідно уникати виникнення перекосів через допущенн я помилок у розрахунках та технології монтажу.

Між каркасом та огороджувальною конструкцією необхідно прокласти стрічку ущільнювача. Місця кріплень та замкові з'єднання слід обробити герметиком. Попередньо в панелі та в опорній конструкції потрібно просвердлити отвори для кріпильних елементів.

На завершення процедури стики слід обробити монтажною піною, після чого їх можна закрити спеціальними додатковими елементами. Підбирати їх рекомендується у колір панелей.

При встановленні сендвіч-панелей необхідно враховувати такі нюанси:

- не піднімати конструкції, тримаючи їх за верхню обшивку.
- не переривайте роботу, залишаючи панель у незафіксованому положенні.
- для фіксації конструкції під час її підйому використовувати траверсу.
- доставляти панель до точки монтажу за допомогою крана.
- встановлювати перший елемент з відривом 20 – 30 мм від цоколя. переконайтеся, що панель зафіксована у рівному положенні. від цього залежить якість установки решти всіх елементів.
- при горизонтальному монтажі роботи повинні вестись у напрямку знизу вгору. після встановлення кожної третьої панелі перевірте рівність положення всієї конструкції.
- між елементами покрівлі та стіни залишити зазор 2 – 3 см.
- перед фіксацією панелей відзначити місця їхнього кріплення за допомогою маркера.
- не знімати струбцини, не переконавшись у надійності кріплення панелі.
- затягувати елемент кріплення до моменту усунення вигину металевої обшивки, не допускаючи при цьому надмірного продавлювання пластини.
- дверні та віконні отвори робити в процесі монтажу панелей безпосередньо на місці встановлення або на землі.

– Способи монтажу

Спосіб монтажу сендвіч-панелей залежить від відстані між колонами. Якщо він перевищує 6 м, доцільно використовувати горизонтальний метод. В іншому випадку можна вибрати вертикальний.

- Горизонтальний

Цей спосіб застосовується частіше, ніж вертикальний, тобто. до. він зручніший. Монтаж панелей шляхом встановлення одного елемента на інший дозволяє досягти високого показника герметичності стиків (див. рис. 2.6). Робота ведеться за напрямком знизу вгору.



Рисунок. 2.6 – Горизонтальний спосіб встановлення сендвіч-панелей

- Вертикальний

Вертикальний спосіб встановлення сендвіч-панелей підходить для зведення будівель невеликої висоти (до 3 – 6 метрів) (див. рис. 2.7).



Рисунок. 2.7 – Вертикальний спосіб встановлення сендвіч-панелей

Елементи конструкції кріпляться до профілів стелі та підлоги та скріплюються між собою. Роботи починаються з кута будівлі.

– Монтаж покрівельних панелей

При монтажі покрівельних панелей слід враховувати такі нюанси:

- конструкції встановлювати відкритою хвилею від першого елемента до краю даху.
- піднімайте панелі за допомогою траверси. забезпечити відстань крайнього звису, вказану у проекті.
- кріпити панелі у місцях нижніх прогинів хвилі. перехльости гофри фіксувати в точках скріплення елементів через кожні 30 см за допомогою витяжних заклепок.
- у замках конструкцій залишати температурні зазори розміром 2 – 3 см.

Метод монтажу покрівельних панелей залежить від параметрів схилу даху (див. рис. 2.8).



Рисунок. 2.8 – Метод монтажу покрівельних сендвіч-панелей

– Способи монтажу

Якщо скат даху має розмір менше 12 м, рекомендується використовувати цілі листи панелей. Це суттєво скоротить термін виконання робіт.

Якщо потрібне встановлення покрівлі в кілька рядів, матеріал слід укладати внахлест:

- 30 см - для дахів з ухилом до 10 °(див. рис. 2.9 а));
- 20 см - для дахів з ухилом більше 10 °(див. рис. 2.9 б)).

Замки панелей слід попередньо заповнити герметиком. Після завершення робіт місця скріплення рекомендується обробити вологостійким засобом.



Рисунок. 2.9 – а) Дах сендвіч-панелей з ухилом до 10 °



Рисунок. 2.9 – б) Дах сендвіч-панелей з ухилом більше 10 °

– Кріплення панелей

Недотримання технології кріплення сендвіч-панелей може спричинити зниження енергоефективності будівлі.

У процесі роботи потрібно враховувати низку важливих нюансів:

- відстань між шурупом і краєм елемента повинна становити 5 см.
- монтаж кріплення слід проводити під прямим кутом.
- самонарізи необхідно закручувати до зіткнення з робочою поверхнею.
- розташування панелей має бути строго вертикальним. найменший перекіс здатний спричинити деформацію замкового елемента.
- захисне покриття панелей легко піддається пошкодженню, тому рекомендується виконувати роботи акуратно.

Саморіз не повинен бути закручений надто сильно, але й слабке кріплення не допускається. до. воно сприяє порушенню герметичності конструкції.

Кількість кріпильних елементів, що використовуються, залежить від розміру панелі:

- 4 метри - 4 саморізи;
- 6 метрів - 6 саморізів;
- більше 6 метрів - 8 саморізів.



Рисунок. 2.10 – Кріплення сендвіч-панелей саморізами

– Монтаж фасонних елементів

Щоб будівля прослужила якомога довше, потрібно встановлення фасонних елементів. Їхній вид визначається на етапі проектування. Місце встановлення - стики сендвіч-панелей. За допомогою даних елементів споруда набуває завершеного зовнішнього вигляду.

При монтажі необхідно передбачити нахльостування в 10 см. Щоб запобігти просочуванню води у місцях з'єднань, рекомендується використовувати силіконовий герметик.

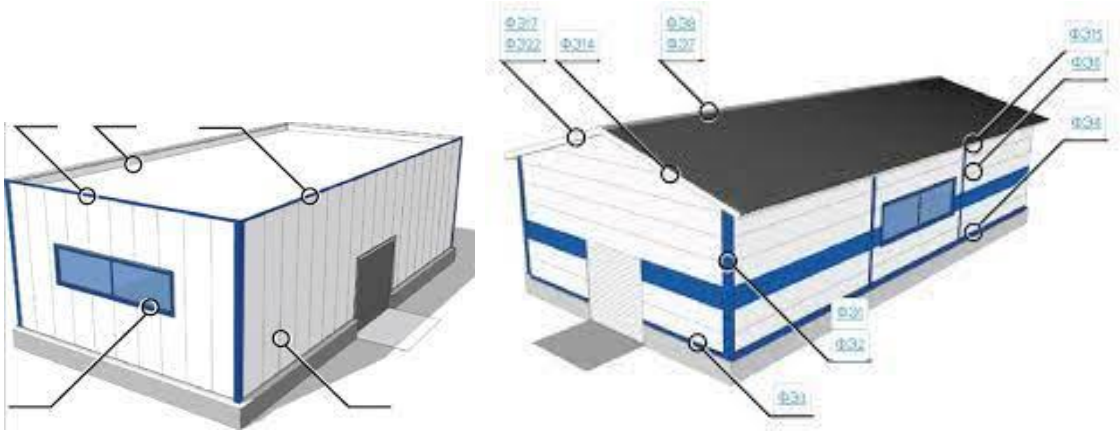
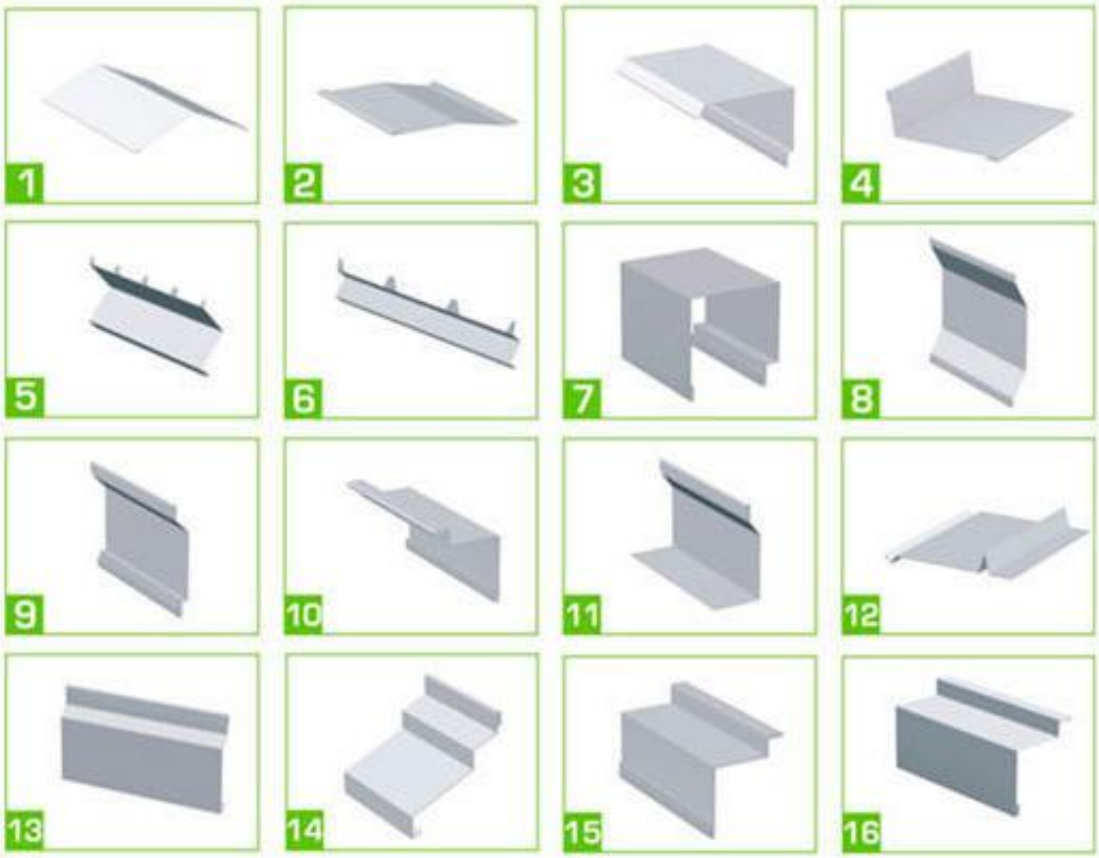


Рисунок. 2.11 – Встановлення фасонних елементів

Елементи фасонна сендвіч-панелей



1. коник плоский; 2. нащільник покрівельний; 3. нащільник фронтону; 4. нащільник карниза внутрішній; 5. маска звису; 6. маска конькова; 7. нашельник парапету; 8. нащільник стіновий вертикальний; 9. нащільник стіновий горизонтальний; 10. укіс віконний; 11. відлив віконний; 12. нащільник цокольний; 13. відлив цокольний; 14. відлив цоколя з виносом; 15. нащільник кута внутрішній; 16. нащільник кута зовнішній.

– Плівка

Плівку слід знімати безпосередньо перед монтажем конструкції або одразу після його завершення. Робити це рекомендується у хмарну погоду. Сильний мороз або жаркі сонячні промені можуть ускладнити цю процедуру. Потрібно враховувати, що залишати плівку на встановлених панелях більше 10 днів заборонено.

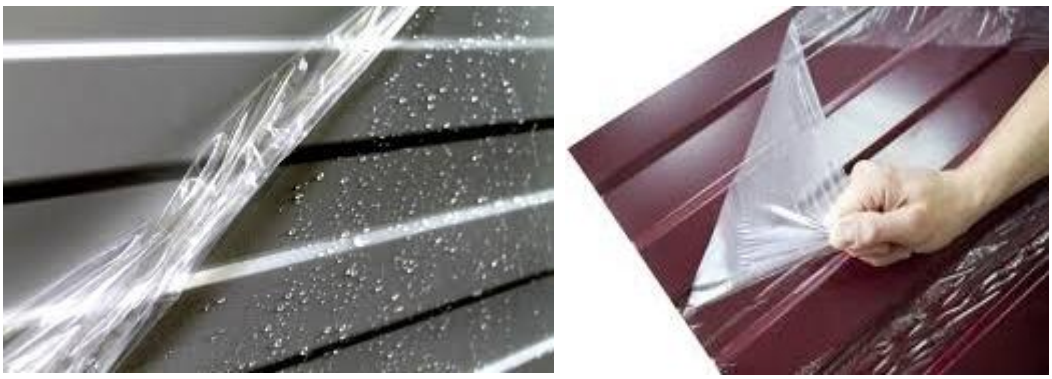


Рисунок. 2.12 – Захисна плівка сендвіч-панелей

– Різання панелей

Часто встановлення панелей не обходиться без їх різання. Особливо це стосується монтажу покрівлі.

Розріз слід проводити по горизонталі. Процес контролюється з допомогою будівельного рівня.

Застосування болгарки часто призводить до нагрівання матеріалу з подальшим його займанням. Тому рекомендується використовувати пилку дискового або стрічкового типу. Електролобзик та ручна пилка підходять для розрізання сендвіч-панелей з обшивкою з дерева або ПВХ.

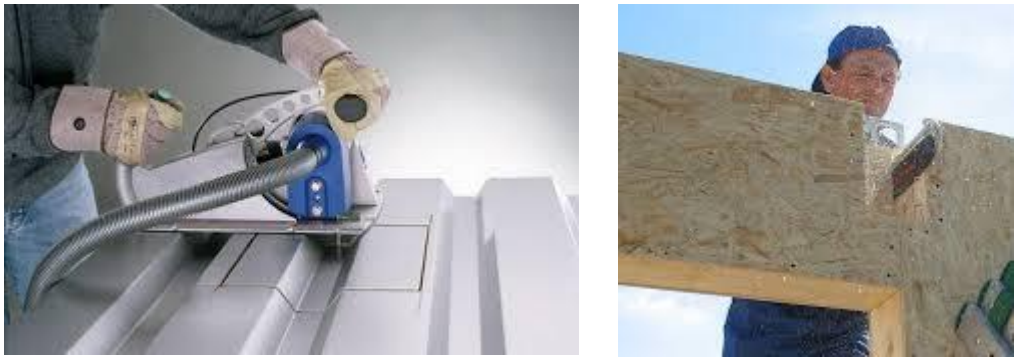


Рисунок. 2.13 – Різання панелей єлектролобзик та ручна пилка

– Догляд за панелями

Для усунення забруднень слід використовувати щітку середньої жорсткості та мильний розчин. Після завершення монтажних робіт панелі обробляються емаллю. Заборонено використання лужних, кислотних та абразивних засобів. Сильна механічна дія на поверхню огороджувальних конструкцій не допускається.

Сендвіч-панелі не здатні витримувати велике навантаження, тому не слід кріпити до них сходи та обладнання.

У разі виявлення пошкоджень відповідні ділянки необхідно очистити, знежирити, заґрунтувати та покрити фарбою.

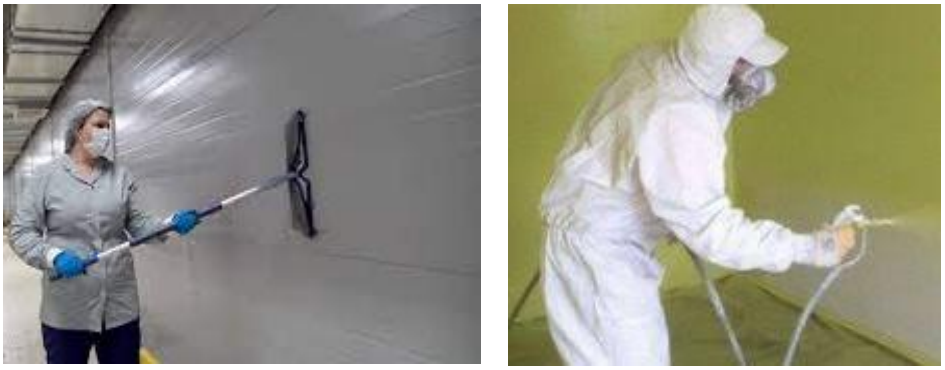


Рисунок. 2.14 – Догляд за панелями необхідно очистити, заґрунтувати та покрити фарбою

– Наслідки неправильної установки

Якщо після встановлення панелей виявляється перекіс каркасу, виправити проблему не вдасться.

Порушення правил зберігання матеріалу може призвести до його деформації. Надалі це відбивається на характеристиках усієї споруди, а саме на її герметичність та несучу здатність.

До таких негативних наслідків призводять і занадто перетягнуті кріплення. На поверхні матеріалу можуть залишитися вм'ятини. Слабке

кріплення, своєю чергою, призводить до утворення отворів, якими може проникати волога.



Рисунок. 2.15 – Наслідки неправильної установки сендвіч-панелей

– Особливості монтажу панелей підвищеної вогнестійкості

При монтажі панелей підвищеної вогнестійкості рекомендується вжити таких заходів:

- усунути зазори, які є в місцях з'єднання, за допомогою мінвати.
- закрити замкові пристрої з обох боків нащільником.
- використовувати утеплювач густиною не менше 125 кг/м³.
- використовувати фасонні елементи завтовшки понад 0,5 мм.
- дотримуватися відстані між саморізами не більше 30 см.





Рисунок. 2.16 – Панелы підвищеної вогнестійкості сендвіч-панелей

– Про правила перевезення та розвантаження

Транспортування панелей повинно здійснюватися у вантажівках із відкритим кузовом. Укладати пачки можна не більше ніж у два шари. Панелі повинні мати упаковку. При перевезенні морським шляхом або залізницею їх слід помістити до дерев'яних ящиків відповідного розміру.

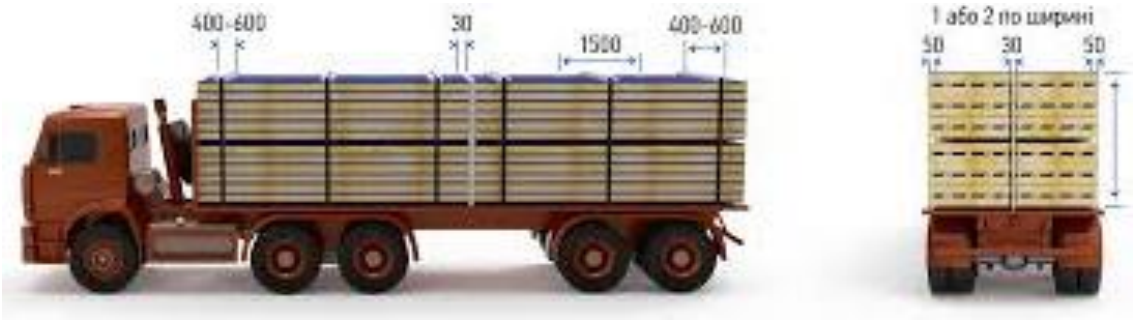


Рисунок. 2.17 – Перевезення сендвіч-панелей



Рисунок. 2.18 – Розвантаження сендвіч-панелей

Фіксувати вантаж слід за допомогою спеціальних стрічок через кожні 1,5 метри.

Під час перевезення водій повинен регулярно перевіряти стан вантажу.

Розвантаження сендвіч-панелей повинне проводитися якомога ближче до місця їх монтажу з дотриманням усіх правил техніки безпеки.

Висновок: Основні моменти

Сендвіч-панелі класифікуються за способом їх застосування, видом обшивки та утеплювача. Процедура монтажу має певні нюанси, залежно від типу наповнювача.

Перед установкою необхідно оглянути панелі щодо цілісності конструкції, в т.ч. год. замку, а також корозії.

Існує два способи монтажу: горизонтальний та вертикальний. Перший варіант підходить для високих будівель, а другий - для будівель заввишки до 3-6 метрів. Монтаж покрівлі проводиться внахлест або встик, якщо розмір схилу не перевищує 12 метрів.

Для розрізу панелей використовуються дискові та стрічкові пилки. Процес контролюється з допомогою будівельного рівня.

Наслідками порушення технології монтажу панелей є скорочення терміну експлуатації будівлі, втрата таких властивостей матеріалу як вологопроникність та теплоізоляція.

3 ПРИСТРІЙ ДЛЯ МОНТАЖУ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ

3.1 Пропоновані пристрої для монтажу панелей

Пристрій для монтажу сендвіч-панелей являє собою механізм, який приводиться в робочий стан за допомогою дизельного навантажувача, включає в себе вилковий підйомник, що утримує за допомогою вакуумного захоплення стінову панель, що складається з декількох легких панелей, попередньо з'єднаних між собою особливим чином в заводських умовах або на будівельному майданчику.

Панелі з'єднані між собою петлями, а щілини між ними закриває гнучкий щільний матеріал (міцна тканина, гума тощо), який служить для додаткової герметизації стиків панелей. За допомогою гідравлічного циліндра, вакуумне захоплення здійснює переміщення панелей у проектне положення. Завдяки поворотному гідравлічному циліндру даний пристрій може бути використаний як при горизонтальному, так і вертикальному методах монтажу легких панелей, що значно розширює сферу його застосування.

Сендвіч-панелі - комбінований багатозадачний матеріал, який має переваги базового поєднання жорсткого каркасу та надійного утеплювача. Широке застосування сендвіч-панелі отримали при будівництві складів, цехів, громадських та виробничих будівель. Сендвіч-панелі завдяки своїм експлуатаційним властивостям, високій технологічності виробництва, а також широкому діапазону розмірів та модифікацій, надають можливість реалізації різноманітних конструктивних та архітектурних рішень, а також збільшенню їх застосування при будівництві різноманітних будівель та споруд. Монтаж сендвіч-панелей виробляють із використанням інвентарних засобів підмащування або пересувних витягів (рис. 3.1;3.2;3.3) [10-16].

Для захоплення та переміщення панелей застосовують:

1. Струбцини зі страхувальними стропами тискового або затискного типу

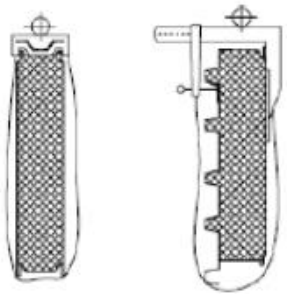


Рисунок 3.1– Струбцини

2. Механічний захват, який просвердлює панелі наскрізь (у цьому випадку звернути увагу на свердління панелі під штифт. Отвір повинен розташовуватися строго перпендикулярно поверхні облицювання панелі).

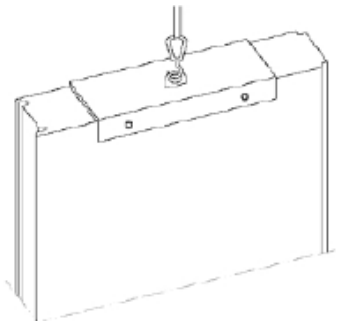


Рисунок 3.2 – Механічний захват

3. Спеціальні механічні захвати, які закріплюються у «замок» панелі.

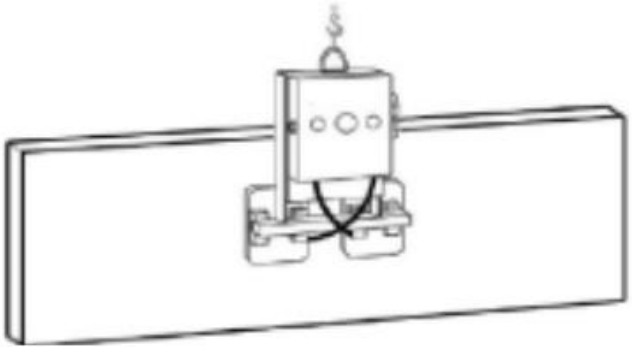


Рисунок 3.3 – Вакуумний витяг

Для того щоб запобігти падінню панелі при підйомі під час використання механічних захватів, необхідно використовувати страхові ремені (текстильні стропи), які будуть охоплювати панель, що піднімається. Знімати їх потрібно прямо перед встановленням панелі в проектне положення. У цей момент панель утримуватиметься лише механічними захватами [8-10].

В даний час при будівництві швидкомонтованих будівель і споруд існує тенденції щодо скорочення термінів будівництва та підвищення ступеня автоматизації технологічних процесів на будівельному майданчику. Зокрема, необхідність використання напівавтоматичних монтажних пристроїв виникає при зведенні будівель та споруд із застосуванням сендвіч-панелей.

При монтажі сендвіч-панелей з використанням інвентарних засобів підмащування або пересувних підйомників їх зазвичай монтують по одній, що призводить до уповільнення виконання робіт. Дуже істотно впливає на умови монтажу вітер, який розгойдує легку панель, що може призвести до її пошкодження і, як наслідок, до її непридатності. У разі сильного вітру монтаж сендвіч-панелей неможливий. Зазвичай монтаж панелей роблять за допомогою стрілового крана, таким чином, зона монтажу обмежується областю доступності крана, що також ускладнює його використання при монтажі сендвіч-панелей у низьких приміщеннях.

У зв'язку з усіма перерахованими обставинами було поставлено завдання вдосконалення існуючих пристроїв для монтажу легких панелей [7] таким чином, щоб усунути зазначені вище недоліки, досягти істотного спрощення технології монтажу і, як наслідок, домогтися скорочення термінів будівництва [1-6].

Відомі пристрої для монтажу панелей (E04G 21/26 № 1.004.584, E04G 21/26 № 1.028.821, E04G 21/26 № 1.742.449 , 1.716.053, E04G 21/16 № 2.152.495). З відомих пристроїв для монтажу панелей було вибрано

«Пристрій для монтажу легких панелей», на основі якого було зроблено порівняльний аналіз.

Відомий пристрій дозволяє доставляти до місця монтажу кілька панелей, після чого по черзі встановлювати їх на свої місця. У пристрої для монтажу легких панелей, що містить, щонайменше, одну присоску, за допомогою якої легка панель переміщається на своє місце в місці монтажу, є проміжна комірка зберігання, в якій можуть зберігатися щонайменше дві легкі панелі і яка виконана з можливістю переміщення в процесі монтажу до місця монтажу поблизу стіни або даху, при цьому проміжний осередок зберігання включає механізм для захоплення однієї легкої панелі зі штабелю панелей, обладнання для переміщення однієї легкої панелі за раз до місця монтажу та розміщення там, стик для забезпечення повороту легкої панелі для вирівнювання зі стіною або дахом, засіб для здійснення регулювального переміщення легкої панелі вбік та/або по вертикалі таким чином, що шпунт панелі входить до пазу сусідньої панелі.

Недоліком цього пристрою є те, що монтаж панелей здійснюється по черзі по одній, що збільшує час монтажу. Також пристрій здатний монтувати панелі тільки в горизонтальному положенні.

Порівняльний аналіз показав, що при використанні аналізованих інвентарних засобів підмащування та пристрої для монтажу легких панелей, є недоліки, що тягнуть за собою збільшення вартості та тривалості будівництва.

Виходячи з вищеперелічених недоліків, в якості рішення пропонується використовувати пристрій для монтажу легких панелей являє собою дизельний навантажувач вилковий 1, вантажопідйомністю до 20 000 кг, вилковий підйомник 2, з розташованими на ньому, попередньо скріпленими між собою в заводських умовах, або на будівельному майданчику легкими панелями 3. Панелі 3 з'єднані між собою петлями 4, а щілини між ними закриває гнучкий щільний матеріал 5 (міцна тканина, гума і т.п.), який служить додаткової герметизації стиків панелей. За допомогою

гідравлічного циліндра 6, вакуумне захоплення 7 виробляє переміщення панелей 3 проектне положення. зовнішній шар 8 панелі 3 кріпитися до внутрішнього шару 9 за допомогою двокомпонентного клею 10, який забезпечує міцність на відрив > 12 МПа, що дозволяє переміщати необхідну кількість скріплених панелей 3 в проектне положення, далі панелі 3 фіксують до конструкції 11 за допомогою самосвердл 2 для герметизації з'єднання використовується стрічка ущільнювача 13, шов між панелями заповнюється утеплювачем 14, шви закриваються спеціальними або фасонними елементами 15.

Монтаж панелей вертикальним способом здійснюється за допомогою гідравлічного циліндра 6, який дозволяє розташовану на вилковому витягу 2 легку панель 3, за допомогою вакуумного захоплення 7 піднести до місця монтажу і здійснити поворот на 90 градусів, потім панель 3 фіксують до конструкції 11 за допомогою самосвердлувальних шурупів для герметизації з'єднання використовується стрічка ущільнювача 13, шов між панелями заповнюється утеплювачем 14, шви закриваються спеціальними або фасонними елементами 15 (рис. 3.4; 3.5).

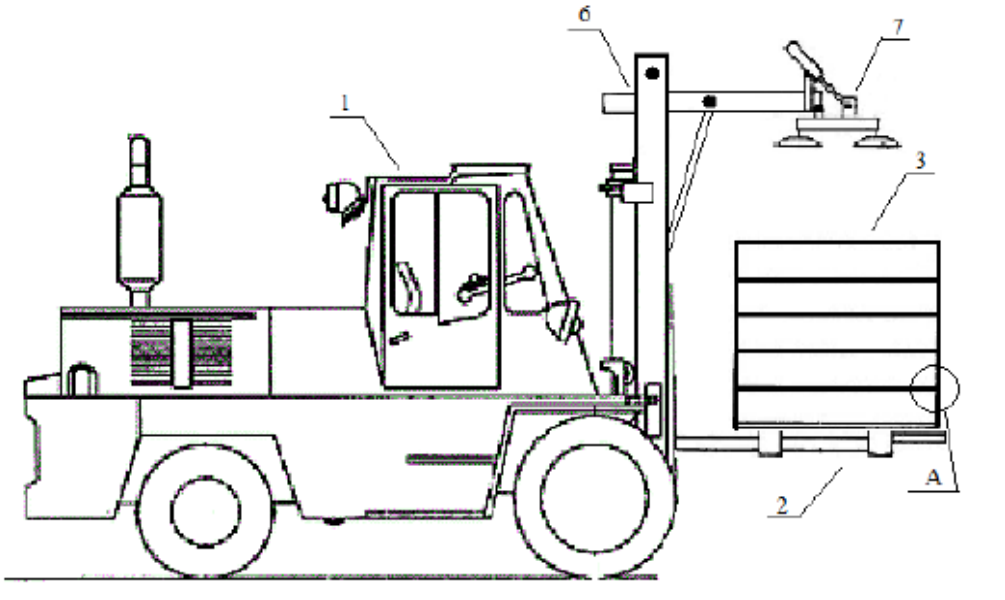


Рисунок 3.4 – Вилочний навантажувач із пристроєм для монтажу легких панелей у вихідному положенні

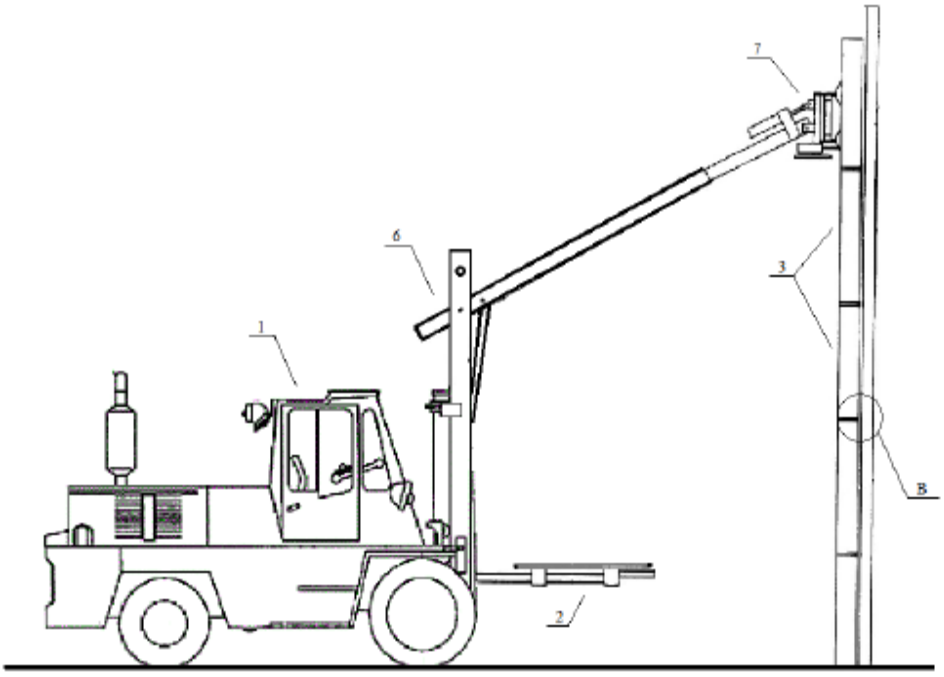
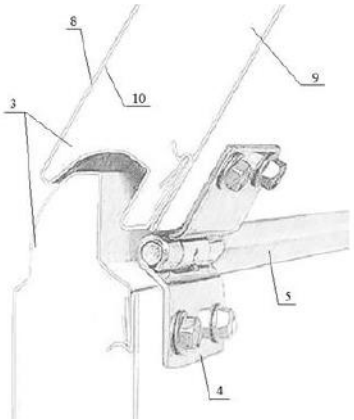


Рисунок 3.5 – Вилочний навантажувач із пристроєм для монтажу легких панелей у робочому положенні

З місця складування панелей вилковий навантажувач за допомогою вилочного підйомника переміщає необхідну кількість попередньо з'єднаних між собою панелей у вихідне положення для їх монтажу. Далі вакуумним захопленням панелі переміщається в проектне положення і закріплюється за допомогою болтів. Так послідовно відбувається монтаж усіх стінових панелей [4-8].



Вузол А з'єднання легких панелей між собою

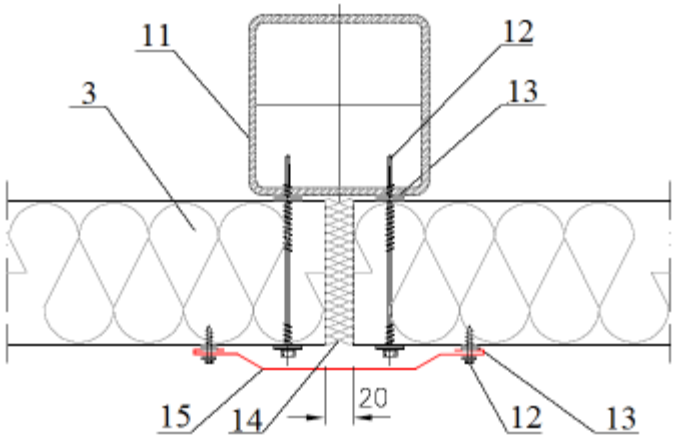


Рисунок 3.6 – Вузол В кріплення панелей до конструкції

З цим механізмом можливий варіант монтажу панелей вертикальним методом. Послідовність робіт аналогічна тій, яка використовується при монтажі панелей горизонтальним методом, різниця лише в тому, що за допомогою поворотного механізму гідравлічного циліндра панель, що утримується, приводиться у вертикальне положення з подальшим її монтажем і кріпленням.

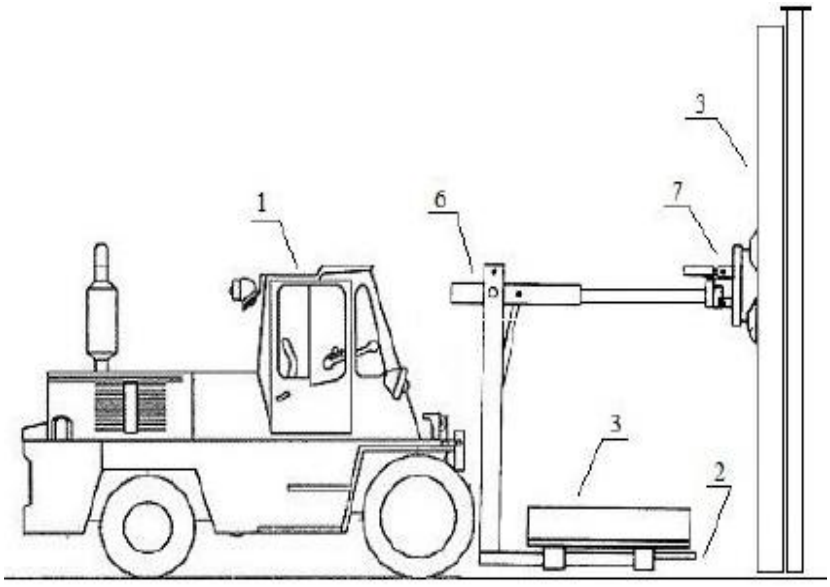


Рисунок 3.7 – Вилочний навантажувач із пристроєм для монтажу легких панелей вертикальним способом

Даний пристрій дозволяє проводити монтаж панелей більш безпечним та швидким способом. Вакуумне захоплення жорстко фіксує панель, що не дає впливати на неї вітру, таким чином запобігаючи її пошкодженню та частинам конструкцій. Це дозволить монтувати сендвіч-панелі за умов сильного вітру.

Пропонований пристрій дозволить усунути недоліки існуючих методів монтажу і, як наслідок, скоротити термін будівництва.

Воно дає можливість здійснювати монтаж сендвіч-панелей у різних погодних умовах. Завдяки поворотному гідравлічному циліндру даний пристрій може бути використаний як при горизонтальному, так і при не використовуваному ранньому, вертикальному методах монтажу панелей, що значно розширює сферу його застосування.

4 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОІЗОЛЯЦІЇ БЕЗКАРКАСНИХ ОГРОЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СЕНДВИЧ-ПАНЕЛІВ

4.1 Спосіб розрахунку звукоізоляції сендвіч-панелей кінцевих розмірів при дії дифузного звуку

Визначено способи підвищення звукоізоляції даного типу конструкцій, що захищають. Представлено раціональне конструктивне рішення безкаркасного огородження із сендвіч-панелей, та наведено результати досліджень його звукоізоляції в натурних умовах.

Дослідження звукоізоляції багатошарових конструкцій, що захищають будівель з урахуванням двоїстої природи проходження звуку.

Актуальним напрямом в архітектурно-будівельному проектуванні є зниження маси внутрішніх конструкцій, що захищають (стін, перегородок). Це дозволяє зменшити навантаження на несучі конструкції будівель та знизити матеріаломісткість будівництва. При цьому необхідно забезпечити виконання вимог щодо звукоізоляції конструкцій, що захищають. Це завдання дозволяє вирішити застосування багатошарових безкаркасних конструкцій на основі сендвіч-панелей, що мають зовнішні облицювання та шар жорсткого легкого заповнювача між ними. Застосування жорсткого заповнювача дозволяє забезпечити виконання вимог щодо міцності та стійкості конструкцій без влаштування внутрішнього каркасу, що дає можливість підвищити швидкість монтажу та знизити його трудомісткість.

Звукоізоляція кінцевих розмірів може бути визначена теоретично самоузгодження хвильових полів. Розрахунок здійснюється на основі методики визначення звукоізоляції подвійних огорож з повітряним проміжком [9]. Тут прийнято припущення, що звукоізоляція цього типу

огорож у діапазоні неповних просторових резонансів є граничною звукоізоляцією для тришарових сендвіч-панелей з аналогічними геометричними параметрами.

У цьому коефіцієнт проходження звуку визначається за такою формулою 4.1 [9]

$$\tau = \tau_{п.і} + \tau_{п.с} + \tau_{1і} \times \tau_{2і} + \tau_{1с} \times \tau_{2с}, \qquad (4.1)$$

де індекс «п» означає проходження звуку через пластини з пружним зв'язком між собою; індекс «і» - інерційне проходження через першу пластину, повітряний проміжок та другу пластину; індекс «с» - резонансне проходження звуку через першу пластину та другу пластину.

Відмінність розрахунку сендвіч-панелі від розрахунку двошарового огородження з повітряним проміжком полягає в тому, що швидкість поширення пружних хвиль змінює своє значення за рахунок наявності середнього шару, що з'єднує облицювання. Для визначення коефіцієнтів проходження $\tau_{п.с}$ і $\tau_{п.с}$ необхідно розрахувати швидкість поширення хвилі, що біжить, в тришаровій сендвіч-панелі.

На рис. 4.1 показані дисперсійні криві тришарової пластини з облицюваннями з гіпсоволокнистих листів (ГВЛ) товщиною по 12,5 мм (щільність ρ = 1250 кг/м^3), середнім шаром з жорсткого пінополістиролу товщиною 50 мм (щільність ρ = 40 кг) загальні розміри огорожі 2000 × 1200 мм.

Швидкість зсувних хвиль середнього шару значно впливає підсумкову швидкість хвиль для сендвіч-панелі в діапазоні від 100 Гц до резонансної частоти системи «маса - пружність - маса» $\int\rho$ = 800 Гц.

Резонансна частота системи для сендвіч-панелі визначається за відомою формулою 4.2:

$$f_{\text{р}} = 0{,}16\sqrt{\frac{E_{\text{д}}(m'_1 + m'_2)}{dm'_1 m'_2}}, \tag{4.2}$$

де Ед – динамічний модуль пружності матеріалу середнього шару сендвіч-панелі;

d – товщина середнього шару;

m'_j і m'_2 – поверхневі щільності першого та другого облицювання відповідно. Для сендвіч-панелі ∫ρ = 800 Гц.

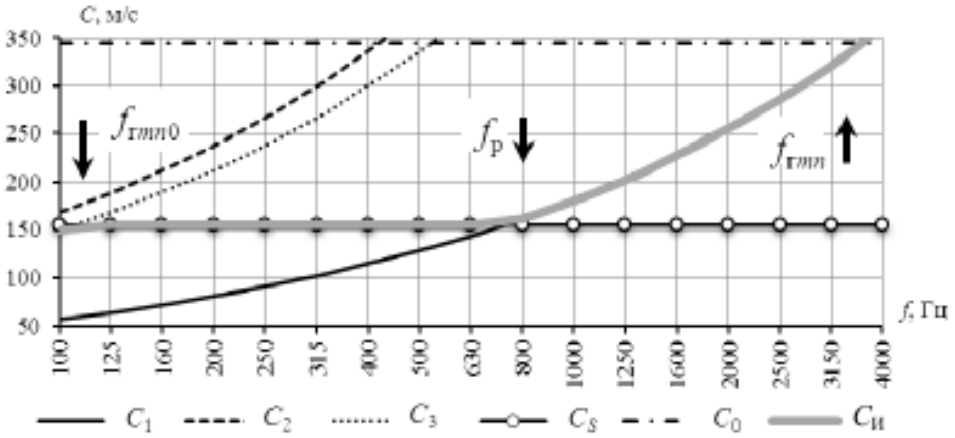


Рисунок. 4.1– Дисперсійна крива сендвіч-панелі з облицюваннями з ГВЛ товщиною по 12,5 мм та середнім шаром з пінополістиролу товщиною 50 мм (розміри зразка 1200×2000 мм):

сі – швидкість поширення хвилі, що біжить;

c_0 –швидкість звуку повітря;

C_3 – швидкість зсувних хвиль середнього шару, навантаженого масами облицювань;

c_1; c_2; c_3 – швидкості згинальних хвиль в умовних одношарових пластинах з різними циліндричними жорсткостями [10-11].

Отримані в результаті обчислень коефіцієнти проходження звуку через тришарову огорожу наведено на рис. 4.2.

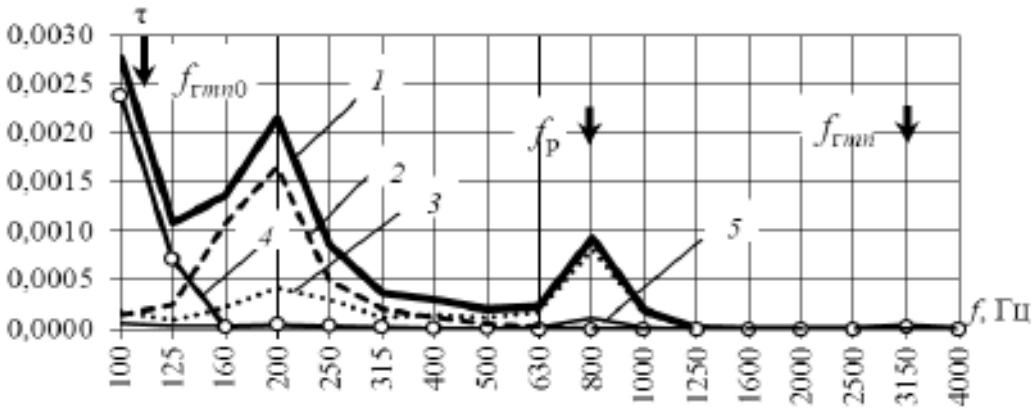


Рисунок. 4.2– Коефіцієнти проходження звуку через сендвіч-панель з облицюваннями з ГВЛ товщиною по 12,5 мм та середнім шаром з пінополістиролу товщиною 50 мм (розміри 2000×1200 мм):

1 $\tau_{п.с}$ 2 $\tau_{п.с}$

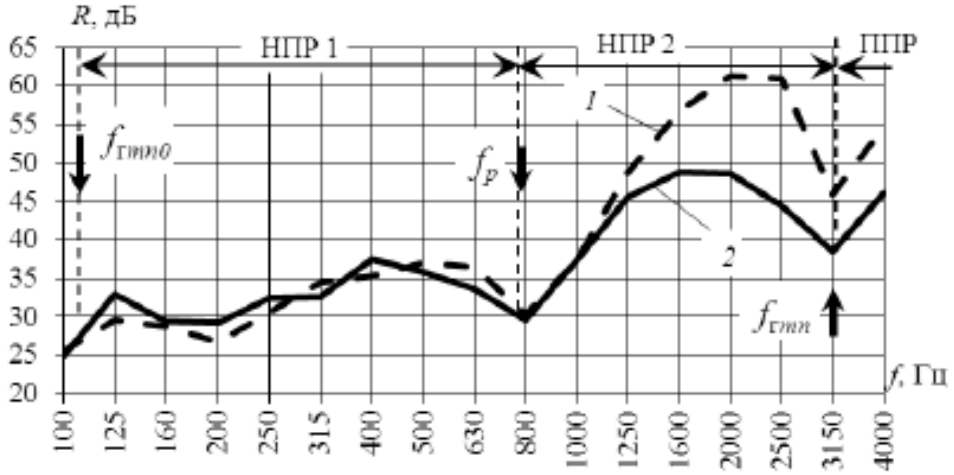


Рисунок. 4.3 – представлено порівняння теоретичної частотної характеристики звукоізоляції сендвіч-панелі загальною товщиною 75 мм із експериментальними даними.

Експериментальні дослідження проведені у великих реверберaційних камерах лабораторії акустики. Облицювання досліджуваного зразка сендвіч-панелі виконані з ГВЛ товщиною по 12,5 мм і склеєні епоксидним клеєм із середнім шаром з пінополістиролу ПСБ-С-15У товщиною 50 мм (склейка по всій площі).

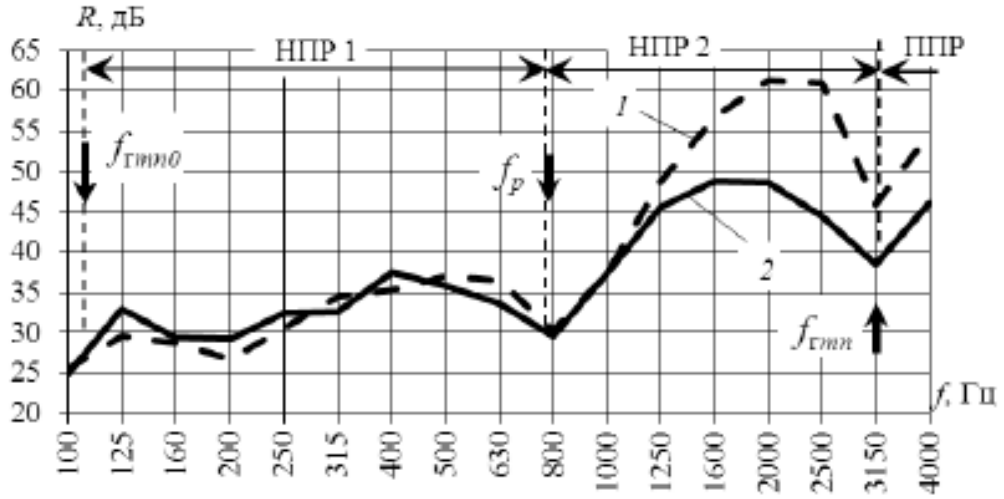


Рисунок. 4.4 – Частотні характеристики звукоізоляції сендвіч-панелі розмірами 2000×1200 мм (облицювання ГВЛ завтовшки по 12,5 мм, середній шар - пінополі-стирол):

1 – теорія; 2 - експеримент

Для зручності аналізу область неповних просторових резонансів умовно розділена на дві підобласті: неповних просторових резонансів Аналізуючи рис. 4.3, можна бачити, що в області результати теоретичного розрахунку добре узгоджуються з експериментально отриманими значеннями звукоізоляції. Збіжність результатів відзначається в діапазоні частот 800 /1250 Гц.

Нині у лабораторії акустики ведеться розробка нових типів безкаркасних звукоізолюючих перегородок з урахуванням сендвіч-панелей [12]. У ході експериментальних і теоретичних досліджень звукоізоляції

багатошарових конструкцій, що захищають, встановлено, що основним фактором, що негативно впливає на звукоізоляцію сендвіч-панелей, є різке збільшення проходження звуку в області резонансної частоти системи «маса - пружність - маса» [13] - частотана рис. 4.1 і 4.2. Для більшості сендвіч-панелей, що застосовуються у будівництві (товщиною від 30 до 150 мм), дана резонансна частота знаходиться в діапазоні середніх частот, що значно погіршує їх звукоізолюючі властивості.

Для підвищення звукоізоляції сендвіч-панелей в діапазоні середніх частот необхідно зменшити резонансне проходження звуку через конструкцію, що захищає в даному діапазоні. Для цього пропонується зменшити загальну жорсткість огороджувальної конструкції. до. жорсткість є одним із важливих параметрів, що впливають на резонансне проходження звуку через огороджувальні конструкції. У ході досліджень встановлено [14], що найбільшого ефекту зниження жорсткості багатошарового огородження можна досягти за допомогою акустичного роз'єднання шарів сендвіч-панелі шляхом розташування між облицюваннями та середнім шаром розділових шарів пружного матеріалу. При цьому всі шари мають бути склеєні між собою точково, щоб забезпечити необхідну експлуатаційну міцність сендвіч-панелі. Конструктивне рішення та зовнішній вигляд даних огорож наведено на рис. 4.4.

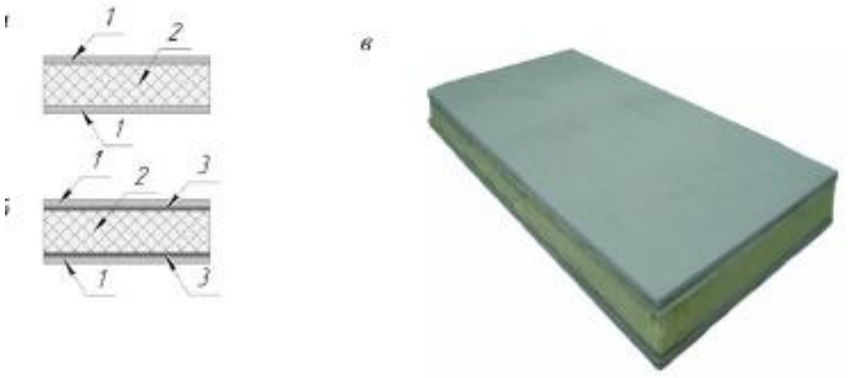


Рисунок. 4.4 – Безкаркасна сендвіч-панель з акустичним роз'єднанням шарів:

а - поперечний переріз стандартної сендвіч-панелі, що застосовується в будівництві в даний час (аркуші облицювань і середній шар склеєні між собою по всій площині);

б - поперечний переріз сендвіч-панелі з акустичним роз'єднанням шарів (аркуші облицювань і середній шар розділені шарами пружного матеріалу);

в - зовнішній вигляд сендвіч-панелі з акустичним роз'єднанням шарів (показаний пошаровий монтаж панелі);

1 - зовнішні листові облицювання з гіпсоволокнистих листів товщиною по 12,5 мм (щільність $\rho = 1250$ кг/м^3);

2 - середній шар із жорсткого пінополістиролу товщиною 50 мм (щільність $\rho = 40$ кг/м^3, модуль пружності $E = 12$ МПа);

3 - розділові шари пружного матеріалу завтовшки по 4 мм (поліефірне волокно, щільність $\rho = 75$ кг/м^3, модуль пружності $E = 0{,}3$ МПа)

На рис. 4.5 наведені результати вимірювань звукоізоляції стандартної сендвіч-панелі (крива 1, розмір зразка 2000×1200 мм, шари склеєні по всій площині) і безкаркасного звукоізолюючого огородження з сендвіч-панелей з акустичним роз'єднанням шарів (крива 2, розмір зразка 3600×2500мм кожна, три панелі 2500 ×1200 шари склеєні крапково). Вимірювання проведено у великих реверберацийних камерах лабораторії акустики.

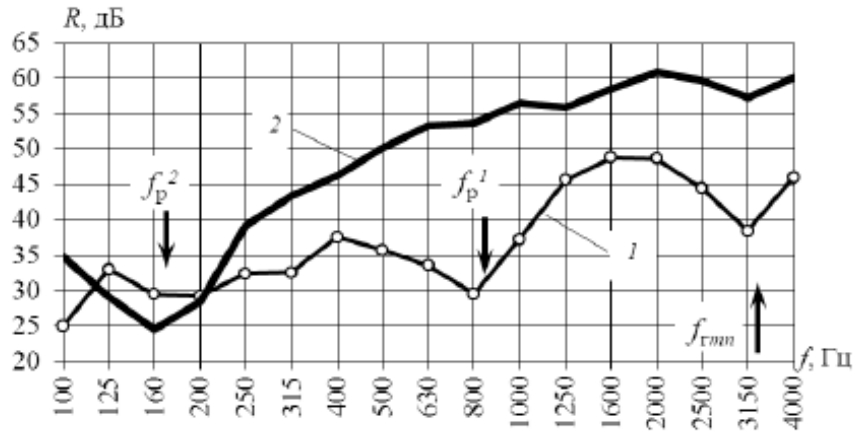


Рисунок. 4.5 – Порівняння експериментальних частотних характеристик звукоізоляції безкаркасного огородження із сендвіч-панелей з акустичним роз'єднанням шарів та стандартної сендвіч-панелі:

1 - стандартна сендвіч-панель (облицьовування - ГВЛ товщиною по 12,5 мм кожна, середній шар з пінополістиролу товщиною 50 мм, шари склеєні по всій площині);

2 - безкаркасна огорожа з сендвіч-панелей (облицьовування - ГВЛ товщиною по 12,5 мм кожна, середній шар з пінополістиролу товщиною 50 мм, шари, що роз'єднують з «ВіброІзоТекс» товщиною по 4 мм кожен, шари склеєні точно)

З аналізу рис. 4.5 можна зробити висновок, що безкаркасна звукоізолююча огорожа з розрізанням на три окремі сендвіч-панелі має більш високу звукоізоляцію в порівнянні зі стандартною сендвіч-панеллю в діапазонах середніх та високих частот.

При використанні пружних розділових шарів з поліефірного волокна та точковому склеюванні шарів (крива 2) резонансна частота системи $\int_{\rho}$ змістилася порівняно з вихідним варіантом (крива 1) вниз із частоти $\int_{\rho} /\rho^1 = 800$ Гц на частоту $\int_{\rho} /\rho^2 = 160$ Гц.

Індекс ізоляції повітряного шуму для звукоізолюючого безкаркасного огородження становить величину $R_{п} = 49$ дБ (поверхнева маса $\mu = 34$ кг/м^2), що перевищує індекс ізоляції повітряного шуму стандартної сендвіч-панелі порівнянної маси $R_{п} = 38$ дБ ($\mu = 33$ кг/м^2)11 дБ.

Для використання в цивільному та промисловому будівництві як перегородки, що забезпечують необхідний захист від шуму, ефективне застосування додаткових облицювання, що кріпляться саморізами до зовнішніх листових облицювання звукоізолюючого безкаркасного огородження (рис. 4.6).

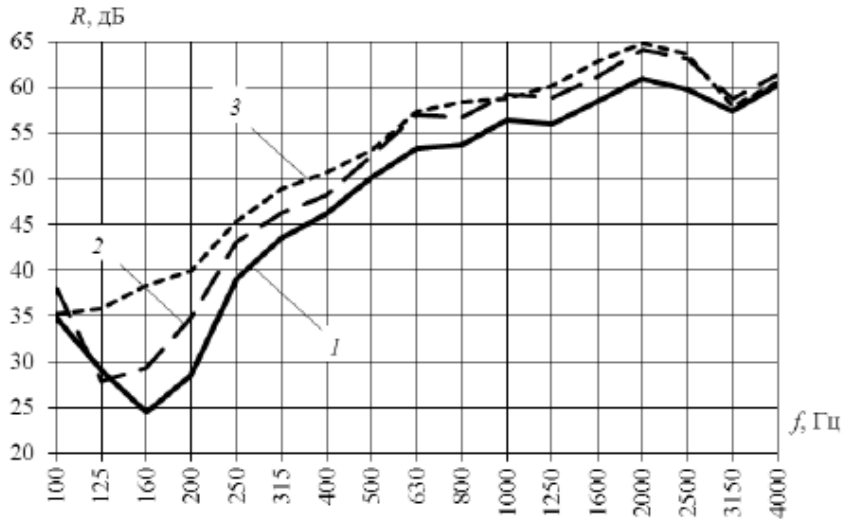


Рисунок. 4.6 – Частотні характеристики звукоізоляції безкаркасної огорожі із сендвіч-панелей із додатковими зовнішніми листовими облицюваннями (розмір зразків 3600×2500 мм, склад шарів див. рис. 4.4):

1 - звукоізолююча огорожа без додаткових облицювань;

2 - звукоізолююча огорожа з одним додатковим облицюванням (ГВЛ товщиною 12,5 мм) з одного боку);

3 - звукоізолююча огорожа з двома додатковими облицюваннями (ГВЛ завтовшки 12,5 мм) з обох сторін

З рис. 4.6 слід, що при обшивці огородження додатковим листовим облицюванням ГВЛ товщиною 12,5 мм з одного боку (крива 2) відбувається збільшення звукоізоляції на 36дБ в діапазоні частот 1603150 Гц, при цьому індекс ізоляції повітряного шуму зростає на 3 дБ до величини $R_{„} = 52$ дБ. У разі обшивки звукоізолюючого огородження додатковими листовими облицюваннями з двох сторін (крива 3) його звукоізоляція збільшується у всьому нормованому діапазоні частот на величину до 14 дБ, при цьому індекс ізоляції повітряного шуму зростає на 5 дБ до величини $R_{*} = 54$ дБ.

На підставі проведених досліджень звукоізоляції сендвіч-панелей розроблено раціональні конструктивні рішення безкаркасних

огороджувальних конструкцій із сендвіч-панелей, а також подано заявку на патент [15].

Для розроблених безкаркасних огорож виконано розрахунок на міцність та стійкість чисельним методом у програмному комплексі

Для розроблених нових типів огороджувальних конструкцій із сендвіч-панелей проведено натурні дослідження звукоізоляції в житловому будинку, що будується в мікрорайоні (рис. 4.7).

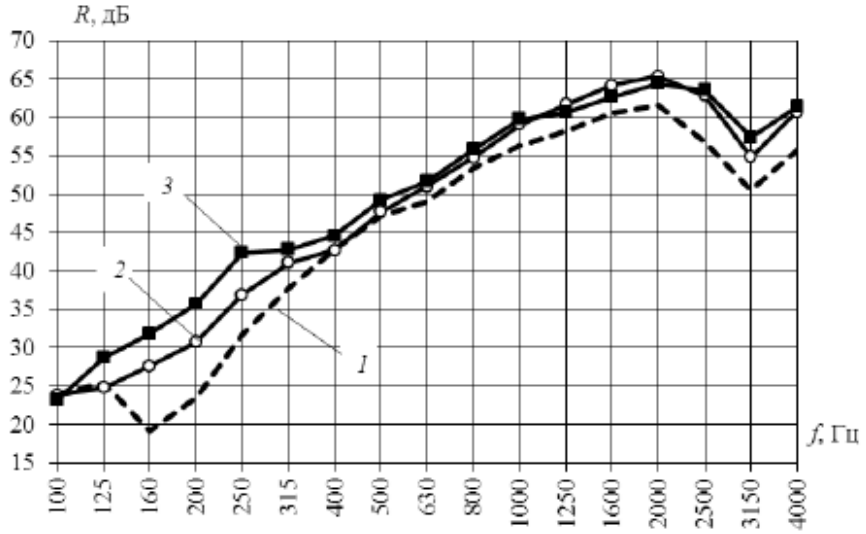


Рисунок. 4.7 – Частотні характеристики звукоізоляції безкаркасного огородження з сендвіч-панелей з додатковими зовнішніми листовими облицюваннями, отримані в натурних умовах (розмір зразків 3900×2500 мм, склад шарів - див. рис. 4.4):

1 - звукоізолююча огорожа без додаткових поверхонь μ = 34 кг/м^2);

2 - звукоізолююча огорожа з одним додатковим облицюванням з ГВЛ (товщина 95,5 мм, μ = 50 кг/м^2);

3 - звукоізолююча огорожа з двома додатковими облицюваннями з ГВЛ (товщина 108 мм, ц = 65 кг/м^2)

Для перегородки із сендвіч-панелей в натурних умовах отримано індекс ізоляції повітряного шуму R' = 43 дБ.

Для огородження з одним додатковим облицюванням з ГВЛ R' w = 47 дБ.

Для огородження з двома додатковими облицюваннями з ГВЛ R '= 50 дБ.

Проведені дослідження показали наявність значних резервів підвищення звукоізоляції для багатошарових конструкцій із сендвіч-панелей. Визначено ефективні способи використання даних резервів та методи розрахунку звукоізоляції при проектуванні звукоізолюючих огорож для цивільного та промислового будівництва.

ВИСНОВКИ

Таким чином, можна говорити про подальший розвиток даного актуального та пріоритетного напряму у будівельній науці та техніці. Воно сприяє здійсненню науковими, проектними та виробничими організаціями суттєвого наукового та технологічного прориву, а також продовжує працювати творчий колектив з багатьох фахівців – вчених, проектувальників, конструкторів заводів, будівельників та ін.

Обґрунтовано інноваційний метод швидкісного будівництва економічних та комфортних малоповерхових житлових будинків та громадських будівель на основі оптимізованих легких каркасно-панельних сендвіч-систем. Розкрито методичний підхід до розробки оптимальної технології у будівельних процесах швидкісного та масового зведення індивідуальних житлових будинків з індустріальних сендвіч-панелей на користь громадян методом комп'ютерного моделювання та багатокритеріальної оптимізації різних варіантів технологічних рішень.

Удосконалення збірних конструкційних систем у вигляді модульної системи будівель дозволяє знизити трудомісткість установки більш ніж у три рази за рахунок створення елементів об'ємного блоку. Модульні будівлі є пересувними та розбірними для окремих елементів. Ця перевага дозволяє розділити будівлю на окремі елементи (контейнери) і доставити їх до збірної модульної будівлі з усіма інженерними системами. Завдяки транспортній упаковці елементів можлива також значна економія при доставці (у 3-4 рази), наприклад, для віддалених районів, у цьому випадку вузол збирання збирає блок-контейнери та з'єднує їх один з одним у модульній будівлі.

Основними перевагами складаних збірних будівель у порівнянні зі складними та контейнерними є підвищений ступінь готовності заводу та збільшення корисного об'єму в 1,5-3 рази, компактні габаритні розміри для

транспортування, легка конструктивна вага та скорочення часу використання крана.

Широкий закордонний досвід застосування CLT-панелей у галузі будівництва показує високу конструктивно-технологічну ефективність зведення різних житлових та цивільних будівель, а також інженерних рішень.

У процесі дослідження проведено аналіз сучасного домобудування, який вказує на певний ряд факторів, що стримують широке застосування CLT-панелей як несучу конструкцію при будівництві висотних будівель різного технологічного призначення. заборона на будівництво будівель вище 3 поверхів. 2 нових склепіння правил по зведенню багатоповерхових дерев'яних будівель, що робить будівництво багатоповерхових будівель із CLT-панелей дуже актуальним у майбутньому.

Успішний розвиток будівництва багатоповерхових житлових будівель з CLT-панелей вимагає комплексних досліджень, спрямованих на знаходження оптимальних рішень для структури несучої конструкції висотної будівлі, де будуть використовуватися найкращі властивості матеріалів (бетон, метал, деревина), а також оптимальні стики, вузли та зчленування несучих конструкцій між собою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боровик Ю. Т., Єлагін Ю.В. Стійке будівництво: сутність, принципи, тенденції розвитку. *Вісник економіки транспорту і промисловості*. 2021. №72-73. С. 47-56.

2. Практика інноваційних розробок у сфері територіально-просторового розвитку міст і регіонів : монографія / за заг. ред. В. Т. Семенова, І. Е. Линник. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2016. 286 с.

3. Ушацький С.А., Шейко Ю.П., Тригер Г.М. та ін. Організація будівництва : підручник / за редакцією С.А. Ушацького. Київ : Кондор, 2007. 521 с.

4. Якименко О.В., Кіктьова К.О. Технічна експлуатація будівель таспоруд: навчальний посібник. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 247 с.

5. J.M. Davies, Lightweight sandwich construction, Blackwell Science, Oxford, 2001.

6. O.T. Thomsen, Theoretical and experimental investigation of local bending effects in sandwich plates. Composite Structures, 30(1), 85-101, 1995.

7. Досвід країн Євросоюзу з підвищення енергоефективності, енергоаудиту та енергоменеджменту з енергоощадності в економіці країн. Київ : Відділ інформаційно-аналітичної роботи департаменту міжнародного співробітництва та євроінтеграції, 2017. 113 с.

8. D. Zenkert, An introduction to sandwich construction, Engineering Materials Advisory Services, 1995.

9. E.E. Gdoutos, I.M. Daniel, K.-A. Wang, Compression facing wrinkling of composite sandwich structures, Mechanics of Materials, 35(3-6), 511-522, 2003.

10. Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). URL: https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-performance-buildings-directive-epbd_en (Дата звернення 17.10.2024).

11. V. Koissin, A. Shipsha, V. Skvortsov, Effect of physical nonlinearity on local buckling in sandwich beams, Journal of Sandwich Structures and Materials, 12, 477-494, 2010.

12. Allen, H. G. Analysis and design of structural sandwich panels: The commonwealth and international library: Structures and solid body mechanics division. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 2013.

13. КОРНИЦЬКИЙ В.В., БАРАН Д.Я. Основні завдання дослідження граничного навантаження для сандвіч панелей. Матеріали VIII науково-технічної конференції «Інформаційні моделі, системи та технології», 2020. С. 194-194.

14. E. Lolive, J-M. Berthelot, Non-linear behaviour of foam cores and sandwich materials, Part 2: indentation and three-point bending, Journal of Sandwich Structures and Materials, 4(4), 297-352, 2002.

15. M.A. Stiftinger, F.G. Rammerstorfer, Face layer wrinkling in sandwich shells – theoretical and experimental investigations, Thin-walled Structures, 29(1-4), 113-127, 1997.

16. Vidwans, Aditya & Fantuzzi, Nicholas & Correia, José & Trovalusci, Patrizia. Comparison between Stiffened Plate and Steel Aluminum Foam Sandwich Panels. Practice Periodical on Structural Design and Construction, 3(3), 192-232, 2024.

17. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навчальний посібник / В.К. Черненко, О.Ф. Осипов, Г.М. Тонкачеєв та інші; За ред.. В.К. Черненка. Київ : Горобець Г.С., 2010. 372 с.

18. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об`єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 1. [Чинний від 2007-01-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. 75 с.

19. Сучасні методи будівництва . Безліч причин їх використовувати URL: https://www-almowaten-net(дата звернення 21.10.2024).

20. Blanco et al., 2017 J.L. Blanco, A. Mullin, K. Pandya, M. Sridhar The New Age of Engineering and Construction Technology McKinsey & Company, Philadelphia, PA, 2017.