

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНИ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження механічної роботи та теплової ефективності SIP-панелей

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1922-мопа-дн
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Містобудування та
об'ємно-просторова архітектура

(назва освітньої програми)

Мекбул Умаїма

(ініціали та прізвище)

Керівник проф., к. арх., Єгоров Ю. П.

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

Рецензент доц., к. т. н., Банах В. А.

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

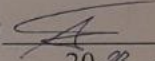
Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
імені Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Освітня програма Містобудування та об'ємно-просторова архітектура

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
« 10 » 10 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Мекбул Умаїма

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проєкту) Дослідження механічної роботи та теплової ефективності SIP-панелей

керівник роботи проф., к. арх., Єгоров Ю. П.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 09 » 10 2023 року № 1578-с

1 Строк подання студентом роботи 01.03.2024

2 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливість розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, передбачувані методи виконання досліджень

3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Аналіз предметної області. Аналіз основних типів утеплювального шару, що використовується в сендвіч-панелях. Аналіз розрахунок основних несучих конструкцій

4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Презентація із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, результати розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

5 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання/ видав	завдання прийняв
1	Єгоров Ю. П.		
2	Єгоров Ю. П.		
3	Єгоров Ю. П.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	01.01	
2	Розділ 1	15.01	
3	Розділ 2	01.02	
4	Розділ 3	15.02	
5	Розробка графічної частини	20.02	
6	Оформлення роботи	25.02	
7	Попередній захист	01.03	

Студент Мекбул Умаїма
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) Єгоров Ю. П.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер Гребенюк І.В.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Мекбул Умаіма. Дослідження механічної роботи та теплової ефективності SIP-панелей.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Ю.П. Єгоров. Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні ЗНУ, кафедра міського будівництва і архітектури, 2024.

Удосконаленні методики теоретичного розрахунку несучої здатності сендвіч панелей. Визначитно експлуатаційні властивості сендвіч панелей. Встановлено розподіл температури в утеплювальному шарі сендвіч панелей.

Ключові слова: ГРАНИЧНЕ НАВАНТАЖЕННЯ, НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ, ВТРАТА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ, ПАНЕЛЬ.

ABSTRACT

Meqbul Umayma. Research of mechanical work and thermal efficiency of SIP-panels.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 - Construction and civil engineering, academic supervisor Yu.P. Egorov. Engineering Educational and Scientific Institute named after U.M. Potebny ZNU, Department of Urban Construction and Architecture, 2024.

Improved methods of theoretical calculation of the bearing capacity of sandwich panels. The operational properties of sandwich panels are distinct. The temperature distribution in the insulating layer of sandwich panels is established.

Key words: ULTIMATE LOAD, BEARING CAPACITY, LOSS OF BEARING CAPACITY, PANEL.

ЗМІСТ

	Вступ	6
Розділ 1	Теоретична частина	8
1.1	Технологія	8
1.2	Переваги та недоліки	18
1.3	Висновок по 1-му розділу	40
1.4	Висновки з першого розділу	27
Розділ 2	Дослідницька частина	42
2.1	Методи досліджень	42
2.2	Результати лабораторних досліджень	48
2.2.1	Дослідження СІП-панелі на міцність (Осьовий стиск)	48
2.2.2	Дослідження СІП-панелі на зсув (позацентрове стиснення) дослід №1	53
2.2.3	2.2.3 Дослідження СІП-панелі на зсув (позацентрове стиснення) дослід №2	58
2.3	Експериментальні випробування властивостей міцності панелей у вертикальному положенні	62
2.4	Експериментальні випробування властивостей міцності панелей в горизонтальному положенні	67
Розділ 3	Особливості проектування житлових будинків із сір панелей	70
3.1	Особливості проектування житлових будинків із сір панелей з теплоізоляцією з пінополіуретану	70
3.2	Прогнозування довговічності пінополіуретану в конструкціях сендвіч панелей	72
3.3	Визначення товщини шару утеплювача (пінополіуретану) для сендвіч панелей	72
3.4	Прогнозування довговічності наповнених пінополіуретанів у покрівельній сендвіч панелі	75
3.5	Техніка безпеки при висотних роботах	77
	Основні висновки	81
	Список використаних джерел	82

ВСТУП

В даний час головним завданням конструкторів є підвищення міцності, зменшення ваги і вартості конструкції, чого дозволяє добитися технологія зведення будівель з СІП панелей збірно-монолітного перекриття.

СІП панелі відповідають таким характеристикам як міцність, довговічність та економічність. Саме тому для дослідження взято тему СІП панелей, як на мене, актуальна на сьогоднішній день.

СІП панелі відома технологія в Європі та США, а в Україні тільки зараз набирає популярності завдяки своїм значним перевагам, деякі з яких були досліджені в процесі роботи.

Метою даної кваліфікаційної випускної роботи магістра є дослідження механічної роботи та теплової ефективності панелей за технологією SIP.

Об'єктом дослідження є теплотехнічні характеристики сендвіч-панелей.

Предметом дослідження є деформування і руйнування сендвіч панелей.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених завдань використовувалися узагальнення та аналіз теоретичних та практичних досліджень на тему роботи. Системний підхід є методологічною основою всього дослідження та використовується для вирішення більшості поставлених завдань. Аналіз та моделювання використані при виконанні розрахунків.

Наукова новизна одержаних результатів. Полягає у подальшому розвитку методики випробування сендвіч панелей за несучою здатністю.

Практичне значення одержаних результатів. Полягає у удосконаленні методики теоретичного розрахунку несучої здатності сендвіч панелей.

Особистий внесок дослідника. Постановки мети та завдання

дослідження. Збір та аналіз даних для проведення дослідження.

Структура та обсяг магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, основних висновків, списку використаних джерел містить 85 сторінок, 38 рисунків, 7 таблиць, 37 список використаних джерел

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технологія

Сип панелі - це інноваційний конструкційний винахід, заснований на застосуванні двох плит зі стружки, і між ними є шар пінополістиролу, що затвердів, що застосовується в даному випадку як утеплювач.

Товщина панелі, як готового будівельного матеріалу, становить від 12см до 17см., і має ідеальні теплозберігаючі властивості при високій міцності та надійності. Виробництво сип панелей виробляється на сучасному, технологічно новому обладнанні, завдяки чому якість цього будівельного матеріалу не підлягає сумніву.

Прокладка з пінополістиролу довговічна, не розтріскується від погодних явищ, не може стати для шкідливих мікроорганізмів, деревочків і гризунів живильним середовищем, а також не пліснявіє, не загниває, не розкладається.

При цьому прокладка з пінополістиролу досить стійка до активних середовищ.

Завдяки властивостям матеріалу (пінополістирол), який був використаний у виробництві сип панелей, вони наділені ексклюзивною міцністю та ідеальними теплозберігаючими властивостями.

І, що найцікавіше, що в спеку вдома із сип панелей, зберігають прохолоду.



Рисунок 1.1 - СІП панель

Для того, щоб побудувати будинок із сип панелей, не потрібно застосовувати ні великовантажну техніку, робити ґрунтовний фундамент і застосовувати «мокрі роботи». Будівництво починається із укладання стрічкового фундаменту. Це один з видів економічно вигідних фундаментів, а у разі будівництва будинку з сип панелей, важкий фундамент і зовсім не потрібний.

Технологія монтажу панелей може проводитись у будь-який час без обмежень на погодні умови. Спочатку монтуються перекриття підлоги, при яких також використовуються сип панелі, попередньо підготовлені та оброблені антисептиком та водовідштовхувальною бітумною мастикою. Під

час монтажу перекриття підлоги залишаються пази для горизонтальної каркасної конструкції. Практично, щоб встановити перекриття підлоги, достатньо кількох годин.

Потім слід установка стінових панелей, з наступною установкою дахового перекриття та монтажу даху.

Процес будівництва будинку з сип панелей значно скорочує та здешевлює будівництво. При цьому ви отримуєте високу якість, надійність та довговічність. Легкість будови дає можливість встановлювати деталі конструкції вручну, а сейсмологічна стійкість дозволяє будувати каркасні будинки в районах, де нерідкі землетруси.



Рисунок 1.2 - Будинок із СІП панелей

Будинок, побудований з сип панелей не вимагає внутрішніх робіт для вирівнювання стін, тому що панелі виготовлені ідеально рівними, і послуги малярів-штукатур вам не знадобляться, що в свою чергу знову стане економією.

СПП технологія – це різновид СПП панельного будівництва, оскільки будинок збирається з конструкційних панелей, виготовлених у заводських умовах. З іншого боку, зазвичай (за рідкісними винятками) для з'єднання СПП панелей використовують дерев'яний брус. В результаті всередині СПП конструкції формується жорсткий дерев'яний каркас, який здатний нести навантаження, що передається на стіни, перекриття та дах будівлі. Сполучний брус у СПП є нічим іншим як стійкою, балкою або кроквою класичного дерев'яного каркасу. Такий будинок можна вважати сміливо каркасним. СПП технологія будівництва вже понад півстоліття застосовується у країнах Північної Америки та Європи.

Правильно виготовлені СПП панелі дуже міцні. З них можна будувати конструкції (стіни, перекриття, дахи) без каркасу.

СПП панелі і без каркасу з величезним запасом витримують і навантаження від ваги будинку та поперечне навантаження від ураганних вітрів чи снігу на даху. А синтез двох силових систем (дерев'яного каркасу і СПП) призводить до того, що будинки з СПП панелей, зістикованих на дерев'яному брусі, у кілька разів (у 4-8 разів за різними оцінками) міцніші за звичайні каркасні.

Будинки, побудовані із застосуванням СПП, витримують землетруси, торнадо і навіть дерева, що падають. На малюнку 3 показаний будинок з СПП після торнадо, що зруйнував 27 будинків (Клермонт, штат Джорджія, США, 1998 р.):



Рисунок 1.3 Будинк, побудований із застосуванням СПП

На наступному фото наслідки ураганного вітру 120 км/год (Нампа, штат Айдахо, США):



Рисунок 1.4 - Наслідки ураганного вітру

Як видно, ураган зруйнував усе, що зібрано не із СІП панелей, включаючи кроквяну систему даху будинку та каркасний госпблок.

Щоб наголосити на ролі СІП панелей як несучих елементів конструкції, СІП технологію іноді називають безкаркасною. Часто СІП панелі з'єднують між собою за допомогою шпонок з OSB-3 або за допомогою сплайнів (термовставок), що нарізаються з СІП меншої товщини.

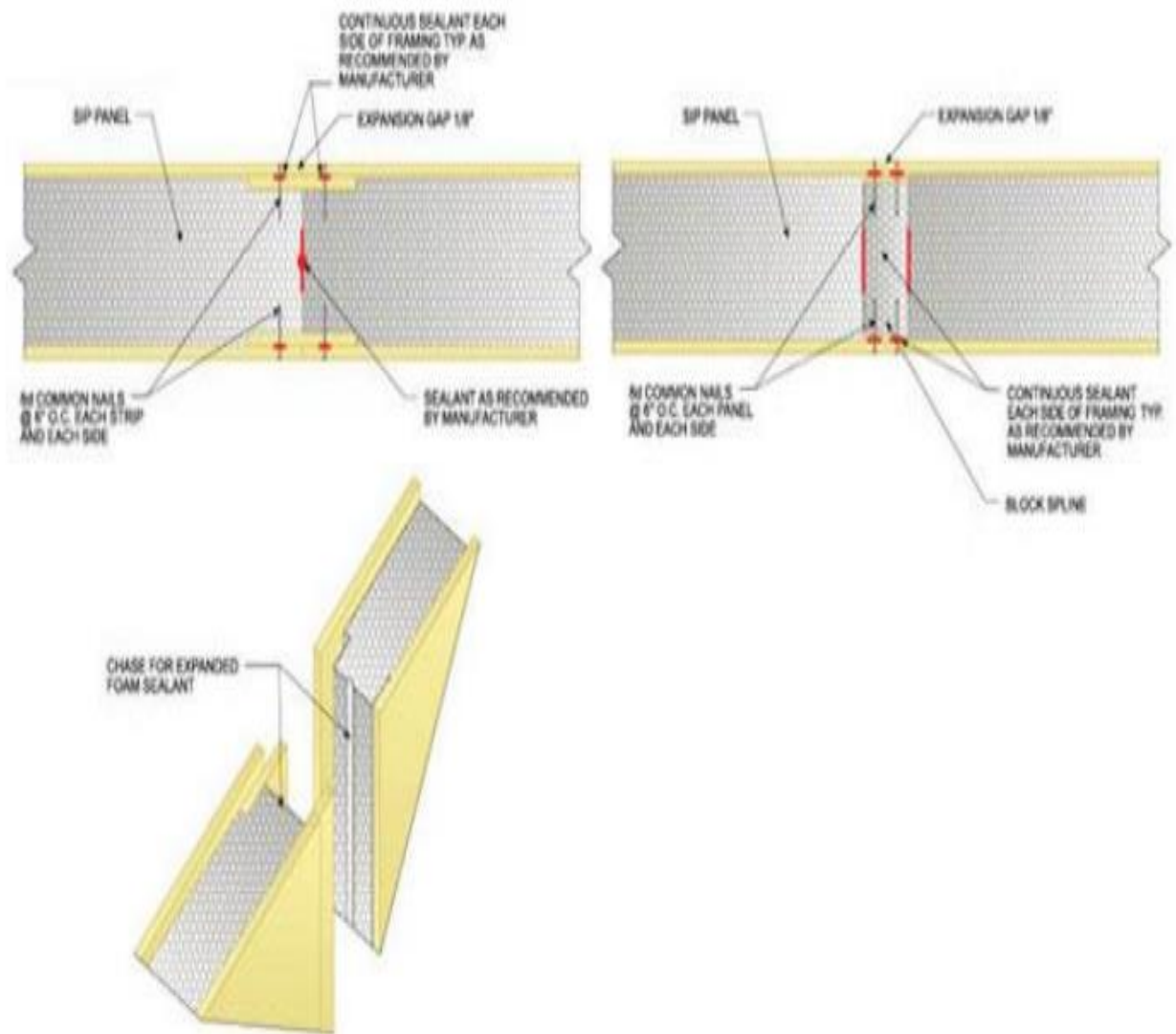


Рисунок .1.5 - З'єднання Сип панелей

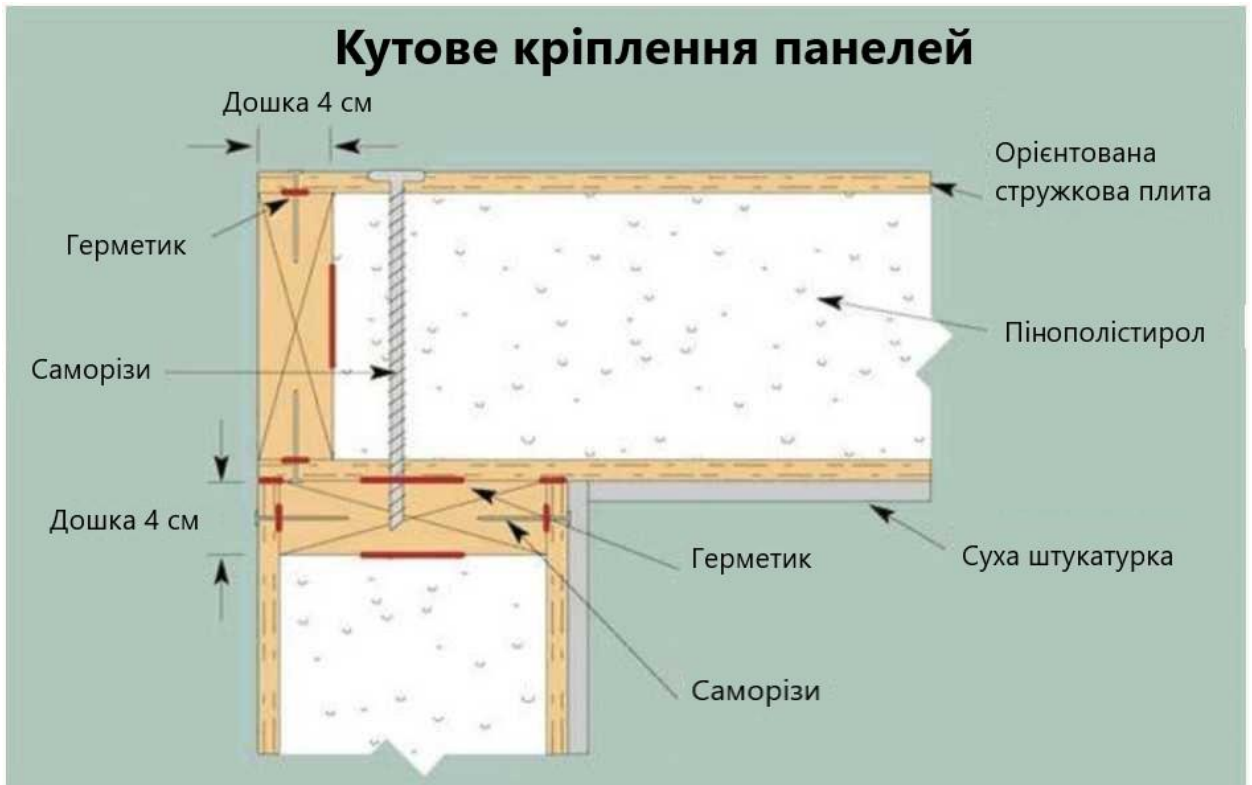


Рисунок 1.6 -З'єднання СІП панелей



Рисунок 1.7 -З'єднання СІП панелей

Для з'єднання зазвичай використовують класичну схему та стикують СІП панелі на дерев'яному (несучому) брусі. Така конструкція знімає питання довговічності. Основу несучої конструкції будинку становить дерев'яний каркас, а деревина – це перевірений віками матеріал. Якщо забезпечені відповідні умови, термін служби дерев'яних виробів практично необмежений. Старовинні каркасні (фахверкові) будинки стоять уже багато століть. Дерев'яний каркас усередині СІП конструкцій робить будинок ремонтпридатним, тобто. вічним.

Слід зазначити, що не обов'язково всю коробку будинку збирати з СІП панелей. Як приклад фото будівництва зрубу з дахом із СІП



Рисунок 1.8 - Дахом із СІП

Зазвичай із СІП збирають несучу конструкцію будинку - несучі стіни, перекриття та дах, але можна застосовувати СІП і для влаштування міжкімнатних перегородок, і просто для утеплення конструкцій, що

захищають. Наприклад СІП панелями можна обшити силовий каркас будівлі, що несе. На рисунку 1.9 відображено момент збирання будинку на металевому каркасі:



Рисунок 1.9 - Момент збирання будинку на металевому каркасі

У багатоповерховому будівництві із СІП там часто застосовується саме така схема.(рисунок 1.10)



Рисунок 1.10 - Багатоповерхове будівництві із СІП



Рисунок 1.11 - СІП панелі даху

В індивідуальному будівництві опорний каркас часто використовують при влаштуванні перекриттів та дахів із СІП. Несучі балки, на які спираються СІП панелі даху або перекриття, називаються прогонами. (рисунок 1.11)

Таким чином, у реальних СІП конструкціях тісно переплітаються елементи класичного каркасу та СІП панелі. Тому СІП технологію нерідко називають каркасно-панельною.

ІІІ технологія є розширенням, а не альтернативою каркасної технології будівництва. Грамотне застосування СІП панелей у конструкції дозволяє покращити характеристики будинку.

Перша СІП панель спеціально для будівництва житлових будинків була виготовлена в США. Правильніше було б називати СІП технологію північноамериканської.

1.2 Переваги та недоліки

СІП технологія, як і будь-яка інша, має свої плюси та мінуси. Розглянемо спочатку суттєві переваги. Багато хто з них взаємопов'язаний.

1. Унікальний теплозахист: будинки з СІП панелей тепліше каркасних в 1,5 рази і в багато разів тепліше цегляних, дерев'яних, газосилікатних і т.п. будинків;

2. енергозбереження: економія (у кілька разів) на опаленні на 30% більше корисних квадратних метрів, а це велика кімната на кожному поверсі;

3. доступність: витрати на будівництво відносно невеликі мінімальні терміни будівництва – тепла коробка будинку зводиться за 1-2 тижні.

4. будинки з СІП не дають усадки, тому відразу після збирання можна починати оздоблювальні роботи;

5. мала вага СІП конструкцій;

6. не потрібний дорогий фундамент: гвинтовий фундамент встановлюється за 1 день;

7. простота складання, не потрібна спецтехніка;

8. заводське виготовлення панелей: панельна технологія будівництва мінімізує шлюб недобросовісних чи недосвідчених будівельників;
9. будувати можна цілий рік;
10. мінімум шкоди ландшафту;
11. у будинку з СІП комфортно і в холоднечу, і в спеку;
12. будинок із СІП швидко прогрівається і повільно остигає;
13. не потрібна потужна система опалення, не потрібні кондиціонери;
14. надійність та невибагливість в обслуговуванні;
15. будинок із СІП надзвичайно міцний;
16. "зелена технологія" - ладу із СІП, ви захищаєте навколишнє середовище;

У багатошарових конструкціях проблеми зазвичай виникають межі шарів. Одне з правил улаштування теплих стін: між утеплювачем і сусідніми несучими або оздоблювальними шарами не повинно бути повітряних зазорів (порожнин), що не вентилюються. В іншому випадку можливе скупчення вологи і, як наслідок, порушення теплозахисту, пліснява, швидке руйнування конструкції і т.д. Якщо не передбачений зазор, що вентилюється, утеплювач повинен приклеюватися всією поверхнею. Виконати це в умовах будівництва складно з цілком зрозумілих об'єктивних та суб'єктивних причин. Звідси хвороби багатьох російських новобудов.

У СІП панелі, що склеєна в заводських умовах під пресом, повітряних зазорів немає. Крім того, СІП не потребує додаткової вітро- та пароізоляції. У СІП відсутні проблеми, властиві багатошаровим конструкціям. Для нас, як будівельників, це головна перевага СІП технології. У цьому відношенні стіна з СІП схожа на однорідну стіну з каменю, дерева, пінобетону, піноскла, поризованої цегли і т.п. З одним зауваженням: теплопровідністю ці стіни навіть порівнювати не можна.

У СІП технології чудовий потенціал у сфері будівництва енергоефективних будинків. Конструкції із СІП панелей дуже теплі. СІП стіни, СІП даху та СІП перекриття зберігають тепло як термос.

Порівняно з енергоефективними каркасними будинками, утепленими мінватою, у стінах із СІП панелей менше містків холоду. Але проблема каркасної технології далеко не у "містках холоду" (виняток - металеві каркаси). Проблема містків холоду в каркасі вирішується дуже просто. Влаштування "подвійного каркаса" практично стало нормою. Тільки ефект від влаштування теплового розриву у стійках каркаса невеликий. Просте збільшення товщини шару утеплювача в каркасній стінці дає набагато більше. Але з'являється перешкода. Ширина пиломатеріалу більше 200 мм – це розкіш. Тому подвійний каркас, скоріше, вимушений захід при переході до товстих стін.

Американські дослідники (Oak Ridge National Laboratory) з'ясували, що при однаковій товщині стіна з СІП насправді тепліша за каркасну стіну, утеплену мінватою, більш ніж в 1,5 рази. А за даними АСМЕРpanel стіна з СІП тепліша за каркасну, утеплену скловату, практично в 2 рази. Названо три причини:

1. Щільні утеплювачі в СІП панелях значно ефективніші, ніж звичайні утеплювачі мінераловатні, що застосовуються в каркасниках. Теоретично шар пінополістиролу 150 мм замінює 200 мм сухої мінвати. Насправді потрібно 250 мм мінвати, щоб вийти на рівень теплозахисності СІП із шаром ПСБ 150 мм.

2. З часом відбувається зниження теплових характеристик каркасної стіни через зволоження та усадку мінвати.

3. Дефекти монтажу каркасних стінок.

Причому американці вказують такі дефекти монтажу, як "заокруглені краї утеплювача на стику з каркасом, стиск утеплювача навколо кабелів електропроводки, паперова обгортка, закріплена скобами до внутрішніх поверхонь стійок каркасу", які у нас і дефектами не вважаються. В Україні необхідно додати четверту причину – людський фактор. Шлюб при утепленні каркасних стін зводить нанівець усі зусилля у боротьбі за енергозбереження. Можна з великою впевненістю стверджувати, що відмінність характеристик

стіни із СІП та звичайної каркасної стіни в Україні більш разюча, ніж у Північній Америці.

Стіни із СІП панелей дуже теплі. Щоб досягти таких же показників, цегляна стіна має бути в 15 разів товщі за СІП панель. Це вирок. Ніколи цегляна стіна без утеплювача не буде такою ж теплою як СІП.

СІП панелі застосовують при будівництві у місцях, де температура повітря досягає показників -50°C . Унікальні енергозберігаючі властивості стін із СІП перевірені на Південному полюсі (середньорічна температура повітря – 49°C , максимальна -15°C , мінімальна -74°C). Фото Міжнародної полярної станції із СІП панелей (Рис.12, 13)



Рисунок 1.12 - Міжнародна полярна станція із СІП панелей



Рисунок 1.13 - Міжнародна полярна станція із СІП панелей

Площа полярної станції – 15 тисяч м²). Це американський астрофізичний проєкт D.A.S.I. - South Pole СІП Project. Докладніше з полярною станцією Амундсена-Скотта, побудованою у 2008 році за СІП технологією.

Постійна економія: власники будинків із СІП платять за опалення у кілька разів менше (за деякими оцінками у 5-6 разів для СІП 164 мм), ніж власники "традиційних" будинків. У цьому сенсі канадський будинок – вигідне вкладення коштів. Наші розрахунки для Московської області показали, що заміна цегляних стін завтовшки 500 мм на СІП 174 мм у двоповерховому будинку корисною площею всього 130 м² дає за рік економію близько 30 тис. кВт^годину енергії на опалення. За цінами на електроенергію 2011 це майже 100 000 грн. За планом уряду 2012 року ця цифра збільшиться на 11,5%.

Нині опалювати канадський будинок дорогою електрикою під силу багатьом. Існують певні економічні міркування на користь цього виду енергії.

Витрати на встановлення електрообігрівачів (електроконвекторів, інфрачервоних обігрівачів та ін.) мізерні в порівнянні з системами опалення на газі, рідкому або твердому паливі. Гроші, які необхідні для підключення будинку до магістрального газу, є достатніми для постійного опалення будинку з СІП електрикою протягом багатьох років. Необхідна для опалення канадського будинку максимальна потужність набагато нижча за традиційні 1 кВт на 10 м² (за нашим досвідом в середньому в п'ять разів). Як резерв можна встановити піч, камін або генератор невеликої потужності, на випадок відключення електропостачання.

Якщо зробити все грамотно: встановити енергозберігаючі вікна та двері, зробити теплі перекриття (у тому числі із СІП як варіант), то основні витрати в канадському будинку підуть на обігрів свіжого повітря для вентиляції приміщень, що за сучасними нормативами становить лише 10-15% загального обсягу тепловтрат. Та й ці втрати можна знизити рекуператором.

Ще одна з переваг СІП технології впливає з того, що стіни з СІП не такі товсті, як кам'яні. При однаковій площі забудови біля канадського будинку найбільша корисна площа приміщень. У середньому за розмірами котеджі лише зовнішні стіни з облицьованого цеглою газобетону товщиною 450 мм займають п'яту частину загальної площі. Це втрата великої кімнати на кожному поверсі. А є ще й внутрішні несучі стіни та перегородки. Ми підраховали: у кам'яному будинку корисна площа менша за площу поверхів за зовнішнім периметром приблизно в 1,5 раза, тоді як для будинків із СІП цей показник близький до 1,15. За однакової площі забудови біля канадського будинку корисна площа більша на 30%.

Світлі кімнати – це одне із перших вражень від знайомства з канадським будинком. Ефект покращення освітленості приміщень через віконні отвори теж є наслідком відносно невеликої товщини зовнішніх стін із СІП панелей. У будинках із товстими стінами вікна схожі на бійниці. Щоб досягти нормальної освітленості, доводиться збільшувати площу скління. А це, у свою чергу, призводить до значного збільшення тепловтрат. Навіть через якісний

склопакет іде тепла приблизно в 10 разів більше, ніж через СІП панель тієї ж площі.

Витрати на "опалення вікон" дуже значні у замиському будинку. Наші розрахунки та спостереження показали, що в середньому за розмірами будинку (150 м²) при нормальному склінні на компенсацію тепловтрат через вікна витрачається стільки ж енергії, скільки на гаряче водопостачання, готування, освітлення та очисну станцію разом узяті при постійному проживанні (близько 6 тис.). кВт[^]годину протягом року). У кам'яних будинках крім великих вікон доводиться опалювати ще й "крижані" віконні укоси.

Канадський будинок швидко прогривається за рахунок малої теплоємності стін. Це порадує тих, хто відключає або приглушує опалення взимку, але на вихідних любить побувати за містом. Будинок із масивними стінами протопити складніше. Розрахунки показують, що на прогрівання будинку зі стінами з цеглини потрібно витратити приблизно в 30 разів більше енергії, ніж на прогрівання будинку з СІП панелей із тією ж корисною площею. Через велику теплоємність кам'яних стін багато городян у вихідні дні перетворюються на опалювачів, ледве встигаючи за вихідні дні протопити свій замиський будинок, щоб знову залишити його замерзати до наступних вихідних.

Теплова інерція будинку залежить від двох факторів: від кількості накопиченого всередині будинку тепла та швидкості його теплообміну з довкіллям. Канадські будинки мають велику теплову інерцію за рахунок високого теплоопору стін. Практика показує, що тепла, накопиченого домашніми речами, меблями, оздобленням, достатньо для підтримки комфортної температури при відключенні опалення протягом тривалого часу. Додаткові акумулятори тепла канадському будинку не потрібні. Навіть у сильний мороз при вимкненому опаленні за добу температура всередині приміщень у будинку із СІП 174 мм падає лише на кілька градусів. Причому цей показник можна покращити. Як зазначалося вище, в канадському будинку тепло йде переважно через вікна та двері. Енергозберігаючі вікна та двері

підвищують теплову інерцію. Крім того, вентиляція будь-якого будинку передбачає підсмоктування холодного повітря зовні. Будинок із СПП якщо й можна порівнювати з термосом, то лише з відкритим, тобто. без кришки. Системи рециркуляції повітря з рекуперацією дозволяють зменшити втрати тепла від вентиляції.

Канадський будинок чудово підходить для постійного проживання. Це перевірено часом. У канадському будинку комфортно будь-якої пори року. Нічна літня прохолода добре зберігається в канадському будинку протягом усього дня. Дослідження по запорізькій області показали наступне: 27 липня 2021 року, опівдні 12-00, температура повітря зовні більше 36°C у тіні, нестерпна спека стоїть уже кілька тижнів, побиті всі рекорди за десятки років спостережень, температура повітря на першому поверсі канадського будинку (стіни СПП 174 мм) 25 ° С без будь-яких кондиціонерів.

У порівнянні з цегляним, бетонним і навіть дерев'яним будинком із бруса канадський будинок дуже легкий. Один квадратний метр стіни із СПП важить всього близько 15-20 кг, тоді як вага м² звичайної цегляної стіни може досягати тонни. Це дозволяє значно знизити витрати на влаштування фундаменту. Типовий фундамент для канадського будинку в запорізькій області – це стрічковий дрібнозаглиблений або на гвинтових палях.



Рисунок 1.14 - Типовий фундамент для канадського будинку

Можливість встановлення будинку з СІП панелей на гвинтовий фундамент - це велика перевага. У пальово-гвинтового фундаменту багато переваг. Серед них чудова вентиляція підпілля, необхідна для довгої служби дерев'яного перекриття, та можливість безпроблемного пристрою до будинку додаткових площ.

У разі слабких ґрунтів легкий будинок – найкраще рішення. Надбудови над існуючими поверхами – і тут легкі конструкції незамінні.

Зведення стін за канадською технологією сьогодні є маловитратним способом будівництва. За абсолютним значенням. Але якщо порівнювати конструкції з однаковими теплозахисними характеристиками, економія від використання СІП становить сотні відсотків.

З погляду СІП технології в утепленій зовні кам'яній стіні її кам'яна частина є дорогою внутрішньою обробкою. Те саме можна сказати і про утеплені стіни з бруса. Кому подобається зовнішній вигляд стін з клеєного бруса або колоди, просто обшивають СІП дерев'яною вагонкою, що імітує брус (колоду), а не самим брусом. Зовні, ті ж дерев'яні стіни, але дешевші, швидше, і, найголовніше, краще теплозахисту. І усадки не буде.

Стіни із СІП іноді обкладають цеглою. Про це необхідно подбати на етапі влаштування фундаменту, зробивши його трохи ширшим. Стіни із СІП допускають оздоблення "навісною цеглою" (рис.1.15):



Рисунок 1.15 - Стіни із СІП

Але більш практично обробляти стіну із СІП під цеглу або камінь декоративними фасадними панелями. Вибір величезний. Від цокольного сайдингу до термопанелей із клінкерною плиткою.

Будівництво із СІП - це економія не лише на матеріалах. Будівельно-монтажні роботи недорогі. Не потрібна спецтехніка, на яку нерідко потрібна організація під'їзду тощо.

Економія часу: темпи будівництва із СІП панелей у десятки разів перевищують традиційні технології. Домокомплект середніх розмірів 150-200 м² наша бригада збирає менш ніж за 2 тижні. Малий термін будівництва - це дуже важлива перевага СІП технології. Багато людей не хочуть роками "терпіти" присутність сторонніх людей на своїй ділянці.

Стіни із СІП панелей мають рівну поверхню. Це знижує витрати сил, часу та грошей на оздоблення. Плита OSB-3, приклеєна всією поверхнею до пінополістиролу, не коробиться від зовнішніх впливів, як це відбувається з плитними матеріалами, нашитими на каркас або решетування. Це означає, що обробку СІП стін "не поведе" з часом.

Гіпсокартон у канадському будинку часто монтується на СІП без напрямних металевих профілів. Це крім економії коштів та часу дає додаткову потрібну вигоду:

- підвищується пожежна безпека стін через відсутність повітряних зазорів, що сприяють поширенню полум'я;
- покращується шумоізоляція;
- зводиться нанівець такий недолік ГКЛ, як крихкість.

На стіну із СІП, навіть обшиту таким крихким матеріалом як гіпсокартон, у будь-якому місці за допомогою звичайних шурупів можна повісити найважчу полицю. Сила, необхідна для того, щоб висмикнути шуруп з OSB-3 12 мм, більше 130 кг. І це нормали до поверхні стіни. А полиця тягне шуруп на зріз. Тому СІП панелі часто застосовують і виготовлення внутрішніх перегородок канадського будинку.

Після облицювання гіпсокартоном або іншими негорючими плитними матеріалами (ГВЛ, СМЛ тощо) без повітряного зазору стіни із СПП наближаються до оштукатурених кам'яних стін – вони дуже міцні та довго протистоять вогню.

Оздоблювальні роботи можна починати відразу ж після завершення збирання коробки будинку. Конструкції із СПП не дають усадки. Навіть кам'яні будинки дають усадку, що проявляється тріщинами у штукатурці. Але для дерев'яних будинків усадка – це просто бич. Декілька років усадки (10-15%) дерев'яного будинку до початку експлуатації, і ударна доза усадки після включення опалення - це дуже неприємно. Довгобуд вимотує. До того, як Ваш сусід приступить до оздоблення (і утеплення) свого будинку з бруса, Ви вже кілька років насолоджуватиметеся заміським життям у сучасному канадському котеджі.

Зважаючи на відносно малу вагу панелей ніколи не виникає проблем з доставкою матеріалів безпосередньо на об'єкт.

Процес складання будинку із СПП-панелей досить чистий. Мінімум шкоди ландшафту та екології. Майже всі відходи утилізуються дома. Дерева, що стоять поряд, можна зберегти, оскільки вони не створюють перешкод зборці канадського будинку.



Рисунок 1.16 - Процес складання будинку із СПП-панелей

Будувати за канадською технологією можна цілий рік. З низки причин зимове будівництво виявляється вигіднішим: і ціни на будматеріали нижчі, і вибір пиломатеріалів краще, і кваліфіковані будівельники менше зайняті. Взимку будівництво ведеться без поспіху. Робітників ніхто не підганяє. Це сприяє підвищенню якості. Взимку менше бруду на будмайданчику, дерев'яні конструкції не заливають дощі. Єдина незручність - світловий день малий, і часто інструмент доводиться збирати вже за світла прожекторів.



Рисунок 1.17 - Процес складання будинку

Фундамент для канадського будинку на гвинтових палях встановлюється взимку без проблем.



Рисунок 1.18 - Фундамент для канадського будинку на гвинтових палях

Будівництво із СПП взимку – це весь наступний дачний сезон уже у своєму теплому будинку.

Неважко помітити, що опис переваг СПП технології багато в чому повторює те, що зазвичай пишуть про класичне каркасне житлове будівництво. Якщо не брати до уваги зазначені вище підвищену міцність, теплозахищеність та відсутність у СПП проблем з утеплювачем, то основну відмінність цих конструктивних схем можна сформулювати так: стіни з панелей збираються швидше та простіше, ніж каркасні стіни. За американськими даними застосування СПП дає економію праці 55% порівняно з традиційним каркасним будівництвом. Чим простіша технологія, тим вища якість.

Будівництво каркасного будинку більш вимогливе до кваліфікації працівників:



Рисунок 1.19 - Будівництво каркасного будинку

Підсумуємо основні переваги СІП технології порівняно з класичною каркасною технологією:

- Застосування СІП збільшує більш ніж в 1,5 рази теплозахист порівняно з каркасом, що утеплює мінвата.
- Застосування СІП значно спрощує та прискорює складання конструкції.
- Застосування СІП у кілька разів посилює конструкцію будинку, що несе.
- У стінах із СІП немає зволоження та усадки утеплювача, що знижують теплозахист з плином часу.
- Вітрозахисні та пароізоляційні мембрани, що захищають утеплювач у класичному каркасі, у СІП конструкціях не використовуються. Менше роботи, менше шлюбу, вища надійність.
- Плита OSB-3, приклеєна до щільного утеплювача, не коробиться з часом, як це часто відбувається з обшивкою каркасу.
- СІП конструкції на відміну дерев'яних каркасів не схильні до деформацій внаслідок усихання деревини.
- Витрата матеріалів на каркас менша через те, що частина

навантаження забирає на себе СІП панель.

■ Якість каркасного будинку дуже залежить від кваліфікації та сумлінності будівельників. СІП технологія, як і будь-яка панельна технологія, знижує вплив людського фактора.

Недоліки.

До недоліків можна віднести такі параметри:

- горючість;
- гризуни;
- дерев'яні елементи;
- шумоізоляція;

Вентиляція.

Більшість недоліків будівельних матеріалів та технологій усуваються у будівельних конструкціях стандартними прийомами та з малими витратами. Сьогодні немає ідеальних у всіх відносинах будівельних технологій та матеріалів. З цієї причини суперечки не вщухають. І всі технології хороші та активно використовуються у малоповерховому будівництві.

Горючість.

Порівняємо щодо горючості будинок із СІП із дерев'яним. Горючі будівельні матеріали часто порівнюють із деревиною тому, що деревина як оздоблювальний чи конструкційний матеріал питань у населення зазвичай не викликає. Дерево як будівельний матеріал завжди користувалося величезною популярністю, хоча за всіма показниками це один із найбільш пожежонебезпечних будівельних матеріалів.

СІП панель без обробки, як і будь-яка дерев'яна конструкція, має третій ступінь вогнестійкості К3. Відповідно до чинних нині нормативів область застосування СІП панелей у будівництві будівель та споруд така сама, як і у деревини. Конструкції класу К3 допускається використовувати в одноквартирних та блокованих житлових будинках.

Пінополістирол ПСБ-25 на 98% складається з повітря. Пального полістиролу в ПСБ-25 дуже мало - лише 2%. Тому при горінні пінополістирол

виділяє у 7-8 разів менше теплової енергії, ніж суха деревина того самого обсягу. Порівнювати деревину та пінополістирол за вагою, як це роблять усі без винятку противники пінополістиролу, не можна. Кубічний метр ПСБ-25 важить 15-17 кг, а м3 сухої деревини – 500 кг. Якщо за обсягом в конструкції будинку ці матеріали можна порівнювати, то за масою навіть близько ставити не можна. Матеріалу, що підтримує горіння, в канадському будинку набагато менше, ніж у звичайному дерев'яному.

Пінополістирол менш пожежонебезпечний, ніж деревина, оскільки він займається при більшій майже в 2 рази температурі.

У разі пожежі всі горючі матеріали виділяють токсичний дим. Навіть скловата. При пожежі дим пінополістиролу менш токсичний порівняно з димом деревини, вовни, шкіри, пінополіуретану (ППУ) та багатьох інших будівельних матеріалів. Втіха слабка, хоч і не так страшно, як намагаються представити деякі критики пінополістиролу. При горінні пінополістирол ПСБ не виділяє якихось бойових отруйних речовин типу "фосгену".

При відкритому горінні полістиролу виділяється густий чорний дим із-за великого вмісту в ньому сажі.

Сажа – це вільний вуглець, який не є токсичним. Солодкуватий запах при плавленні пінополістиролу – це стирол. Великі концентрації стиролу (>600 ppm) повітря викликають подразнення очей і нудоту, але запах стиролу стає людині нестерпним вже за концентрації >200 ppm, тобто. до того, як його концентрація стає небезпечною. Цей нестерпний запах попередить необхідність термінової евакуації людей. Летальний результат від вдихання парів стиролу при пожежі не настане (показник гострої токсичності за стиролом LD50 після 30 хвилин (.) впливу – 10000 ppm). Для розуміння: 1 ppm – це більше 2 тисяч ГДК для повітря. Більш повна інформація щодо токсичності стиролу дана нижче. Для конверсії одиниць за стиролом:

$$1 \text{ ppm} = 4,26 \text{ мг/м}^3$$

При розвитку пожежі стирол, що виділився з пінополістиролу, піддається подальшому розкладанню на окис вуглецю, вуглекислий газ і воду.

Висновок дослідників однозначний: при пожежі основну токсичну небезпеку від горіння пінополістиролу, як і при горінні деревини, становить окис вуглецю (чадний газ).

Чадний газ на відміну від стиролу не має ні запаху, ні смаку, не є дратівливим. Через це чадний газ отримав назву «мовчазного вбивці». Чинить він, в першу чергу, на центральну нервову систему, і той, хто угорів, не в змозі оцінити, що з ним відбувається щось не те.

У СІП панелях як утеплювач використовується пінополістирол типу ПСБ-С (самозатухаючий, клас SE з міжнародної класифікації). Час самостійного горіння сучасного пінополістиролу, що самогасає, не перевищує 1 секунди. Щоб самогасаючий пінополістирол горів, необхідне джерело відкритого полум'я, таке як пожежа, що вже виникла.

У СІП панелі пінополістирол захищений від відкритого полум'я плитами OSB-3, які погано горять. Справа в тому, що для виготовлення OSB-3 застосовують негорюче сполучне, що утруднює горіння дерев'яної тріски. Ми провели експеримент, який моделює несправну електропроводку на СІП панелі. Застосований нами для виготовлення СІП панелей пінополістирол відповідає групі горючості Г3 (нормальнорючий), групі займистості В2 (помірнотаймистий), димоутворюючою здатністю Д3 (висока), токсичність Т2 (помірна). Для порівняння у деревини - Г4 (сильногорюча), В3 (легкотаймиста), Д2 (помірна), Т3 (високонебезпечна).

Висновок: із усього вищевикладеного слід, що конструкції з СІП панелей при пожежі, принаймні, не небезпечніші за дерев'яні.

Звичайне конструктивне рішення для підвищення вогнестійкості стін із СІП панелей - це оштукатурювання або оздоблення гіпсокартоном (ГКЛ) або гіпсоволоконними плитами (ГВЛ), причому без напрямних профілів.

Стіни із СІП панелей це дозволяють. Відсутність продукту під гіпсокартоном ускладнює поширення полум'я.

Стіна з СІП панелей оброблена гіпсокартоном протистоїть відкритому вогню понад 45 хвилин.

Гризуни.

Гризуни у СІП панелях не заводяться. Це факт, підтверджений десятиліттями експлуатації будинків із СІП не лише як житла, а й як складів, магазинів тощо.

Пінополістирол є їстівним для мишей. Це – науковий факт. Гнізда гризуни всередині СІП не влаштовують. Це свідчить практика. Небезпека гризунів для СІП є надуманою.

Основне зауваження: проблеми "СІП та гризуни" не існує. Є проблема "гризуни та утеплювачі". Саме утеплювач гризуни за наявності доступу можуть зашкодити, порушивши теплоізоляцію будинку. Не важливо, які стіни чи перекриття утеплюються – цегляні, дерев'яні чи каркасні, і який утеплювач використовується. Усі сучасні ефективні утеплювачі не встоять проти зубів гризунів без належних заходів захисту.

У СІП конструкціях пінополістирол наглухо закритий дошками та плитами OSB. Миші у природних умовах не гризуть OSB-3. Це факт, що відзначається багатьма. Є версія, що спеціальна структура плити OSB-3 створює непереборний бар'єр для гризунів. Справді, просочена сполучною тріска у складі OSB тверда і крихка, як скло. Спроба працювати з OSB без рукавичок відразу призводить до пошкодження шкіри рук. Є думка, що гризунам заважає укладання тріски в плиті OSB-3 у різних.

Дерев'яні елементи..

При будівництві будинку із СІП панелей використовується велика кількість пиломатеріалів. Обшивка СІП – плита OSB-3 на 95% складається з деревини. З одного боку це добре. Деревина - це стандарт екологічно чистого будівельного матеріалу. Надійність та довговічність деревини як конструкційного матеріалу підтверджена століттями. За умови правильної експлуатації термін служби дерев'яних елементів конструкцій практично необмежений. З іншого боку, деревина має недоліки, добре відомі будівельникам і власникам дерев'яних будинків. Деревина боїться як вогкості, і посухи. Дерево потрібно захищати від ультрафіолету та паразитів.

Постійна вогкість призводить до утворення на дерев'яних елементах плісняви та грибка. Захисні склади допомагають при короткочасному впливі вологи. Для довгої служби дерев'яних конструкцій необхідно забезпечити відповідні умови. Це не складно. Питання вирішується вентиляцією проблемних місць (продухи у цоколі, вентиляований фасад, перфорація софітів тощо).

Через анізотропну структуру деревини деформування пиломатеріалів через усихання завжди відбувається нерівномірно. Приводить це до викривування та згинання дерев'яних елементів конструкції. Клеєні пиломатеріали за рахунок більш ізотропної структури менш схильні до таких деформацій, але хто не бачив клеєного бруса або кривих фанерних листів?

OSB-3 зроблена з дерев'яної тріски, тому успадковує частину недоліків деревини. OSB-3 не є обробним матеріалом для фасадів. Будинку із СІП необхідне зовнішнє оздоблення.

Від ультрафіолету сонячних променів дерев'яна тріска в OSB-3, як і будь-яка деревина, швидко темніє. Особливо перші дні перебування на сонці. Через це верхні панелі у складеному штабелем домокомплекті за кілька днів перебування під сонцем починають відтінком виділятися серед інших, а зібраний будинок у перші дні іноді трохи нагадує шахівницю. Через деякий час інші панелі "наздоганяють лідерів" за кольором. На це можна не звертати уваги, оскільки потемніння від сонячних променів - лише косметичний ефект, що не впливає на міцність і довговічність СІП конструкції.

Якщо довгий час не захищати СІП від дощів та сонячних променів, то захисне водовідштовхувальне покриття OSB-3 порушується, і періодичне зволоження поверхні СІП опадами призводить до відшаровування окремих трісок. Відбувається це не за тиждень чи місяць, але за рік-два зміни Ви точно помітите.

Крім того, без зовнішнього оздоблення від сонячних променів швидко руйнується монтажна піна, якою в СІП конструкції герметизують стики. Зовнішні дерев'яні елементи конструкції від сонячної спеки усихають та

розтріскуються. З'являються проміжки. Якщо їх вчасно не герметизувати тією ж монтажною піною або силіконовим герметиком, то за косих дощів можуть бути протікання.

Шумоізоляція.

Здатність матеріалів пропускати звук залежить від частоти. Якийсь діапазон частот ізолюється добре, інший – проникає майже без втрат. У будівництві ступінь шумоізоляції повітряних шумів (індекс R_w) визначають усередненням по діапазону частот. Чим R_w вище, тим краще шумоізоляція. Норми по R_w прописані в БНіП. В інших країнах такий самий підхід до нормування шумоізоляції у будівництві. Але усереднена характеристика R_w має мінуси. Наприклад, можлива ситуація, коли легка каркасна перегородка з ГКЛ та мінвати має індекс R_w вище, ніж у цегляна стіна такої ж товщини. Каркасна перегородка значно краще ізолює звуки голосу, що працює телевізора, дзвінок телефону або будильника, ніж цегляна стіна. Але звук сабвуфера домашнього кінотеатру ефективніше знизить цегляну стіну.

За високими частотами СІП панель глушить звук на 70 dB. Але якщо Ви захочете зробити Ваш будинок по-справжньому тихим, потрібно взяти додаткових заходів.

І це не якась особливість стін із СІП. Наприклад, каркасна стіна, ізольована мінватою, по шумоізоляції мало чим відрізняється від СІП стіни. Більш того, щодо шумів усі конструкційні (міцні) матеріали мають не найкращі характеристики. У сучасних багатоповерхівках перегородки з гіпсу, бетону чи піноблоків від шуму сусідів не завжди добре захищають. Не треба чекати дива від міцних, але щодо легких перегородок із СІП панелей. Звук вони глушать, але багатьом може знадобитися найкраща звукоізоляція. Ми рекомендуємо обробку стін гіпсокартоном.

Сьогодні шумоізоляція будівельних конструкцій не є великою проблемою. Для ефективної боротьби з шумом створені спеціальні звукоізолюючі та (або) звукопоглинаючі матеріали та розроблені спеціальні конструктивні схеми.

Оздоблення СІП-стін гіпсокартоном кардинально покращує шумоізоляцію. Через СІП панель товщиною 174 мм фанеровану гіпсокартоном в один шар шум від телевізора або розмови із сусідньої кімнати практично не проникає. Звук здається тихішим, ніж цокання годинника, і спати не заважає. Це за відчуттями, що є суто індивідуальним. Як об'єктивніший експеримент ми включали акустичну систему на 80 dB, що відповідає шуму на жвавій московській вулиці. Виміри приладом у сусідній кімнаті показали 40 dB, що відповідає тихій житловій території чи парку. У бетонних багатоповерхівках звукоізоляція буває набагато гіршою.

Вентиляція.

За нормативами повітря у житловому приміщенні повинне оновлюватися приблизно щогодини. Це стосується всіх будинків незалежно від матеріалу стін. І в дерев'яному, і в цегляному, і в канадському будинку приміщення, де знаходяться люди, повинні вентилюватися, інакше повітря стає непридатним для дихання. Жоден СНиП не дозволяє використовувати для вентиляції "дихають" стіни та інші огорожувальні конструкції.

Однак людей постійно переконують, що канадські будинки потребують особливої порівняння з дерев'яними чи цегляними будинками вентиляції. Аргументують це тим, що дерево чи цегла "дихають", а каркасні стіни та стіни із СІП панелей - ні.

Насправді, повітропроникність і здатність вбирати вологу з повітря і в дерева, і в цегли незначна з погляду вентиляції житлового приміщення. Щоб хоч трохи повітря для дихання надходило через стіну, необхідний величезний перепад тиску, який не витримає жодна стіна.

Здатність дерев'яних стін вбирати вологу і виводити токсичні продукти життєдіяльності людини назовні та повітропроникність деревини дуже мало впливають на стан повітря в житловому приміщенні. Позитивний ефект від застосування "дихає" деревини, цегли, пінобетону та інших матеріалів для влаштування стін становить не більше 3% у кращому випадку.

Багато хто зазначає, що у дерев'яному будинку дихається легко. Пов'язано це з тим, що в дерев'яних будинках зазвичай прекрасна природна вентиляція. Свіже повітря постійно підсмоктується зовні через численні щілини. Це називається інфільтрацією. Говорячи технічною мовою, повітропроникність дерев'яної конструкції в кілька сотень разів перевищує повітропроникність самої деревини. Дерев'яний будинок дихає не стінами, а щілинами.

Сучасні вікна та входні двері герметичні (теоретично). Якщо вони будуть постійно закриті, вентиляція можлива тільки через щілини в стінах і перекриттях. У дерев'яному будинку це не критично – щілин вистачає й у стінах. У кам'яних та інших будинках господарям вже доводиться згадувати про регулярне провітрювання, а виготовлювачам - вносити в конструкцію вікон різноманітні удосконалення типу щілинного (зимового) провітрювання або віконних клапанів.

Інше просте рішення – врізання вентиляційних припливних клапанів у стіни. По суті, це отвір у стіні з кришкою, що дозволяє регулювати об'єм повітря, що надходить з вулиці (інфільтрації). Умільці роблять клапани самі, але вже з'явилися у продажу та промислові зразки (клапани "Домвент" та ін.).

Дихається в будинку з СІП без будь-яких технічних примочок чудово. Більшість будинків із СІП панелей експлуатуються із природною вентиляцією. Немає ніякої задухи чи підвищеної вологості. Ставлять навіть електронні зволожувачі повітря, щоби підняти вологість повітря для більш комфортного та здорового дихання.

Для кухні та санвузлів потрібен більш інтенсивний повітрообмін. Саме в цих приміщеннях і мають природні або примусові витяжки. Свіже повітря надходить через вікна та щілини спочатку у житлові кімнати, потім – у підсобні приміщення, де розташовані витяжки. Природно в підсобних приміщеннях виходить інтенсивніший повітрообмін.

Багато хто пов'язує проблему вентиляції канадського будинку з низькою паропроникністю СІП панелей. Насправді низька паропроникність - це

гідність СІП. Через те, що точка роси в холодну пору року виявляється всередині стіни, пара, що проникла в стіну, може не вийти назовні, а залишитися в стіні у вигляді конденсату. Волога всередині стін – це завжди погано. Знижується теплоопір стіни та термін її служби. Через вогкість утворюється грибок, пліснява. Погіршується мікроклімат у приміщеннях.

Паропроникність у цегли вдвічі вища, ніж у деревини поперек волокон, тому подивимося на "дихання" цегляних стін. Потік водяної пари, що проходить через стіни з цегли, становить 0,5-3% всього потоку водяної пари, що усувається з житла. Цегляні та дерев'яні стіни без щілин не в змозі навіть частково замінити вентиляцію у функції усунення водяної пари з приміщень.

За науковими даними виходить, що кімнати в канадському будинку потрібно провітрювати максимум на 0,5-3% частіше або довше, ніж у цегляному або дерев'яному будинку (без щілин).

1.3 Висновок по 1-му розділу.

За сукупністю показників ми вважаємо СІП панелі одним із найкращих матеріалів для зведення несучої конструкції теплого індивідуального будинку.

Щодо невеликого бюджету зведення СІП конструкції – це приємний момент, але не найголовніший. У певних умовах СІП панелі – найкращий вибір і з інших причин.

Багатьох приваблює швидкість зведення. Отримати бажаний результат швидко та з розумними витратами – це сучасний стиль життя. СІП технологія унікальна щодо цього. Радісний (а нерідко і вкрай необхідний) момент можливості жити у своєму будинку настає відразу після встановлення вікон та вхідних дверей у коробку будинку з СІП панелей.

З усіх переваг СІП технології ми особливо виділили високі міцнісні і теплоізоляційні характеристики огорожувальних конструкцій з СІП протягом усього терміну служби, що забезпечено промисловим виготовленням панелей.

Як і всі сучасні технології будівництва методом PRE-CUT, технологія СП дозволяє вивести будівництво індивідуальних будинків на індустріальний рівень, мінімізувавши ризик негативного впливу людського фактора.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

2.1 Методи досліджень

Даний матеріал досліджували на звукопоглинання, масопоглинання та на коефіцієнт втрат.

Випробування на теплопровідність.

Випробування проводили на електронному вимірювачі теплопровідності ІТП – МГ4.



Рисунок 2.1 - Електронний вимірювач теплопровідності ІТП-МГ4

Сутність методу полягає у створенні теплового потоку, спрямованого перпендикулярно до найбільших меж плоского зразка певної товщини, вимірювання щільності стаціонарного теплового потоку та температур на протилежних гранях зразка.

Температура приміщення, у якому проводяться випробування, має бути

20+-2С. Теплопровідність визначають на зразках, висушених до постійної маси при температурі 105+-5С, якщо нормативно-технічної документації (НТД) на матеріал або виріб конкретного виду не вказана інша температура. Зразки вважаються висушеними до постійної маси, якщо втрата їхньої маси після повторного висушування протягом 0,5 годин не перевищує 0,1%.

Перед випробуванням зразки необхідно витримати щонайменше 1 години за нормальної температури приміщення, у якому проводяться випробування. Теплопровідність неорганічних волокнистих матеріалів та виробів визначають з урахуванням деформації зразків при питомому навантаженні, передбаченому НТД на матеріал (виріб конкретного виду). Зразки визначення теплопровідності виготовляють у вигляді пластини розміром у плані 100x100мм або зразка диска діаметром від 90 до 100мм, товщиною від 15 до 30мм. Відхилення розмірів зразків у плані повинні перевищувати +- 1мм. Зразки матеріалів та виробів із теплопровідністю менше 0,1 Вт/(мС) повинні мати товщину не більше 20 мм. Різновтовщинність і відхилення від площини найбільших граней зразка не повинні перевищувати 0,5 мм. Товщину зразка вимірюють штангенциркулем з похибкою не більше 0,1 мм у чотирьох кутах на відстані 50 мм від вершини кута та посередині кожної сторони. За товщину зразка приймають середнє арифметичне значення результатів усіх вимірів. Різновтовщинність і неплщинність зразків визначають за ДСТУ. Зразки волокнистих і сипких матеріалів поміщають у рамку, виготовлену з пластмаси або склотекстоліту.

Сипучий матеріал засипають із надлишком у рамку, встановлену на нижню плиту нагрівальної установки. Матеріал розрівнюють, а надлишки видаляють за допомогою лінійки. При випробуванні зразків-дисків порожнечі по кутах нагрівальної пластини повинні заповнюватися вкладишами відповідних розмірів теплоізоляційного матеріалу з $\lambda < 0,04 \text{ Вт/мС}$ (пінополістирол, пінополіуретан).

При цьому вирахування коефіцієнта теплопровідності виробляють за формулою:

$$\lambda_{\text{диску}} = \lambda * (100/S_1) + 0.062 * (1 - 100/S_1);$$

де:

λ - коефіцієнт теплопровідності обчислений приладом, Вт/мК;

S_1 - площа зразка - диска, см²;

Для зразка диска діаметром 100мм коефіцієнт теплопровідності визначають за формулою:

$$\lambda_{\text{диску}} = 1,27 * \lambda - 0,017;$$

Випробування звукопоглинання на акустичній трубі Кундта типу 4206.

Як визначення показників звукопоглинаючих властивостей проводили за методикою ДСТУ Б В.2.7-184:2009 «Будівельні матеріали. Матеріали звукоізоляційні та звукопоглинальні. Методи випробувань», як випробувальне обладнання використовували трубу Брюль та К'єр.

- цей стандарт поширюється на звукоізоляційні та звукопоглинаючі будівельні матеріали та вироби, що встановлює методи їх випробувань для визначення наступних показників:

- динамічного модуля пружності;
- коефіцієнта втрат;
- коефіцієнта звукопоглинання при нормальному падінні звуку (далі-нормального коефіцієнта звукопоглинання);
- нормального імпедансу (опір).

Як випробувальне обладнання використовуємо акустичну трубу Кундта типу 4206.



Рисунок 2.2 - Труба для вимірювання імпедансу за ASTM типу 4206

Труба для вимірювання імпедансу ASTM типу 4206 складається з:

- великий труби, що містить на одному кінці частотно-коригувальний блок та джерело звуку, і гнізда для кріплення трьох мікрофонів усередині труби.

- середньої (для середніх частот) вимірювальної труби UA-2033, що містить три гнізда для фіксації мікрофонів і середній фіксатор зразків, і встановлюється безпосередньо у відкритому кінці великий вимірювальна труба.

Ця труба сконструйована відповідно до вимог ASTM E1050.98 (Американського товариства з випробувань матеріалів), виданих у США.

Основне:

Блок частотної корекції великої труби реалізує три види частотної корекції:

- Фільтр високих частот для високочастотних вимірювань у малій трубі.
- Лінійна, для вимірів у великій трубі.
- Фільтр низьких частот для максимальної точності вимірювань при частотах нижче 100 Гц. Вимірювання всередині труби виконуються за допомогою % конденсаторних мікрофонів типу 4187, що поставляються разом з трубами типу 4206 і 4206A, і спеціально розроблених для зменшення похибки, що виникає через витоку тиску на великих частотах.

Метод визначення теплопровідності та термічного опору при стаціонарному тепловому режимі».

Цей стандарт поширюється на будівельні матеріали та вироби, а також на матеріали та вироби, призначені для теплової ізоляції промислового обладнання та трубопроводів, та встановлює метод визначення їх ефективної теплопровідності та термічного опору за середньої температури зразка від мінус 40 до +200 °C.

Вимірювання проводили за допомогою електронного вимірювача теплопровідності ІТП-МГ4.

Призначений для оперативного визначення теплопровідності

будівельних матеріалів у зразках методом вимірювання щільності стаціонарного теплового потоку та методом теплового зонда у зразках та виробках

Вимірювання визначення межі міцності стиснення проводили за методикою ДСТУ Б В.2.7–248:2011 «Матеріали стінові. Методи визначення границь міцності при стиску і згині» встановлює методи для випробувань межі міцності при згинанні та стиску всіх видів цементів, що використовуються в будівництві. Стандарт наводить повний опис пристрою необхідних дослідів, перелік інструментів, пристроїв та обладнання, а також порядок проведення випробувань. ДСТУ Б В.2.7–248:2011 . [23]

Вимірювання проводили за допомогою універсальної випробувальної машини "Механічні випробування матеріалів" МІМ-7ЛР-010.



Рисунок.2.3 - Універсальна випробувальна машина "Механічні випробування матеріалів" МІМ-7ЛР-010

Навчальна універсальна випробувальна машина "Механічні випробування матеріалів" МІМ-7ЛР-010 призначена для проведення лабораторних робіт з вивчення механічних властивостей матеріалів та

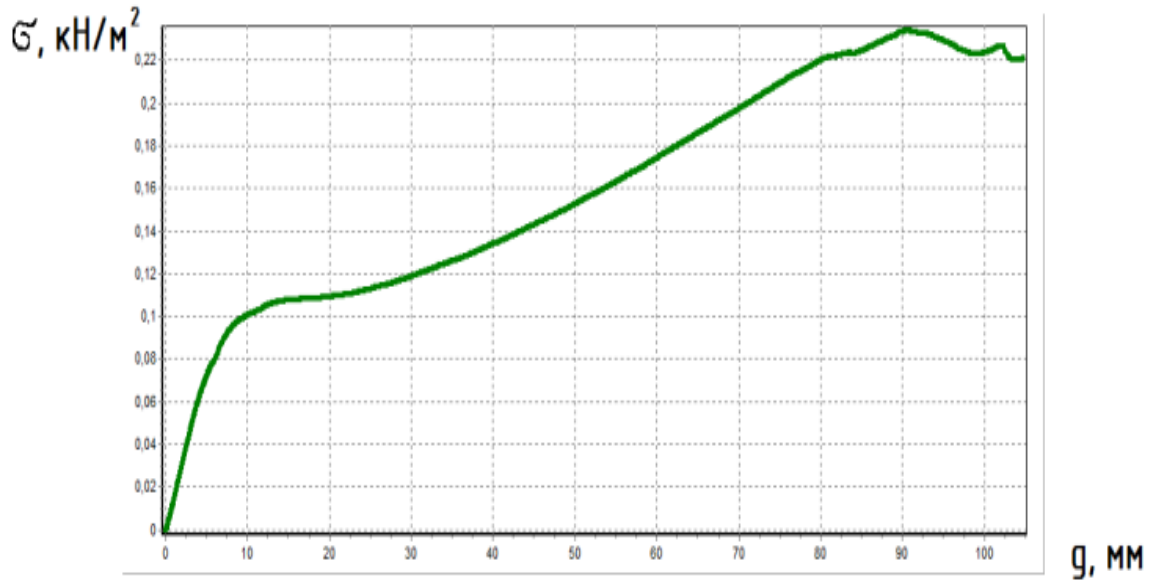
елементів конструкцій у рамках лабораторних робіт курсу "Опір матеріалів". Одночасно роботи проводяться з групою з 2...3 учнів. На таблиці 1 представлені технічні характеристики універсальної випробувальної машини "Механічні випробування матеріалів" МІМ-7ЛР-010

Таблиця 2.1 -Технічні характеристики:

Зусилля, що розвивається машиною	не менше, 50 кН
Робочий тиск рідини	не більше, 70 МПа
Напруга живлення	380
Споживана потужність	не більше, 0,8 кВт
Хід траверси	500 мм
Точність визначення переміщення траверси	0,01 мм
Точність визначення зусилля	не гірше, 20 Н
ГАБАРИТНІ РОЗМІРИ:	
Ширина	1150
Глибина	640
Висота	1850
Маса	не більше, 400 кг

2.2 Результати лабораторних досліджень

2.2.1 Дослідження СПП-панелі на міцність (Осьовий стиск)



g - переміщення

σ - напруга

Рисунок 2.4 - Випробування СПП-панелі на стиск

Таблиця 2.2 - Результати випробування СПП-панелі на стиск

Час, с	Зусилля, кН	Деформація, %	Напруга, МПа
0	-0.01	-0.00	-0.0000
0.7	0.02	0.09	0.0450
1.0	0.01	0.13	0.0650
1.4	0.03	0.15	0.0750
1.7	0.04	0.17	0.0850
2.0	0.05	0.19	0.0950
2.3	0.07	0.21	0.1050
2.6	0.08	0.23	0.1150
3.0	0.09	0.25	0.1250

3.3	0.10	0.27	0.1350
3.6	0.12	0.29	0.1450
3.9	0.13	0.32	0.1600
4.2	0.14	0.34	0.1700
4.6	0.16	0.36	0.1800
4.9	0.17	0.39	0.1950
5.2	0.18	0.41	0.2050
5.5	0.19	0.43	0.2150
5.8	0.21	0.45	0.2250
6.2	0.22	0.46	0.2300
6.5	0.23	0.49	0.2450
6.8	0.25	0.51	0.2550
7.1	0.26	0.54	0.2700
7.4	0.27	0.56	0.2800
7.8	0.28	0.57	0.2850
8.1	0.30	0.59	0.2950
8.4	0.31	0.62	0.3100
8.7	0.32	0.64	0.3200
9.0	0.34	0.67	0.3350
9.4	0.35	0.69	0.3450
9.7	0.36	0.71	0.3550
10.0	0.38	0.74	0.3700
10.3	0.39	0.76	0.3800
10.6	0.40	0.78	0.3900
11.0	0.42	0.80	0.4000

11.3	0.43	0.82	0.4100
11.6	0.44	0.85	0.4250
11.9	0.46	0.87	0.4350
12.2	0.47	0.90	0.4500
12.6	0.48	0.92	0.4600
12.9	0.50	0.94	0.4700
13.2	0.51	0.96	0.4800
13.5	0.52	0.98	0.4900
13.8	0.54	1.01	0.5050
14.2	0.55	1.03	0.5150
14.5	0.57	1.05	0.5250
14.8	0.58	1.06	0.5300
15.1	0.59	1.09	0.5450
15.4	0.61	1.11	0.5550
15.8	0.62	1.14	0.5700
266.3	8.92	99.16	49.5800
266.6	8.92	99.32	49.6600
266.9	8.92	99.47	49.7350
267.3	8.92	99.63	49.8150
267.6	8.93	99.79	49.8950
267.9	8.93	99.95	49.9750
268.2	8.94	100.10	50.0500
268.5	8.95	100.26	50.1300
268.9	8.96	100.42	50.2100
269.2	8.97	100.58	50.2900

269.5	8.98	100.74	50.3700
270.1	9.00	101.06	50.5300
270.5	9.01	101.21	50.6050
270.8	9.02	101.37	50.6850
271.1	9.03	101.53	50.7650
271.4	9.04	101.69	50.8450
271.7	9.05	101.85	50.9250
272.1	9.06	102.02	51.0100
272.4	9.06	102.18	51.0900
272.7	9.04	102.35	51.1750
273.0	8.98	102.53	51.2650
273.3	8.94	102.69	51.3450
273.7	8.89	102.86	51.4300
274.0	8.87	103.03	51.5150
274.3	8.84	103.19	51.5950
274.6	8.82	103.35	51.6750
274.9	8.80	103.51	51.7550
275.3	8.80	103.67	51.8350
275.6	8.80	103.84	51.9200
275.9	8.80	103.99	51.9950
276.2	8.80	104.15	52.0750
276.5	8.81	104.31	52.1550
276.9	8.81	104.46	52.2300
277.2	8.82	104.62	52.3100
277.5	8.83	104.77	52.3850

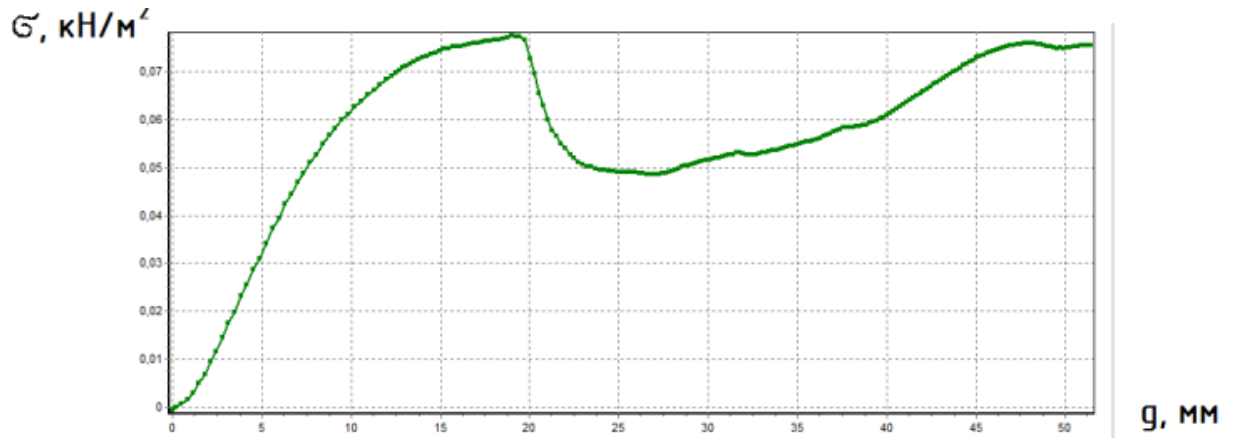


Рисунок 2.5 - Зразок до руйнування



Рисунок 2.6 - Після руйнування

2.2.2 Дослідження СІП-панелі на зсув (позацентрове стиснення) дослід №1



g – переміщення
 σ – напруга

Рисунок 2.7 - Випробування СІП-панелі на зсув (досвід №1)

Таблиця 2.3 Результати випробування СІП-панелі на зсув (досвід №1)

Час, с	Зусилля, кН	Деформація, %	Напруга, МПа
104.0	-0.03	-0.00	-0.0000
0.6	-0.01	0.20	0.1000
0.9	0.03	0.51	0.2550
1.3	0.06	0.84	0.4200
1.6	0.12	1.16	0.5800
1.9	0.20	1.48	0.7400
2.2	0.27	1.81	0.9050
2.5	0.38	2.14	1.0700
2.9	0.46	2.47	1.2350
3.2	0.58	2.81	1.4050
3.5	0.70	3.14	1.5700
3.8	0.79	3.49	1.7450

4.1	0.93	3.84	1.9200
4.5	1.02	4.18	2.0900
4.8	1.15	4.53	2.2650
5.1	1.24	4.89	2.4450
5.4	1.37	5.25	2.6250
5.7	1.49	5.60	2.8000
6.1	1.57	5.96	2.9800
6.4	1.69	6.31	3.1550
6.7	1.77	6.66	3.3300
7.0	1.88	7.02	3.5100
7.3	1.95	7.36	3.6800
7.7	2.05	7.72	3.8600
8.0	2.11	8.07	4.0350
8.3	2.20	8.42	4.2100
8.6	2.28	8.77	4.3850
8.9	2.33	9.13	4.5650
9.3	2.40	9.48	4.7400
9.6	2.45	9.84	4.9200
9.9	2.51	10.21	5.1050
10.2	2.55	10.56	5.2800
10.5	2.61	10.92	5.4600
10.9	2.65	11.28	5.6400
11.2	2.70	11.61	5.8050
11.5	2.74	11.95	5.9750
11.8	2.77	12.25	6.1250

12.1	2.80	12.50	6.2500
12.5	2.82	12.70	6.3500
12.8	2.84	12.90	6.4500
13.1	2.85	13.10	6.5500
13.4	2.87	13.31	6.6550
13.7	2.88	13.53	6.7650
14.1	2.90	13.77	6.8850
14.4	2.92	14.01	7.0050
14.7	2.93	14.23	7.1150
15.0	2.95	14.47	7.2350
15.3	2.96	14.71	7.3550
15.7	2.98	14.95	7.4750
16.0	3.00	15.20	7.6000
16.3	3.00	15.44	7.7200
61.4	2.87	44.48	22.2400
61.7	2.88	44.67	22.3350
62.1	2.90	44.85	22.4250
62.4	2.92	45.05	22.5250
62.7	2.93	45.23	22.6150
63.0	2.94	45.43	22.7150
63.3	2.96	45.62	22.8100
63.7	2.97	45.82	22.9100
64.0	2.98	46.00	23.0000
64.3	2.99	46.19	23.0950
64.6	3.00	46.38	23.1900

64.9	3.01	46.57	23.2850
65.6	3.02	46.94	23.4700
65.9	3.03	47.13	23.5650
66.2	3.03	47.32	23.6600
66.5	3.04	47.51	23.7550
66.9	3.04	47.69	23.8450
67.2	3.04	47.87	23.9350
67.5	3.04	48.05	24.0250
67.8	3.04	48.25	24.1250
68.1	3.03	48.44	24.2200
68.5	3.03	48.62	24.3100
68.8	3.03	48.80	24.4000
69.1	3.02	48.98	24.4900
69.4	3.01	49.17	24.5850
69.7	3.01	49.36	24.6800
70.1	3.00	49.55	24.7750
70.4	3.00	49.74	24.8700
70.7	3.00	49.93	24.9650
71.0	3.01	50.11	25.0550
71.3	3.01	50.30	25.1500
71.7	3.01	50.50	25.2500
72.0	3.01	50.69	25.3450
72.3	3.02	50.88	25.4400
72.6	3.03	51.06	25.5300
72.9	3.03	51.25	25.6250

73.3	3.03	51.44	25.7200
------	------	-------	---------

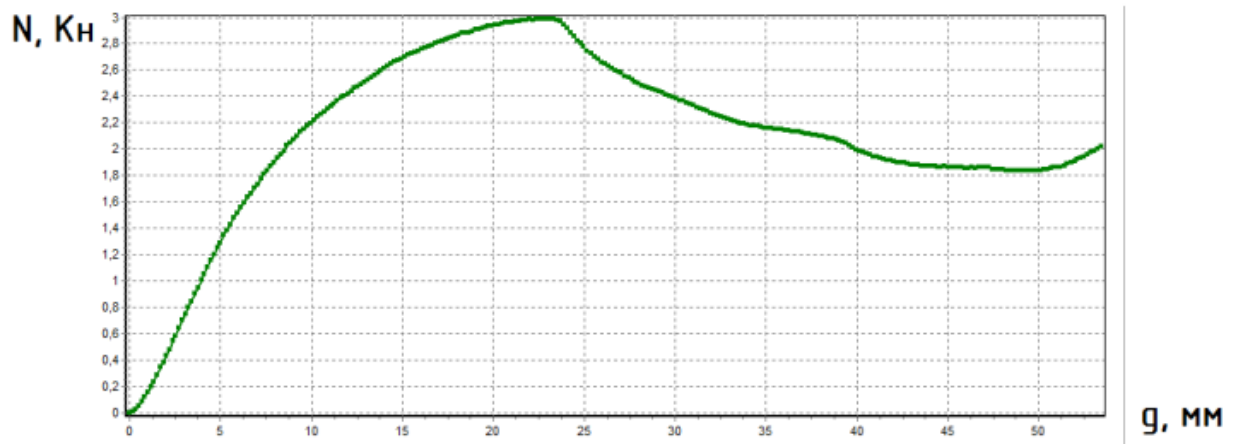


Рисунок 2.8 - Зразок до руйнування



Рисунок 2.9- Після руйнування

2.2.3 Дослідження СІП-панелі на зсув (позацентрове стиснення) дослід №2



N – зусилля

g – переміщення

Рисунок 2.10 - Випробування СІП-панелі на зсув (досвід №2)

Таблиця 2.4 Результати випробування СІП-панелі на зсув (досвід №2)

Час, с	Зусилля, кН	Деформація, %	Напруга, МПа
0.0	0.00	0.00	0.0000
0.3	0.00	0.01	0.0050
0.6	0.00	0.18	0.0900
0.9	0.03	0.34	0.1700
1.3	0.05	0.52	0.2600
1.6	0.08	0.68	0.3400
1.9	0.12	0.84	0.4200
2.2	0.16	1.01	0.5050
2.5	0.20	1.18	0.5900
2.9	0.24	1.35	0.6750
3.2	0.29	1.52	0.7600

3.5	0.35	1.68	0.8400
3.8	0.38	1.86	0.9300
4.1	0.44	2.03	1.0150
4.5	0.48	2.20	1.1000
4.8	0.54	2.37	1.1850
5.1	0.58	2.54	1.2700
5.4	0.64	2.72	1.3600
5.7	0.70	2.89	1.4450
6.1	0.75	3.06	1.5300
6.4	0.80	3.24	1.6200
6.7	0.85	3.41	1.7050
7.0	0.91	3.58	1.7900
7.3	0.95	3.76	1.8800
7.7	1.01	3.94	1.9700
8.0	1.05	4.11	2.0550
8.3	1.10	4.30	2.1500
8.6	1.16	4.48	2.2400
8.9	1.20	4.65	2.3250
9.3	1.25	4.83	2.4150
9.6	1.29	5.01	2.5050
9.9	1.35	5.19	2.5950
10.2	1.38	5.37	2.6850
10.5	1.43	5.56	2.7800
10.9	1.48	5.76	2.8800
11.2	1.51	5.94	2.9700

11.5	1.56	6.11	3.0550
11.8	1.59	6.30	3.1500
12.1	1.63	6.49	3.2450
12.5	1.66	6.67	3.3350
12.8	1.70	6.85	3.4250
13.1	1.73	7.04	3.5200
13.4	1.77	7.22	3.6100
13.7	1.81	7.40	3.7000
14.1	1.84	7.59	3.7950
14.4	1.87	7.76	3.8800
14.7	1.90	7.94	3.9700
80.3	1.86	46.15	23.0750
80.6	1.86	46.35	23.1750
80.9	1.86	46.54	23.2700
81.3	1.86	46.73	23.3650
81.6	1.86	46.91	23.4550
81.9	1.86	47.10	23.5500
82.2	1.86	47.29	23.6450
82.5	1.85	47.48	23.7400
82.9	1.85	47.67	23.8350
83.2	1.85	47.86	23.9300
83.5	1.84	48.04	24.0200
83.8	1.84	48.23	24.1150
84.1	1.84	48.41	24.2050
84.5	1.84	48.60	24.3000

84.8	1.84	48.78	24.3900
85.1	1.84	48.97	24.4850
85.4	1.84	49.16	24.5800
85.7	1.84	49.34	24.6700
86.1	1.83	49.51	24.7550
86.4	1.84	49.69	24.8450
86.7	1.84	49.89	24.9450
87.0	1.84	50.08	25.0400
87.3	1.85	50.28	25.1400
87.7	1.85	50.46	25.2300
88.0	1.85	50.65	25.3250
88.3	1.86	50.83	25.4150
88.6	1.86	51.02	25.5100
88.9	1.87	51.21	25.6050
89.3	1.87	51.41	25.7050
89.6	1.89	51.59	25.7950
89.9	1.89	51.78	25.8900
90.2	1.91	51.97	25.9850
90.5	1.93	52.15	26.0750
90.9	1.93	52.33	26.1650
91.2	1.94	52.52	26.2600
91.5	1.96	52.71	26.3550
91.8	1.97	52.90	26.4500
92.1	1.99	53.08	26.5400
92.5	2.00	53.27	26.6350

2.3 Експериментальні випробування властивостей міцності панелей у вертикальному положенні

Відповідно до фактичної роботи в конструкції будинку панель була встановлена в робоче положення на спеціальному стенді (Рис. 2.11).

У конструктивному відношенні стенд є звареною металоконструкцією, до складу якої входять такі елементи: - нижні нерухомі опори - тумби; - нижня рухома опора – балка, яка укладається на опори – тумби; - верхня нерухома балка, яка укладається на верхню грань панелі, що випробовується; - верхня рухома балка, що фіксує верхню балку чотирма шпильками діаметром 100 мм; - нижня опора – основа для домкрата.

Схема випробування панелі представлена (Рис.2.12). Після встановлення панелі на нижню рухома балку зверху панель притискалася верхньою поздовжньою балкою та фіксувалася короткою поперечною балкою за допомогою 4 шпильок. Силове обладнання - гідродомкрат з манометром - встановлене на опорі під нижньою балкою (Рис.2.13).

Метою проведення випробувань короточасним навантаженням є виявлення фактичної здатності панелі, що несе. Навантаження здійснювалося поетапно гідравлічним домкратом вантажопідйомністю 100 т, величина етапу навантаження прийнята $P = 10 \text{ кгс/см}^2$ що при площі робочого поршня $S = 254 \text{ см}^2$ створює навантаження 2540 кг.

Контроль тиску рідини в гідросистемі домкрата проводився за манометром типу ГМ-160, зі шкалою 0.. 400 кгс/см^2 з ціною розподілу 5 кгс/см^2 . Після кожного етапу навантаження панель оглядалася на предмет появи тріщин або деформацій. Результати навантаження та стану панелі наведено у таблиці 2.5.



Рисунок 2.11 -Загальний вигляд стенду для випробувань тришарової панелі

Таблиця 2.5 Навантаження панелі під час випробування

№№ етапу	Навантаження		Результати впливу навантаження на панель з пінополіуретаном			
	У гідросистемі Р, кг/см ²	Навантаження, Q, кг	без наповнювача	з наповнювачем з мікрокремнезему	з наповнювачем із силікагелю	з наповнювачем із конвертерного шлаку
1	10	2540	Змін немає	Змін немає	Змін немає	Змін немає
2	20	5080	Змін немає	Змін немає	Змін немає	Змін немає
3	30	7620	Змін немає	Змін немає	Змін немає	Змін немає
4	40	10160	Слабкий тріск	Змін немає	Слабкий тріск	Змін немає
5	50	12700	Тріск	Слабкий тріск	Слабкий тріск	Слабкий тріск
6	60	15240	Тріск у верхній частині панелі	Тріск	Тріск	Тріск
7	70	17780	Тріск	Тріск	Тріск у верхній частині панелі	Тріск у верхній частині панелі
8	80	20320	Тріск, слабкий вигин у вертикальній площині до 12 мм	Тріск, слабкий вигин у вертикальній площині до 10 мм	Тріск, слабкий вигин у вертикальній площині до 13 мм	Тріск, слабкий вигин у вертикальній площині до 11 мм
9	90	22860	Тріск, збільшення вигину до 30 мм. Тиск у гідродомкраті не зростає	Тріск, збільшення вигину до 28 мм. Тиск у гідродомкраті не зростає	Тріск, збільшення вигину до 31 мм. Тиск у гідродомкраті не зростає	Тріск, збільшення вигину до 29 мм. Тиск у гідродомкраті не зростає
Випробування припинено						

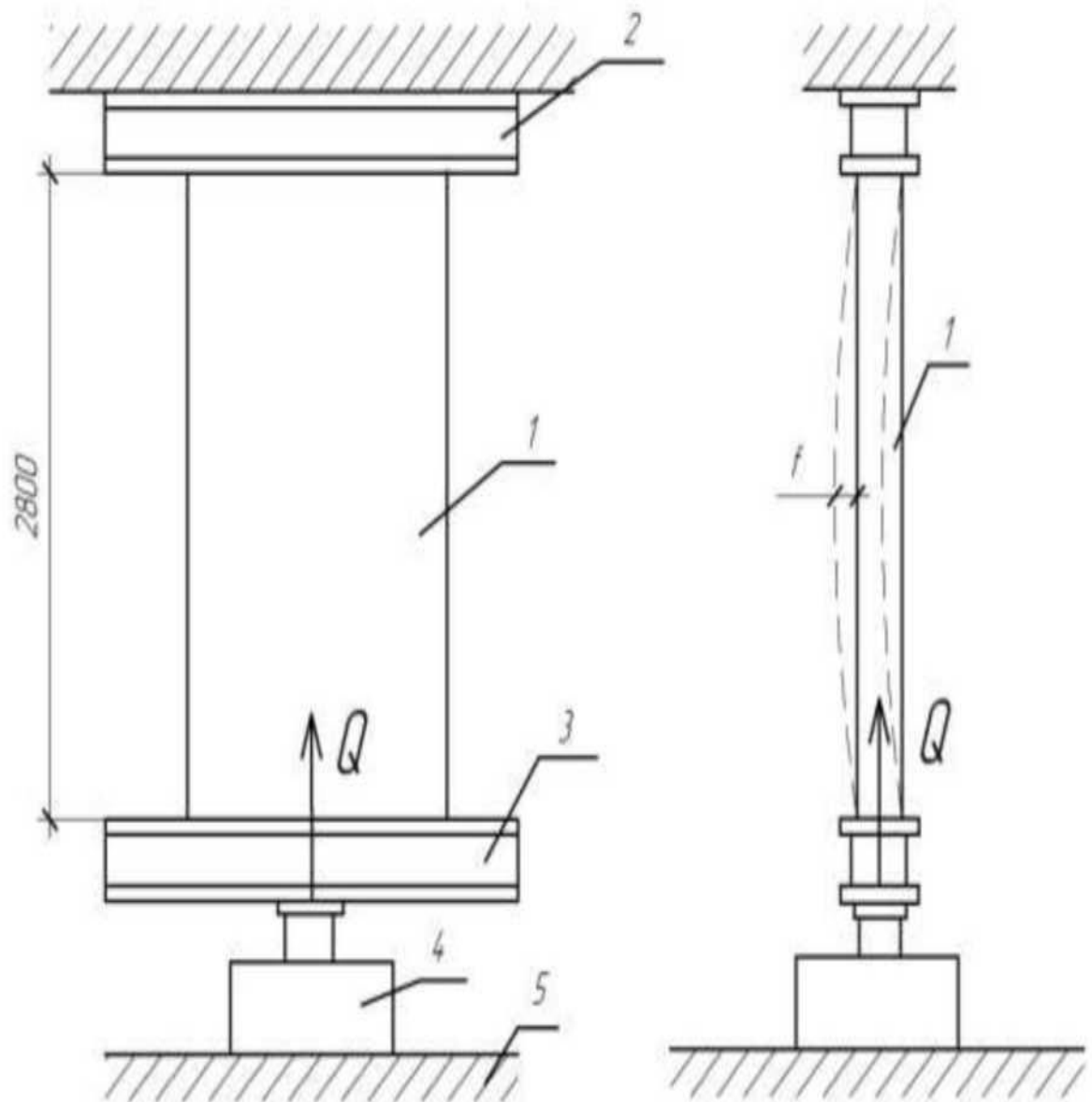


Рисунок 2.12 - Схема випробування панелі

1 - панель, що випробовується; 2 – верхня нерухома опора; 3 – нижня рухлива опора; 4 – гідравлічний домкрат $Q = 100$ т з манометром; 5 – основа

При вертикальному навантаженні на панель $Q = 20320$ кг чути тріск, панель прогнулась у вертикальній площині ($f = 12$ мм). При навантаженні $Q = 22860$ кг панель втратила несучу здатність, про це свідчить відсутність підвищення тиску в гідросистемі домкрата та підвищений вигин у вертикальній площині до 3 см (рис.2.13).



Рисунок 2.13- Втрата стійкості панелі



Рисунок 2.14 - Силове обладнання (домкрат 100 т та вимірювальний манометр)

Таким чином, можна зробити висновок, що досвідчений зразок SIP панелі з утеплювачем з наповненого пінополіуретану мають характеристики міцності достатні для будівництва з них малоповерхових будинків.

2.4 Експериментальні випробування властивостей міцності панелей в горизонтальному положенні

Для виявлення фактичної здатності SIP панелі в якості панелі перекриття було виконано експериментальне дослідження короточасним навантаженням. Стандартної методики для випробування SIP панелі з обшивкою з деревостружкових плит не існує, тому для виявлення фактичної несучої здатності як навантаження використовувалися зразки-куби важкого бетону, які укладали по всій поверхні плити в кілька рядів. Навантаження збільшувалася поетапно, спочатку викладався перший ряд, проводилася витримка щонайменше 15 хвилин із наступним зняттям показань приладів. Потім викладався другий ряд, знімали показання приладів тощо. Прогини плити визначалися за допомогою індикаторів вартового типу з ціною розподілу 0,01 мм (Рис.2.16).



Рисунок 2.15- Випробування SIP навантаженням



Рисунок 2.16 - Індикатор панелі годинникового типу

За критичне приймалося навантаження, що відповідає граничному прогину, який дорівнює $f_u = 1/150 = 18,67$ мм . Результати випробування наведено у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Навантаження панелей розміром 2800 x 1250 мм при випробуванні короточасним навантаженням

№№ етапу	Навантаження		Прогин, мм			
	Q, кгс	P; кгс/м ²	Прогин, мм			
			Тип 1*	Тип 2*	Тип 3*	Тип 4*
1	300,0	85,7	-	-	-	-
2	600,0	171,4	-	-	-	-
3	900,0	257,1	0,82	0,02	0,04	0,03
4	1200,0	342,9	2,43	0,45	0,65	0,56
5	1500,0	428,6	3,35	0,69	0,93	0,74
6	1800,0	514,3	5,46	2,67	3,12	2,96
7	2100,0	600,0	10,24	3,56	5,17	4,89
8	2400,0	685,7	16,00	9,71	11,49	10,54
9	2700,0	771,4	18,71	15,26	18,53	17,34
10	3000,0	857,1	-	18,71	19,78	19,02

* Тип 1 - SIP панель з теплоізоляційним шаром з пінополіуретану без наповнювача .

Тип 2 - SIP панель з теплоізоляційним шаром з пінополіуретану з використанням мікрокремнезему як наповнювач .

Тип 3 - SIP панель з теплоізоляційним шаром з пінополіуретану з використанням силікагелю як наповнювач .

Тип 4 - SIP панель з теплоізоляційним шаром з пінополіуретану з використанням конвертерного шлаку як наповнювач.

Таким чином, SIP панелі з теплоізоляційними шарами з наповнених мікрокремнеземом [116], силікагелем і конвертерним шлаком поліуретанів витримали навантаження 771,4 кг/м² , в той час як панель з утеплювачем з ненаповненого пінополіуретану - 685,7 кг/. При цьому прогини панелей не перевищують значення граничного прогину, що дорівнює 18,67 мм. А зразки панелей з теплоізоляційним шаром з пінополіуретану з наповнювачами витримали навантаження 2700 кгс (771,4 кгс/м²).

Прогини складають 15,26 мм, 18,53 мм і 17,34 мм для панелей з пінополіуретаном наповненим мікрокремнеземом, і конвертерним шлаком відповідно. За результатами випробувань можна зробити наступний висновок: здатність дослідних зразків тришарових панелей з сердечником з пінополіуретану з наповнювачами вище, ніж у панелі з ненаповненим пінополіуретаном.

Всі випробувані зразки SIP панелей мають достатні характеристики міцності для використання їх як панелей перекриття в будівництві малоповерхових будинків .

РОЗДІЛ 3

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ ІЗ SIP ПАНЕЛЕЙ

3.1 Особливості проектування житлових будинків із sip панелей з теплоізоляцією з пінополіуретану

В даний час все частіше зустрічаються малоповерхові будівлі котеджного типу, що швидко зводяться, значно розширилася номенклатура конструктивних рішень, з'явилися нові технології їх виготовлення та зведення. Найбільш розвиненим напрямом у будівництві є будівництво приватних панельних будинків. При цьому панелі використовуються не тільки як стінові панелі, але і як панелі перекриття і покрівельні панелі.



Рисунок 3.1 - Індивідуальний одноквартирний житловий будинок

У технічному виконанні будинку з SIP панелей з утеплювачем з пінополіуретану є індивідуальні житлові будинки, що складаються з декількох кімнат з мансардою. Загальна площа будинків 42, 61, 70, 93 та 107 м². При проектуванні індивідуальних житлових будинків були прийняті наступні конструктивні рішення: фундаменти пальові монолітні, зовнішні стіни виконані з панелей типу «SIP панель» з утеплювачем з пінополіуретану товщиною 129 мм, стеля обшивається плитами OSB 3 товщиною 12 мм і утеплюється напилюваним пенополиур з утеплювачем з пінополіуретану товщиною 129 мм, покрівля - профліст з оцинкованої сталі по дерев'яних кроквах та решетуванні. Що стосується архітектурно-будівельних рішень, то висота першого поверху становить 2,8 м, мансардного поверху - 2,6 м. Зовнішнє та внутрішнє оздоблення здійснюється відповідно до регламентованих норм з дизайну - проекту, який розробляється окремо і ґрунтується на побажаннях замовника. Крім того, розташування кімнат може бути змінено за згодою замовника. Все соединения деревянных элементов осуществляются с помощью пластин крепежных перфорированных, уголков соединительных перфорированных, болтов стяжных и саморезов, причем к местам расположения саморезов должен быть обеспечен доступ во время эксплуатации. Соединение SIP панелей несущих стен осуществляется по следующей схеме (Рис.3.2).

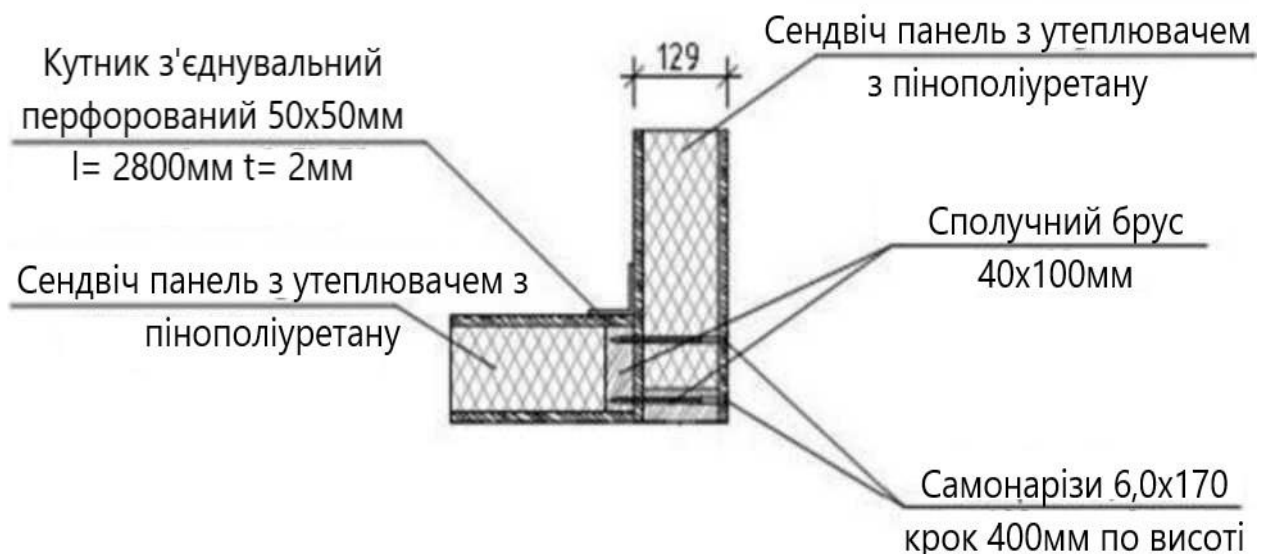


Рисунок.3.2-З'єднання SIP панелей несущих стін

3.2 Прогнозування довговічності пінополіуретану в конструкціях сендвіч панелей

Довговічність пінополіуретанів залежить від хімічного складу полімеру-основи, геометрії та розмірів осередків (дрібнокмірчасті пінопласти більш стійкі до кліматичних впливів).

Існують рекомендації для підвищення довговічності будівельних виробів з пінополіуретану:

- 1) конструктивно знизити навантаження, що сприймаються ППУ;
- 2) експлуатація пінопласту за температур не вище 80 °С;
- 3) захистити пінополіуретан від впливу зовнішніх кліматичних факторів.

Для прогнозування довговічності утеплювача можна скористатися наступною методикою:

1. Вибір схеми конструкції утеплення та матеріалів для неї.
2. Вибір марки пінополіуретану залежно від прийнятої конструкції, технології утеплення та підбір необхідної товщини на підставі теплотехнічного розрахунку.
3. Визначення основних експлуатаційних факторів, що діють на пінополіуретан.
4. Визначення довговічності утеплювача:
 - - розрахунок діючої напруги на пінополіуретан залежно від прийнятої товщини утеплювача (за теплотехнічним розрахунком);
 - - Визначення (прогнозування) його довговічності.
 -

3.3 Визначення товщини шару утеплювача (пінополіуретану) для сендвіч панелей

Наведений опір теплопередачі R_0 , $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$, що огороджують

конструкцій, слід приймати не менше нормованих значень R_{req} , $m^2 \cdot ^\circ C / Wt$, що визначаються за таблицею ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" залежно від градусо-доба району будівництва Dd , $^\circ C$ -діб. Градусо-добу опалювального періоду Dd , $^\circ C$ -добу, визначають за формулою ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель"

$$Dd = (t_{int} - t_{ht}) z_{ht}, \quad (3.1)$$

де t_{int} - розрахункова середня температура внутрішнього повітря будівлі, $^\circ C$, що приймається для розрахунку огороджувальних конструкцій групи будівель за поз. 1 таблиці 4 за мінімальними значеннями оптимальної температури відповідних будівель за ДСТУ (в інтервалі $20 \dots 22 \text{ } ^\circ C$);

t_{ht} , z_{ht} - середня температура зовнішнього повітря, $^\circ C$, і тривалість, сут, опалювального періоду для респ.

$$Dd = (20 - (-5,6)) * 218 = 4726,8 \text{ } ^\circ C\text{-доб.} \quad (3.2)$$

Т.к. величина $Dd = 4726,8 \text{ } ^\circ C\text{-доб}$ відрізняється від табличної $Dd = 4000 \text{ } ^\circ C\text{-доб}$, то R_{req} визначається за формулою

$$R_{req} = a Dd + b, \quad (3.3)$$

де Dd - градусо-доба опалювального періоду, $^\circ C$ -сут, для респ. татарстан;

a , b – коефіцієнти, значення яких слід набувати за даними таблиці 4 ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель" для стін житлових будівель.

$$R_{req} = 0,00035 * 4726,8 + 1,4 = 3,05 \text{ } m^2 * ^\circ C / Wt \quad (3.4)$$

Наведений опір теплопередачі визначається за формулою :

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (3.5)$$

де α_B - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, що дорівнює $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$;

α_H - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні 80 огорожувальної конструкції, що дорівнює $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C})$,

δ – товщина шару, м;

λ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару, $\text{Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$.

Коефіцієнт теплопровідності пінополіуретану $\lambda = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$ прийнято з урахуванням експлуатаційної об'ємної вологості в межах 1% для умов експлуатації будівель у сухій зоні.

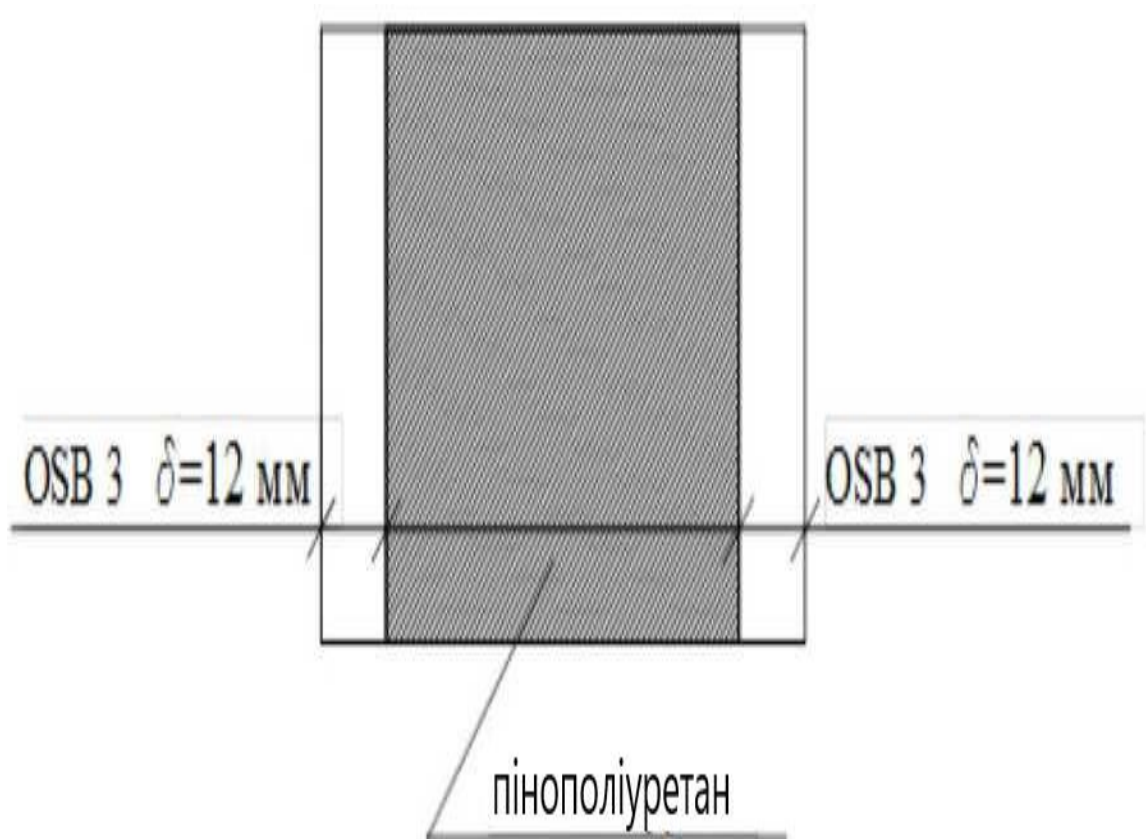


Рисунок.3.3 - Шари сендвіч панелі

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 2 * \frac{0,012}{0,23} + \frac{0,08}{0,035} + \frac{1}{23} = 2,548 \text{ м}^2 * \text{°C/Вт} \quad (3.6)$$

$R_0=2,548 \text{ м}^2 * \text{°C/Вт} < R_{\text{req}}=3,05 \text{ м}^2 * \text{°C/Вт}$, отже необхідно збільшити товщину утеплювача.

При збільшенні товщини пінополіуретану до 105 мм наведений опір теплопередачі буде дорівнює

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 2 * \frac{0,012}{0,23} + \frac{0,105}{0,035} + \frac{1}{23} = 3,2462 \text{ м}^2 * \text{°C/Вт}$$

3.4 Прогнозування довговічності наповнених пінополіуретанів у покрівельній сендвіч панелі

У панелях із суцільним утеплювачем з пінопласту напругу обчислюють за формулою:

$$\sigma_i = M / W = 6,9540^3 / 1,42 \cdot 10^{-3} = 4,91 \text{ МПа},$$

де $M = ql^2 / 2 = 1,39 \cdot 10^3 \cdot 1^2 / 2 = 6,95 \cdot 10^3 \text{ Н} \cdot \text{м}$; - згинальний момент, що діє на пінополіуретан;

$W = \delta \cdot c^2 / (c + \delta) = 0,012 \cdot 0,129^2 / (0,012 + 0,129) = 0,0014156 \text{ м}^3$ - момент опору,

c - товщина панелі,

δ - товщина обшивки.

У тришарових панелях із суцільним утеплювачем з пінопласту, залежно від жорсткості обшивок серцевина приймає він 2.. .5 % від загального навантаження.

При визначенні довговічності за максимальну температуру експлуатації приймемо температуру $T = 40 \text{ °C}$. Для розрахунку використовуємо рівняння "зворотного пучка" та значення емпіричних коефіцієнтів з таблиці 3.1.

Для ненаповненого пінополіуретану:

$$l_{g\tau} = lg\tau_m + \left[\frac{U_0 - \lambda\sigma}{RT} \left(\frac{T_m}{T} - 1 \right) \right]$$

$$= 13 + \left[\frac{-160 - 1100 * 4,91 * 0,05}{8,31 * 0,313} \left(\frac{270}{313} - 1 \right) \right] = 9.09$$

Для пінополіуретану, наповненого конвертерним шлаком:

$$l_{g\tau} = lg\tau_m + \left[\frac{U_0 - \lambda\sigma}{RT} \left(\frac{T_m}{T} - 1 \right) \right]$$

$$= 13 + \left[\frac{-160 - 1100 * 4,91 * 0,05}{8,31 * 0,313} \left(\frac{272}{313} - 1 \right) \right] = 9.38$$

Для пінополіуретану, наповненого мікрокремнеземом:

$$l_{g\tau} = lg\tau_m + \left[\frac{U_0 - \lambda\sigma}{RT} \left(\frac{T_m}{T} - 1 \right) \right]$$

$$= 13 + \left[\frac{-160 - 1100 * 4,91 * 0,05}{8,31 * 0,313} \left(\frac{253}{313} - 1 \right) \right] = 9.48$$

Таблиця 3.1 Емпіричні коефіцієнти та прогнозована довговічність пінополіуретанів

Тип пінополіуретану	емпіричні коефіцієнти				Довговічність	
	τ_m, C	rT_m, K	$иU_0,$ кДж/моль	γ кДж/(моль МПа)	тт с	Кількість лет
Пінополіуретан без наповнювача	1013	270	-196	-1100	Ю9'09	39,01
Пінополіуретан, наповнений конвертерним шлаком	1014	272	-170	-1064	109'38	76,07
Пінополіуретан, наповнений мікрокремнеземом	1014	253	-152	-872	109'43	85,35

Таким чином, прогнозований термін служби ненаповненого пінополіуретану в конструкції панелі покриття становить близько 40 років, пінополіуретану наповненого конвертерним шлаком - близько 75 років, а пінополіуретану наповненого мікрокремнеземом - приблизно 85 років.

3.5 Техніка безпеки при висотних роботах

Висотні роботи – це фасадні, ремонтні, будівельні та інші види робіт, що виконуються на висоті понад 1,3 метри від поверхні землі. До висотних робіт відносяться всі роботи, які виконуються на об'єктах висотою понад 1,3 метри на відстані до 2 метрів від краю даху чи іншої поверхні.

При організації висотних робіт найбільш загрозливим для майстрів фактором є падіння з висоти. Також критичними є виникнення одного з таких факторів: пожежна небезпека, вибухонебезпечність, високий рівень шуму, забруднення повітря, несприятливі погодні умови. У разі настання одного з них повинні бути здійснені додаткові методи індивідуального та колективного захисту.

Перед виконанням висотних робіт для всіх співробітників обов'язково проводиться інструктаж з техніки безпеки, основними пунктами якого є:

- Методи безпечної транспортування на робоче місце і назад;
- Правила забезпечення комфортних умов на робочому місці;
- Порядок експлуатації техніки та обладнання;
- Прийоми безпечної установки та демонтажу різних конструкцій;
- Оцінка зовнішніх факторів (температури та вологості повітря, рівня освітлення та шуму, наявності вібрації);
- Виявлення несправностей або дефектів конструкцій та обладнання (лісів та люльок);
- Правила експлуатації засобів індивідуального захисту;
- Алгоритм поведінки під час позаштатної ситуації, евакуації.

Вимоги до засобів індивідуального та колективного захисту під час виконання висотних робіт.

Види та кількість засобів індивідуального та колективного захисту залежать від типу висотних робіт, що проводяться, технічного забезпечення бригади та інших факторів. Працівник зобов'язаний знати правила та порядок експлуатації всіх видів засобів індивідуального та колективного захисту, які він використовує для виконання службових обов'язків. Оцінка технічної справності засобів захисту та їх відповідність поточному завданню мають бути проведені на підготовчому етапі. До засобів індивідуального захисту належать:

- Спецодяг;
- Спецвзуття;
- Каски;
- Страхувальні троси;
- Страхувальні пояси;
- Верхолазні пристрої;
- Уловлювачі та інші.

До засобів колективного захисту належать:

- Знаки безпеки;
- Захисні сітки;
- Огородження.

Техніка безпеки під час експлуатації будівельних лісів.

Робота на будівельних лісах більш небезпечна, ніж при використанні будівельних люльок, тому вимагає від персоналу суворого дотримання всіх правил поведінки на висоті.

- Будівельні ліса повинні бути надійно закріплені відповідно до моделі та технічного паспорта. Перед експлуатацією відповідальний за техніку безпеки повинен перевірити стійкість усіх конструкцій;
- Навантаження на робочу платформу має відповідати заявленому у технічному паспорті;

- При роботі на будівельних лісах понад 5 метрів усі працівники мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту від падіння з висоти;
- При використанні будівельних лісів вище 6-ти метрів, їх необхідно обладнати рівним настилом у місці роботи та внизу конструкції у якості страховки;
- Для пересування робітників вгору/вниз/у сторони повинні застосовуватись спеціальні сходи;
- На всіх рівнях будівельних лісів має бути встановлена схема конструкції та маршрути пересування робітників;
- За наявності електричної лінії ближче ніж 5 метрів від будівельних лісів її необхідно відключити в обов'язковому порядку;
- При дестабілізації погодних умов роботи на лісах повинні бути припинені;
- Опори будівельних лісів, що знаходяться неподалік руху транспорту, повинні бути огорожені.

Техніка безпеки, коли виконуються висотні роботи у будівельній люльці. Будівельні люльки оснащені автоматичною страховою системою та іншими опціями забезпечення безпеки. Проте, незнання принципів експлуатації та поведінки у будівельній люльці можуть призвести до серйозних наслідків для здоров'я та життя працівників.

- Перед експлуатацією будівельної люльки усі робітники мають бути оснащені засобами індивідуального захисту та пройти інструктаж з техніки безпеки, а також інші види підготовки;
- Заздалегідь необхідно перевірити справність всіх механізмів люльки, цілісність огорож, працездатність електромотора, страхових систем, рівень освітлення робочому майданчику, залишити запис у журналі техогляду;
- Перед запуском люльки працівнику необхідно переконатися в правильності встановлення фасадного підйомника, відсутності сторонніх

предметів, людей, оцінити інші супутні фактори, які можуть вплинути на безпеку;

- Під час роботи слід використовувати лише спеціалізований одяг належної якості;
 - Не можна допускати перевищення вантажопідйомності, зміни кута нахилу та інших величин від заданих у технічному паспорті;
 - Сідати і залишати люльку можна тільки після її повної зупинки та відповідності робочої платформи та майданчика виходу;
 - Забороняється сідати та вставати на захисну огорожу люльки;
 - Забороняється скидати предмети з робочої платформи донизу;
 - При виникненні аварійної ситуації працівник зобов'язати припинити всі роботи, відключити обладнання, повідомити про аварію безпосередньому начальству. За потреби викликати пожежну бригаду, швидку медичну допомогу або інші спеціалізовані служби.
-

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено випробування панелей з утеплювачем з наповненого пінополіуретану короткочасним навантаженням з метою виявлення їхньої несучої здатності в конструкції стіни. Виявлено, що панель SIP витримує 105 навантаження близько 20 тонн, тобто. має достатні характеристики для застосування її в малоповерховому будівництві.

2. Виявлено фактичну здатність SIP панелі з утеплювачем з наповненого пінополіуретану в якості плити перекриття. За результатами випробувань SIP панель витримує навантаження $771,4 \text{ кг/м}^2$ і може бути використана в будівництві малоповерхових будинків.

3. Реалізована можливість отримання SIP панелей із сердечником із пінополіуретану на основі пінополіуретану з наповнювачами (мікрокремнезем та конвертерний шлак).

4. Розроблено пропозиції до проектування житлових будинків із SIP панелей із теплоізоляцією із наповненого пінополіуретану.

5. Визначено товщину утеплювача в сендвіч панелі для будівництва будинків у республіці Татарстан.

6. Зроблено збір навантажень на сендвіч панель, що застосовується як огорожувальна конструкція в покритті.

7. Виявлено несучу здатність сендвіч панелі у конструкції покрівлі. Несуча здатність прогону при дії згинального моменту використана 82 %, тобто. запас міцності становить 18%.

8. Здійснено розрахунок довговічності тришарової стінової панелі з утеплювачем із наповненого пінополіуретану. Прогнозований термін служби ненаповненого пінополіуретану в конструкції панелі покриття становить близько 40 років, приблизно 75 років - для пінополіуретану.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007.
3. ДБН В.2.6-163:2010. Конструкції будівель і споруд. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. К.: Мінрегіонбуд України, 2010.
4. Клименко Ф. Є., Барабаш В. М., Стороженко Л.І. Металеві конструкції: / За ред. Ф.Є Клименка : Підручник. – 2-ге видання, випр. і доп. – Львів: Світ, 2002. – 312 с.
5. Металеві конструкції. Методичні вказівки до виконання курсової роботи "Проектування сталевого каркасу одноповерхової будівлі" для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" усіх форм навчання. Укладач Пашинський В.А. – Кіровоград: КНТУ, 2011. - 64 с.
6. Будівельне матеріалознавство підручник / за ред. П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Барановський та ін. - 3-те вид, перероб. та доп. - К. : Ліра, 2012. – 620 с.
7. Черненко, В.К. Технологія будівельного виробництва / В.К. Черненко, М.Г. Ярмоленко та ін. – К.: Вища школа, 2002. – 430 с.
8. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення - На заміну СНиП III-4-80; Введено в дію з 01.04.2012 р. - К.: Мінрегіонбуд України, 2012. - 116 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006. СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування - На заміну СНиП 2.01.07-85; Введено в дію з 01.11.2007. - К.: Мінбуд України, 2006. - 75 с.

10. ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення – На заміну ДБН В.2.2-9-99; Введено в дію з 01.10.2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 50 с.
11. ДБН В.2.6-162:2010. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення - На заміну СНиП II-22-81; Введено в дію з 01.09.2011 р. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011. - 97 с.
12. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель - На заміну СНиП II-3-79; Введено в дію з 01.04.2007. - К.: Мінбуд України, 2006. - 66 с.
13. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції: Основ. положення] – На заміну СНиП 2.03.01-84*; Введено в дію з 01.07.2011 р. - К.: Укрархбудінформ, 2011. - 70 с.
14. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія [Текст] - Введено в дію з 01.11.2011. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127.
15. Гальчинський, А.С. та інші Основи економічних знань: Навчальний посібник. // – К.: Вища школа, 1999. – 544 с.
16. Архітектура: короткий словник-довідник / За заг. ред. А. П. Мардера. К. : Будівельник, 1995. 333 с.
17. 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.
18. 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.
19. Ципріянович І. В. Інженерна геологія : підручник. К. : КМУЦА, 1999.

256 с.

20.Ципріянович І. В., Старченко А. Ю. Комплектні системи сухого будівництва : навчальний посібник. 2-е вид. К. : Майстри, 2009. 416 с.

21.Ципріянович І. В., Старченко О. Ю., Гулін Д. В. Криволінійні та ламані форми гіпсокартонних облицювань: підручник. К. : ВАТ «Майстри», 2009. 416 с.

22.Enersip. Construction Manual. Jwaldner@enersip.com. WWW. enersip.com. 52 p.

23.Frame construction. Graphic guide to Rob Thallon. 3 rd Edition revised and adopted. The Taunton Press. 2008. 242 p.

24.MagRoc. Building New Zealand better. Structure Insulated System Technical Installation Manual. Version 6. December 2012. WWW.marroc. co.nz. 66 p.

25.Itructural Panels Australia. Technical Data and Engineering Manual. Structural Panels Pty Ltd. 28-30. Edelmaier Street Baywater.Victoria.3153. WWW.structuralpanels.com.au. 50 p.

26.The Basis of Wood Frame Construction. American Forest and paper Association. 2003. 396

27. Pankaj Saini, Ashish Goel, Dushyant Kumar Design and analysis of composite leaf spring for light vehicles // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. 2013.

28. Dadasaheb Gaikwad, Rakhi Sonkusare, Sameer Wagh Composite Leaf Spring for Light Weight Vehicle- Materials, Manufacturing Process, Advantages & Limitations // International Journal of Engineering Science and Technology. 2012.

29. Automotive suspension systems benefit from composites // Reinforced Plastics. 2003. №47(11). С. 18-21.

30. Wong, S.S. Carbon nanotube tips: high-resolution probes for imaging biological systems / S.S. Wong et al. // Journal of the American Chemical Society.– 1998. – Vol. 120. – P. 603.

31. Yudasaka, M. Mechanism of the effect of NiCo, Ni and Co catalysts on the yield of single-wall carbon nanotubes formed by pulsed Nd:YAG laser ablation /

M. Yudasaka et al. // *Journal of Physical Chemistry*. – 1999. – Vol. 103. – P. 6224 – 6229.

32. Haiyan, Li , Zhisheng Zhang , Xiaofei Ma. (2007) Synthesis and characterization of epoxy resin modified with nano-SiO₂ and γ -glycidoxypropyltrimethoxy silane. *ScienceDirect.*, 201, pp. 5269-5272.

33. Maser, W.K. Production of high-density single-walled nanotube material by a simple laser-ablation method / W.K. Maser et al. // *Chemical Physics Letters*. – 1998. – Vol. 292. – P. 587 – 593.

34. Hassan Mahfuz. (2008) Reinforcement of nylon 6 with functionalized silica nanoparticles for enhanced tensile strength and modulus. *Nanotechnology*, IOP Publishing Ltd, No19, pp 1-7.

35. S.-Y. Fu, X.-Q. Feng, B. Lauke, Y.-W. Mai. Effects of particle size, particle/matrix interface adhesion and particle loading on mechanical properties of particulate–polymer composites. *Composites: Part B* 39. (2008). P. 933–961.

36. Dekkers MEJ, Heikens D. The effect of interfacial adhesion on the tensile behavior of polystyrene–glass-bead composites. // *J Appl. Polym. Sci.* 1983;28: P. 3809–3915.

37. Rhein, L.D. Surfactants in personal care products and decorative cosmetics // E.3. 2006: Publisher CRC Press. P. 480