

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження теплотехнічних та фізико-механічних характеристик сендвіч-панелей для цехів шокowego заморожування ягід

Виконав: студент VI курсу, групи МБнм-61
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

		Гибайло С.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Підгурський М.І.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Данильченко С.М.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри		Ясній В.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В. П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » _____ 2021 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гибайло Сергій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження теплотехнічних та фізико-механічних характеристик сендвіч-панелей для цехів шокового заморозки ягід

Керівник роботи Підгурський Микола Іванович, д.т.н. професор.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «___» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ; Характеристика та будова сендвіч-панелей. Використання сендвіч-панелей в будівництві; Технічні умови та особливості проектування цехів шокового заморожування ягід; Експериментальні дослідження міцності та жорсткості великогабаритних сендвіч-панелей; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Загальні висновки; Бібліографія.

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б. к.т.н., доц.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викл.		
Нормоконтроль	Данильченко С.М. ст. викл.		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика та будова сендвіч-панелей. Використання сендвіч-панелей в будівництві.	21.01.2021	
2	Технічні умови та особливості проектування цехів шокового заморожування ягід.	16.02.2021	
3	Експериментальні дослідження міцності та жорсткості великогабаритних сендвіч-панелей.	03.04.2021	
4	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуація при монтажі сендвіч-панелей	10.05.2021	
5	Загальний висновок	15.05.2021	

Студент

(підпис)

Гибайло С.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Підгурський М.І.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БУДОВА СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІЙ. ВИКОРИСТАННЯ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ В БУДІВНИЦТВІ	8
1.1 Історія та розвиток сендвіч-панелей	8
1.2 Застосування сендвіч-панелей в будівництві	9
1.3 Технологія виготовлення сендвіч-панелей	10
1.4 Види та характеристики сендвіч-панелей	12
1.5 Колірна гама сендвіч-панелей RAL	17
1.6 Види замків стінових та покрівельних сендвіч-панелей	18
1.7 Висновки до розділу 1	20
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХІВ ШОКОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД	21
2.1 Вимоги до цехів шокового заморожування продукції	21
2.2 Розрахунок теплоізоляційних характеристик сендвіч-панелей згідно з регіоном будівництва цехів шокового заморожування ягід	26
2.3 Вибір типу основного наповнювача сендвіч-панелей для цехів шокового заморожування ягід	28
2.4 Висновок до розділу 2	33
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТОКСТІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ	34
3.1. Аналіз граничних станів сендвіч-панелей	34
3.2 Методика експериментальних випробувань натуральних тришарових стінових та покрівельних сендвіч-панелей	35
3.3 Результати експериментальних досліджень впливу типу наповнювача (мінеральна вата, пінополіуретан, поліізіціанурат) та його товщини на міцність та жорсткість. Аналіз результатів досліджень	37
3.5 Висновок до розділу 3	41
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	46

4.1 Інструкція з охорони праці під час виконання монтажних робіт сендвіч-панелей	48
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	54
4.3 Висновки до розділу 4	57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	59
БІБЛІОГРАФІЯ	61

ВСТУП

Одним із нових огорожувальних конструкцій є сендвіч-панель, з'явилась на ринку України зовсім не давно і швидко набирає популярності витісняючи з ринку традиційні огорожувальні конструкції.

До 2000-го року, в Україні не існувало жодного заводу з виготовлення сендвіч-панелей, в період 21 року їх нараховують більше 5.

Ринок збуту в 2020 році перевершив 4 000 000 м², із них більше 2 500 000 продукції сендвіч-панелей виготовлено Українськими виробниками.

Метою дипломної роботи є дослідження теплотехнічних та фізико-механічних характеристик сендвіч-панелей для цехів шокового заморожування ягід.

Об'єкт дослідження сендвіч-панель із різними видами наповнювачів пінополіуретан, пінополіізоціанурат та мінеральна ватою.

Предметом дослідження є фізико-механічні та теплотехнічні характеристики сендвіч-панелей.

Метод дослідження експериментальні випробування натурних сендвіч-панелей .

Наукова новизна отриманих результатів полягає в отриманні характеристик міцності та жорсткості натурних сендвіч-панелей залежно від типу наповнювача та його товщини. Отримані дані відкривають перспективу для подальших досліджень, характеристик міцності та жорсткості в залежності від типу наповнювача, його склеювання.

Апробація результатів магістерської роботи. Виконана на IV Міжнародній студентська науково - технічна конференція "Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання" (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 28-29 квітня 2021 року).

Публікація результатів магістерської роботи здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

Ключові слова: промислова будівля, шокове заморожування ягід, енергоефективність, сендвіч-панель, наповнювач

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ТА БУДОВА СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ .

ВИКОРИСТАННЯ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ В БУДІВНИЦТВІ.

1.1 Історія та розвиток сендвіч-панелей

Як випливає з назви, сендвіч-панелі складаються з декількох шарів - зазвичай з двох тонких покривних листів, між якими є серцевина.

Композитні системи облицювання застосовувались протягом значного часу, зокрема, для виготовлення транспортних засобів, таких як потяги і літаки, але розвиток сучасних сендвіч - панелей для облицювання будівель вперше почалося в 1930-ті роки, коли вони почалися застосовуватися архітекторами, включаючи Френком Ллойдом Райтом. Вони ставали дедалі популярнішими після другої світової війни [1].

Сучасні сендвіч-панелі можуть бути плоскими, зігнутими, вигнутими та з'єднаними між собою в майже необмеженому діапазоні конфігурацій і доступні в різноманітному кольорі, обробці, товщині, деталях країв та профілях залежно від архітектурно-конструктивних вимог (рис. 1.1-1.3).



Рисунок 1.1 – Будівництво логістичного центра із сендвіч-панелей

Вони, як правило, виготовлені за межами будівельного майданчика і особливо корисні, коли висока якість поєднується, зі структурною міцністю, високим рівнем теплоізоляції, ізоляції та невеликою вагою [2].

За останні кілька десятиліть сендвіч-панелі стали революційним рішенням у промисловому будівництві. За визначенням, ці вироби виконують дві цілі одночасно – є огорожувальними конструкціями з високими теплоізоляційними властивостями.

1.2 Застосування сендвіч-панелей в будівництві

Сендвіч-панелі ідеально підходять для будівельного сектору, завдяки архітектурній виразності, невеликій вазі, відносній дешевизні. Якщо панелі надходять безпосередньо із заводу, вони відразу готові до монтажу. Вони легко монтуються, кріплячись до опорної конструкції і одночасно є огорожувальними конструкціями з чудовими теплоізоляційними властивостями.



Рисунок 1.2 – Будівництво виробничого приміщення з адміністративним корпусом [3]

Зовнішні шари (обидві сторони облицювання) мають гарну архітектурну виразність, добрі механічні показники міцності, тоді як внутрішній шар (серцевина) забезпечує необхідні теплоізоляційні характеристики.

Через вищезазначені властивості утеплені панелі особливо популярні у різних галузях і можуть застосовуватись, як внутрішні перегородки, навісні стіни та несучі стіни, системи підвісних стель та покрівля для різні структури, включаючи торгові центри, промислові будівлі, офісні приміщення, фермерські та тваринницькі будівлі, криті спортивні арени, зберігання фруктів та овочів кімнати, логістичні центри, гаражні будівлі, тощо.



Рисунок 1.3 – Будівництво складської будівлі із сендвіч-панелей

1.3 Технологія виготовлення сендвіч-панелей

Виробництво сендвіч-панелей здійснюється безперервно і виконується на повністю автоматизованих неперервних лініях [2].

Виготовлення відбувається в декілька етапів, до яких відносяться: Профілювання листів металу (рис 1.4), впорскуванні суміші компоненти (рис 1.5), що утворюють жорсткий пінополіуретан між двома безперервно рухаються металевими листовими панелями верхньої та нижньої металевої обшивки (з попередньо профільованими поздовжніми з'єднаннями та основним профілем), для мінераловатних панелей стикування планок мінеральної вати, які є серцевиною панелі: нитки вовни розташовані вертикально, що збільшується механічні властивості панелі, приклеювання серцевини до покриттів за допомогою поліуретанового клею, нанесення ущільнювальних та захисних стрічок на торець

панелей, нарізання панелей за відповідними розмірами замовника, за допомогою пилки, що рухається вздовж так званого конвеєра охолодження, щоб пройти процес двостороннього фрезерування поздовжнього профілю сердечника; на завершальному етапі є їх автоматичне складування та упакування у транспортні пакети та загортається у термоусадочну плівку. (рис 1.6 та рис. 1.7).

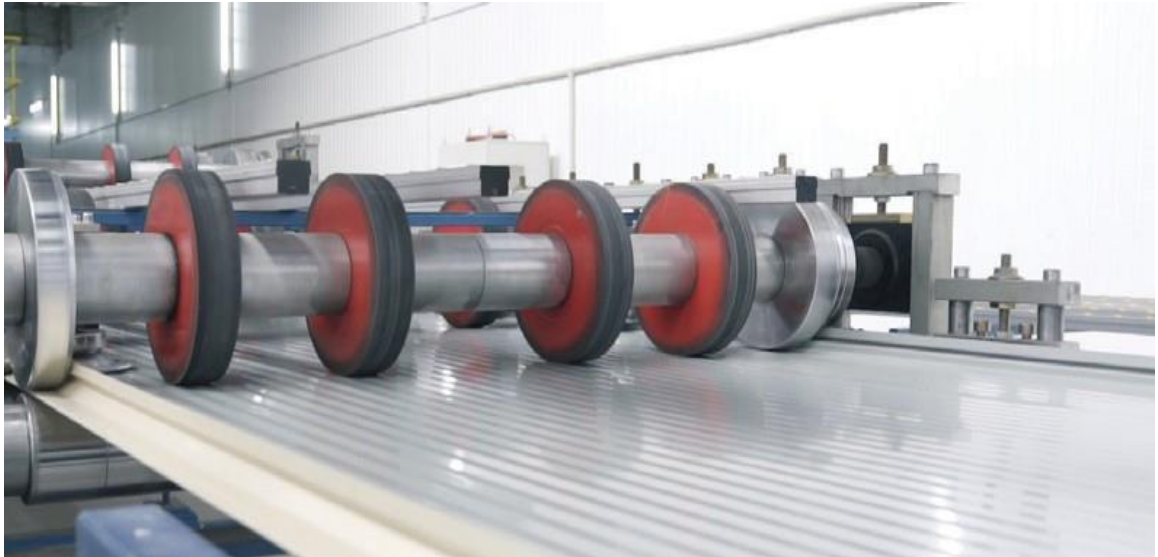


Рисунок 1.4 – Профілювання металу [2]



Рисунок 1.5 - Впорскування суміші компоненти (пінополіуритан) [2]



Рисунок 1.6 – Складування сендвіч-панелей [2]



Рисунок 1.7 – Пакування сендвіч-панелей [2]

Висока якість та фіксована повторюваність технічних параметрів досягнута завдяки застосуванню матеріалів вищого класу та постійному контролю за їх виготовленням.

1.4 Види та характеристики сендвіч-панелей

Сендвіч-панелі - це збірні блоки, що складаються з двох металевих листових облицювань (зовнішнього та внутрішнього) та конструкційно-ізоляційного наповнювача між ними – пінополіуретану, пінопласту та мінеральної вати (рис. 1.8)

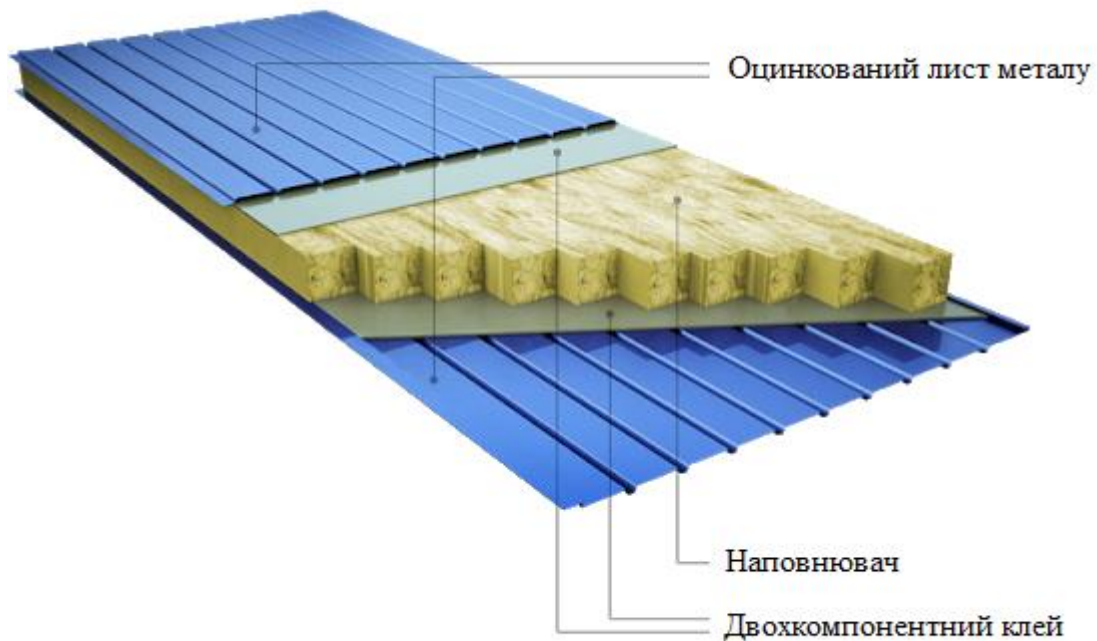


Рисунок 1.8 – Розріз сендвіч-панелі

Теплові властивості – це одна із особливостей будівельних сендвіч-панелей, яка забезпечує їх здатність до високо ефективності теплоізоляції.

Сталеві облицювання захищені від корозії та разом із серцевиною надають панелі високої механічної міцності.

Метал облицювань – оцинкована сталь з вмістом цинку 140-275 г/м², товщиною від 0,45мм до 0,70мм. Також може застосовуватись стійке алюмооцинкове антикоризійним покриття.

Видами полімерного покриття є поліестер РЕ (глянцеве покриття), матовий поліестер РЕМА (матове покриття), Food safe (глянцеве покриття), PVDF, PVC.

Покрівельні сендвіч-панелі. Їх можна швидко впізнати за регулярними хвилями на сендвіч-елементі. Ці хвилі служать для підвищення жорсткості

панелей. Ця характеристика вимогливою, особливо у випадку з панелями даху, оскільки вони повинні не тільки витримувати власну вагу, але й потенційні снігові або вітрові навантаження. Для забезпечення плавного переходу між двома панелями даху по одній стороні панелі є перекриваюча хвиля (рис 1.9).



Рисунок 1.9 – Покрівельна сендвіч-панель [2].

Стінові сендвіч-панелі можуть монтуватися вертикально, горизонтально та похило, в залежності від вибору рішення замовника. Застосовуються для зовнішніх та внутрішніх огорожувальних покриттів у різних конструкціях перекриттів та підлог. Стінові сендвіч-панелі ідеально підходять для реконструкції та утеплення існуючих будівель та споруд.

Види наповнювачів: мінеральна вата, пінополіуритан (PUR), поліізіціанурат (PIR).

Стінові сендвіч-панелі з серцевиною з мінеральної вати (рис. 1.10) складається з твердих мінераловатних брусків об'ємною щільністю 110 кг / м³. На відміну від поліуретану та поліізіціанурат, мінеральна вата є негорюча. Однак ця перевага нівелюється тим, що панелі з мінеральної вати мають дещо гірші теплоізоляційні властивості. Зазначим що правильно фрезерований наповнювач підвищує герметичність та забезпечує високу звукоізоляцію, що забезпечує комфортні умови для людей, які перебувають всередині приміщень.

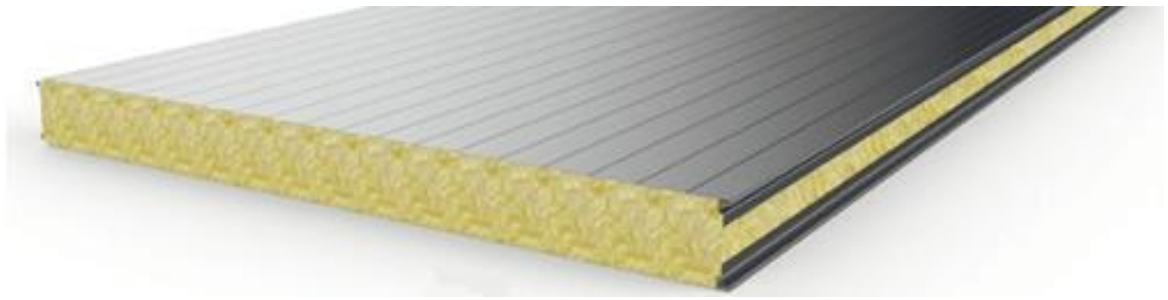


Рисунок 1.10 – Стінова сендвіч-панель з наповнювачем з мінеральної вати

Фізико механічні властивості стінових сендвіч-панелей, з мінераловатним наповнювачем представлено у таблиці 1.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики стінових сендвіч-панелей з мінераловатним наповнювачем.

Характеристики	Показник
Щільність	110-115 кг/м ³
Теплопровідність	$\lambda_{25} = 0,042$ Вт/(м•К)
Група горючості	НГ
Міцність на стиск при 10% деформації, не менше	60 кПа
Межа міцності на зрушення / зріз, не менше	50 кПа
Межа міцності на розтягнення, не менше	100 кПа
Водопоглинання при повному зануренні, не більше	1,5 % по об'єму
Вологість, не менше	$\mu = 0,53$ мг/(м•ч•Па)

Більш ефективними є сендвіч-панелі з поліуретановим наповнювачем, які витісняють матеріали такі як мінеральна вата або пінополістирол (рис 1.11).



Рисунок 1.11– Стінова сендвіч-панель з наповнювачем пінополіуретан

Твердий наповнювач з пінополіуретану забезпечує чудові параметри теплопровідності на рівні 0,022-0,025 Вт/мК (λ), що дозволяє зменшити товщину сендвіч-панелей. Тому PUR, PIR панель дозволяє підтримувати постійну температуру всередині приміщення. Також наповнювач поліуретан (PUR, PIR) є легким матеріалом, що призводить до безпосереднього зниження транспортних та монтажних затрат. Він є стійким до корозії та важких органічних сполук.

Крім того, панелі з наповнювачем PIR мають кращі показники вогнестійкості, ніж панелі з PUR наповнювачем, витримуючи більш високі температури. Завдяки цьому, сендвіч-панелі з PIR наповнювачем є дещо дорожчими, ніж з наповнювачем PUR.

Фізико-механічні властивості стінових сендвіч-панелей з наповнювачем з пінополіуретаном (PUR, PIR) представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики стінових сендвіч-панелей з наповнювачем пінополіуретану (PUR, PIR)

Характеристики	PUR	PIR
Щільність	40 кг/м ³	40 кг/м ³
Теплопровідність	0,022-0,025 Вт/(м·К)	0,022-0,025 Вт/(м·К)
Група горючості	Г3	Г1
Водопоглинання за 24 год	≤ 2%	≤ 2%
Водопоглинання за 24 год за відносної вологості повітря 96%	≤ 0,1%	≤ 0,1%
Закриті пори	95±5	95±5
Діапазон робочих температур	від -80 до +95°C	від -80 до +95°C

Широке застосування мають сендвіч-панелі з пінополістирольною серцевиною, який виготовляють шляхом спінювання полістиролу, внаслідок чого утворюються гранули. Готовий пінополістирол є сукупністю об'єднаних між собою гранул. Пінополістирол складається на 98% з повітря, що робить його легким і плавкими (рис .12).



Рисунок 1.12 – Стінова сендвіч-панель з наповнювачем пінополістирол

Фізико-механічні властивості стінових сендвіч-панелей з наповнювачем з пінополістиролу представлено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики стінових сендвіч-панелей з наповнювачем пінополістирол

Характеристики	Показник
Щільність	15-25 кг/м ³
Теплопровідність	0,039-0,042 Вт/(м·К)
Група горючості	Г4
Міцність на стиск при 10% деформації, не менше	100 кПа
Межа міцності при вигині, не менше	180 кПа
Водопоглинання при повному зануренні, не більше	2%

1.5 Колірна гама сендвіч-панелей

Колірна гама сендвіч-панелей системою стандартів RAL. Класифікація "RAL" означає введення єдиних стандартів на кольорову гаму які функціонують з 1927 року, і мають логічну побудову і чітким декодуванням. Система розроблена "Німецьким інститутом гарантії та якості". Зараз реєстр кольорів складається з тисяч відтінків, але щорічно додаються нові тони, які забезпечують зростаючі вимоги, до архітектурної виразності будови. Система базується на цифровому шифруванні. Кожен колір позначений цифровим індексом із чотирьох одиниць. Перша цифра здійснює посилання на основний колір. Останні цифри визначають

відтінок фарби. Двісті п'ятдесят відтінків "RAL" є найбільш розповсюдженими стосовно порошкових покриттів сендвіч-панелей. (рис. 1.13)

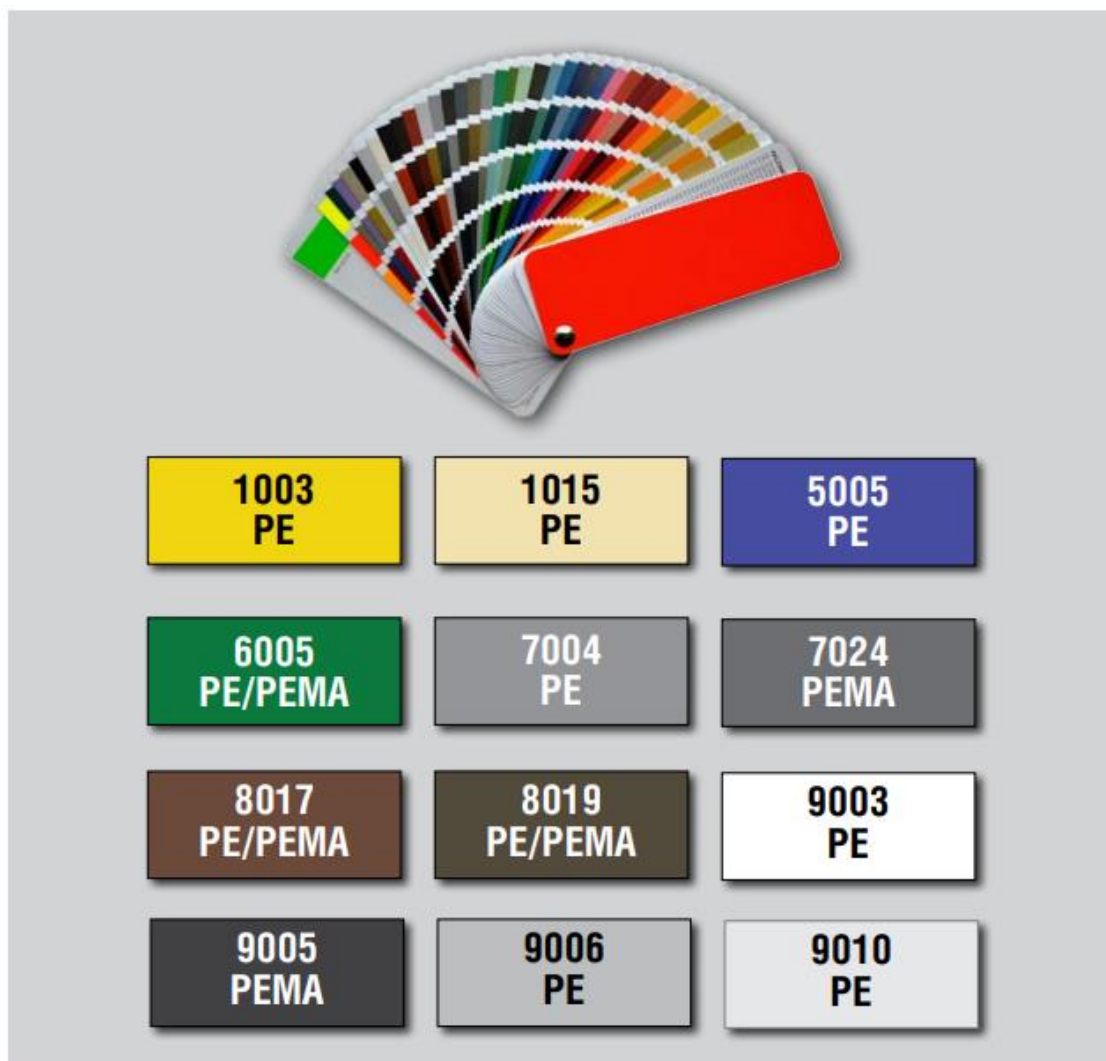


Рисунок 1.13 – Гама кольорів стінових сендвіч-панелей [2]

1.6 Види замків стінових та покрівельних сендвіч-панелей

Для стінових сендвіч-панелей в переважній більшості використовують три види замків [2]: класичний замок – для промислових будівель; прихований замок – надає естетику будівлі; замок для холодильних камер (термозамок) – застосовується у приміщеннях для яких окремим є їх термоізоляція та гідроізоляція (рис. 1.14).



1)



2)



3)

1) Класичний замок; 2) Схований замок; 3) Замок для холодильних камер.

Рисунок 1.14 – Типи замків для стінових сендвіч-панелей [2]

Покрівельні сендвіч-панелі використовують тип замка хвилювий, тобто при монтажі сендвіч-панелей хвиля наступної панелі знаходить на попередню наведено на рис. 1.15.



Рисунок 1.15 – Тип замків для покрівельних сендвіч-панелей [2]

1.7. Висновки до розділу 1

1. Розглянуто сучасний стан конструкцій сендвіч-панелей. Наведено основні їх переваги та недоліки з врахуванням конструктивних особливостей.
2. Розглянуто технологічні особливості виготовлення сендвіч-панелей, типи утеплювачів та їх фізико-механічні характеристики, особливості монтажу сендвіч-панелей.

РОЗДІЛ 2

ТЕХНІЧНІ УМОВИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ ЦЕХІВ ШОКОВОГО ЗАМОРОЖУВАННЯ ЯГІД

2.1 Вимоги до цехів шокового заморожування продукції

Згідно із технічним регулюванням в Україні [4] будівлі цехів шокового заморожування ягід, повинні відповідати наступним стандартним вимогам :

- механічний опір і стійкість [5];
- безпека у разі пожежі [6];
- гігієна, здоров'я та навколишнє середовище [7];
- енергозбереження й утримання тепла;
- раціональне використання природних ресурсів.

Під час звичайного заморожування ягід перехід від рідкої до твердої фази займає дуже тривалий період, тому клітини пошкоджують свою структуру, що призводить до втрати якості продукту, а під час розморожування ще й до втрату ваги та поживних речовин [8]. Під час шокового заморожування кристали льоду мають малі розміри і не руйнування клітини. При цьому процес поетапного переходу проходить дуже швидко. Це підвищує якість заморожених ягід та їх вигляд.

Для шокового заморожування ягід проектують спеціальні цехи (рис 2.1)

У даній науковій дипломній роботі розглядаються особливості енергозбереження й утримання тепла для конструкцій сендвіч-панелей, які є основним огорожувальним елементом, і забезпечують оптимальну теплопровідність, а також дозволяють без значних тепловтрат, підтримувати сталий температурний режим, в середині приміщень цехів шокового заморожування ягід. Це дозволяє економним для ефективного використовувати електроенергію, для підтримання сталого температурного режиму.

Для шокового заморожування ягід – будують з особливими температурним режимом. Особливість якого є збереження температури цих камер. Будівництво морозильних складів має ряд принципових відмінностей: замкнутого контуру

утеплювача; теплоізоляції стін і стелі повинна бути пов'язана з теплоізолюючою підлогою.



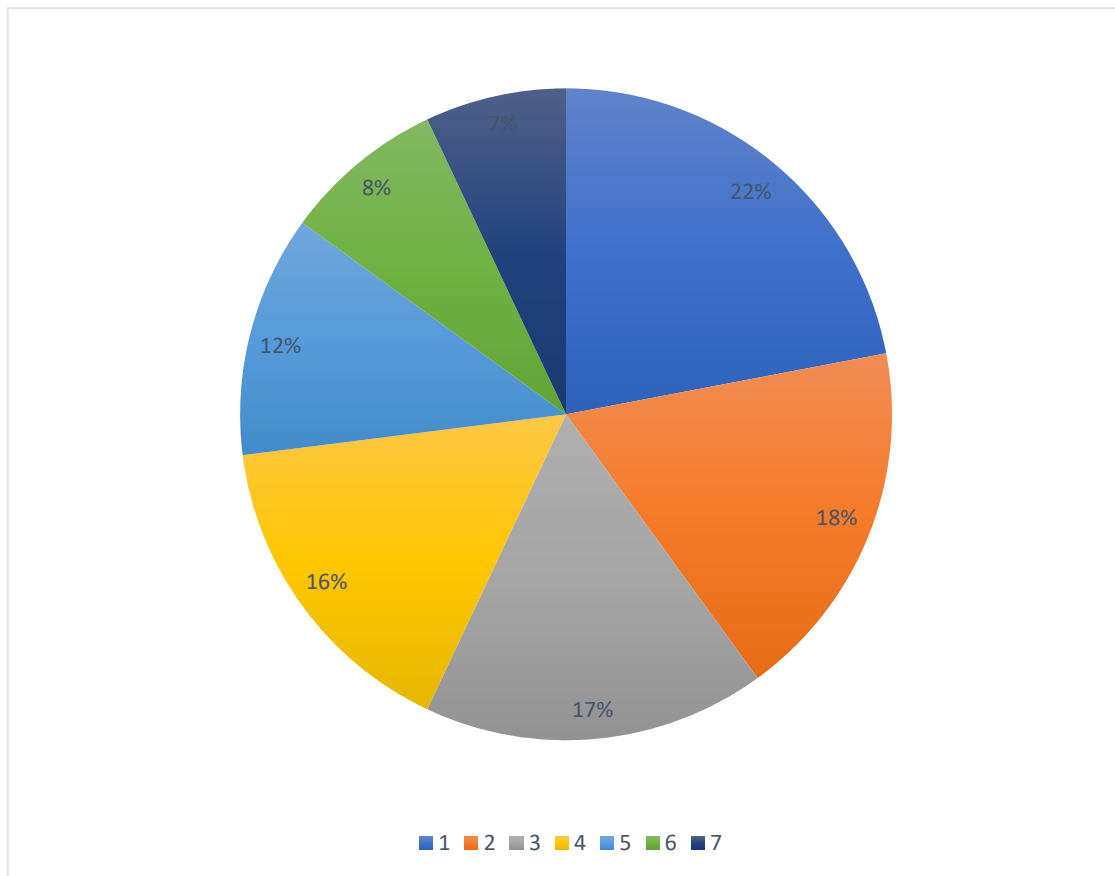
Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд цеху шокового заморожування ягід

Основними вимогами енергозбереження для будівель цехів шокового заморожування ягід, є наступні:

- підтримання температури від -5 до -20;
- отримання санітарних умов [7];
- мінімальні витрати електроенергії для підтримування необхідного сталого температурного режиму.

Також в даній дипломній роботі розглянемо фізико механічні характеристики а саме: допустимі деформації, які виникають в сендвіч-панелях, при влаштуванні огорожуючих конструкцій для приміщень цехів шокового заморожування ягід. Також розглядатиму граничні стани при яких відбувається механічне руйнування сендвіч-панелей.

Враховуючи переваги сендвіч-панелей, вони є найбільш ефективними при будівництві: складських приміщеннях, логістичних центрів, спортивних споруд, цехів шокового заморожування та морозильних камер, торговельних центрів, виробничих будівель, офісних будівель. Використання сендвіч-панелей для різного типу будівель представлено на рис. 2.2.



1 – складські приміщення; 2 – логістичні центри; 3 – виробничі будівлі; 4 – цехи шокової заморозки, та холодильні камери; 5 – торговельні центри; 6 – спортивні споруди; 7 – офісні будівлі.

Рисунок 2.2 - Діаграма використання сендвіч-панелей у будівництві

У деяких галузях промисловості будівельні вимоги можуть бути критичними для будівельного проекту. Будівництво із застосуванням сендвіч-панелей - це "сухий процес", для будівельних матеріалів не потрібно води. Сухий процес вимагає лише складання конструкцій з фіксацією (тут, сендвіч-панелей) гвинтами.

Традиційне будівництво із монтажем залізобетону чи цегли використовує "вологі процеси", які вимагають значної кількості води для виготовлення розчину при влаштуванні цегляної кладки, бетону чи штукатурки.

Деякі галузі промисловості, такі як деревообробка або фармацевтичне виробництво, вимагають фіксованого та контрольованого рівня відносної вологості, що виключає мокрі будівельні процеси.

Особливістю проектування і розрахунку фізико-механічних характеристик сендвіч-панелей для даного виду будівель, є влаштування зовнішнього металокаркасу, а також підвісних стель (рис.2.3, рис. 2.4).

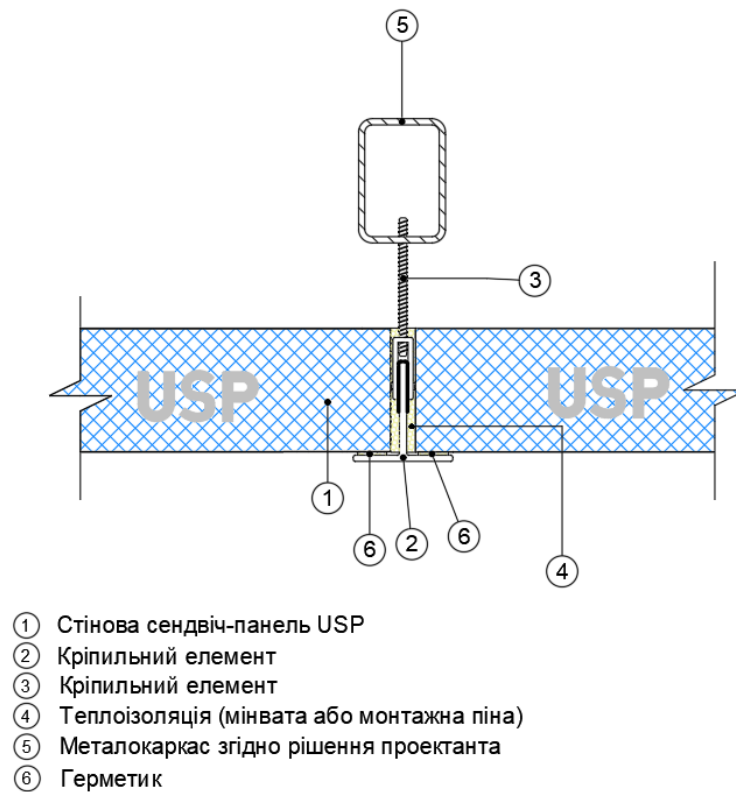


Рисунок 2.3 - Вузол примикання підвісних стель до металокаркасу [2]

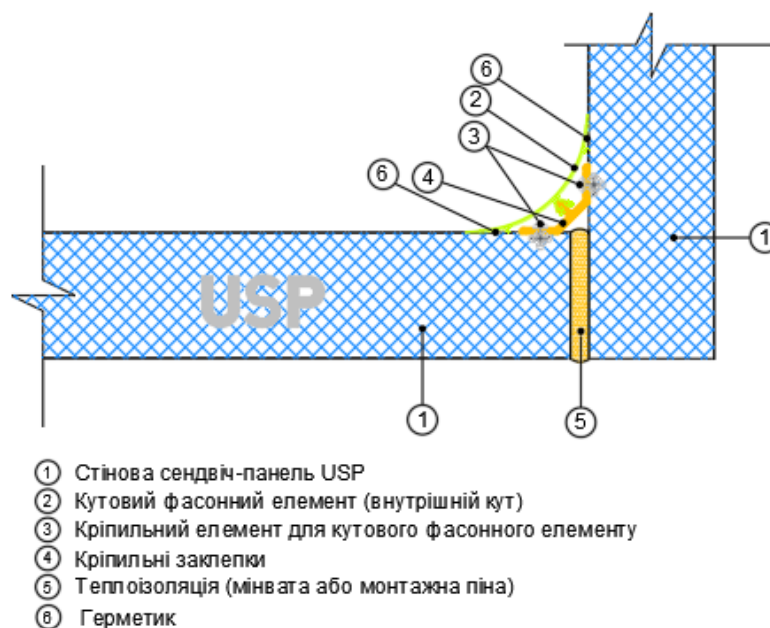


Рисунок 2.4 - Вузол кутового з'єднання сендвіч-панелей для холодильних камер [2]

Шокове заморожування можна поділити на 3 стадії, які включають в себе:

- Охолодження. Зменшення температури від початкової до $+3..+5$ С на 30-40хв.
- Підморожування. Зменшення температури від $+3..+5$ С до $-5..-10$ С на 40-50 хв.
- Доморожування. Зменшення температури від $-5..-10$ С до -20 С.

В приміщеннях для залу приймання продукції передбачають використання повітроохолоджувачів, системи холодопостачання з підтримкою середньої температури $+8^{\circ}\text{C}$.

Всі процеси шокової заморозки мають відповідати певному виду заморожування продукції.

Також важливою особливістю в розробці проектів – цехів шокової заморозки ягід, є передбачення влаштування утепленої підлоги із сендвіч-панелі. Це є необхідним для того, щоб розрахувати можливе руйнування підлоги цехів шокової заморозки. Необхідно захистити ґрунт від проникнення холоду, оскільки з часом низька температура всередині камери, може призвести до проникнення холоду в ґрунт. ґрунти насичені вологою можуть зпучуватись, внаслідок чого відбувається, пошкодження підлоги цеху шокового заморожування ягід. У цьому випадку цього необхідно передбачити герметизацію стін з підлогою, а також взаємодію чорнової стяжки, утеплювача та промислової підлоги (рис 2.5)

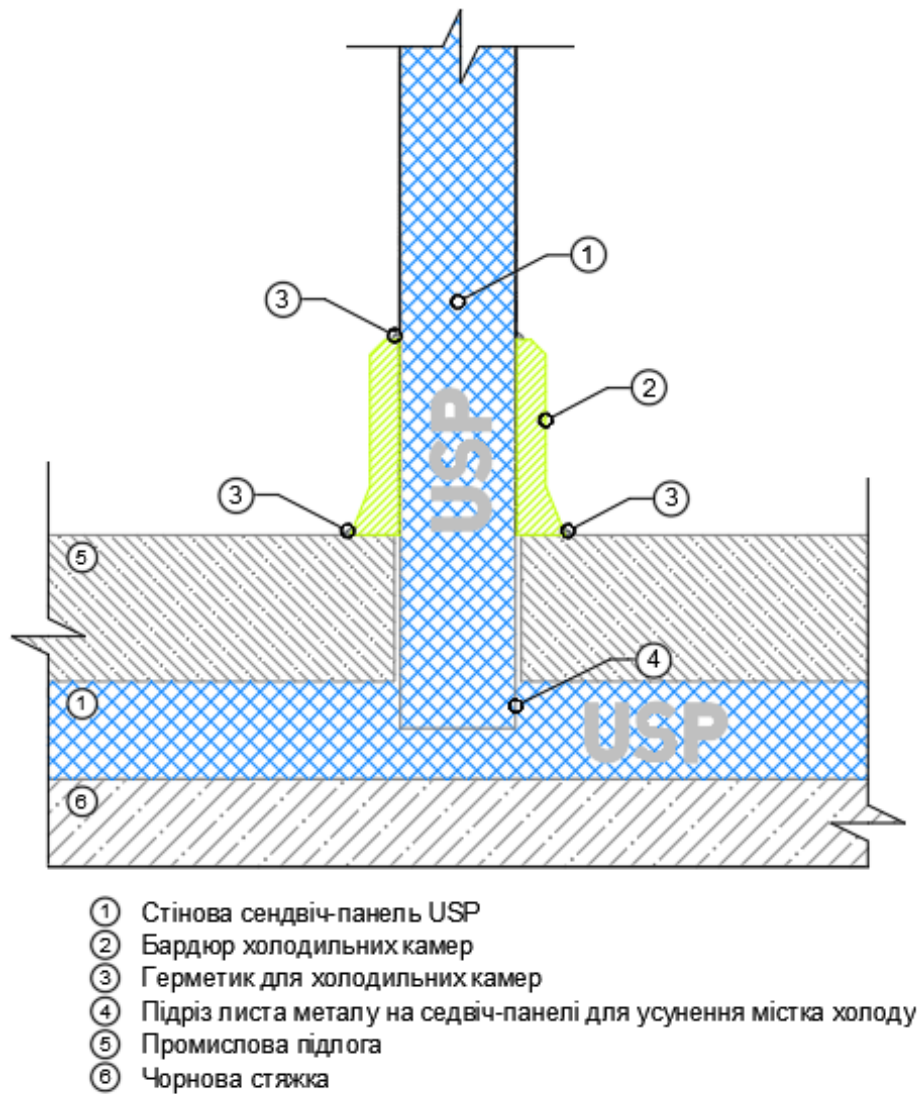


Рисунок 2.5 - Вузол з'єднання стінового наповнювача із підлогою

На рисунку 2.5 під пунктом 4 вказано необхідність обрізати фрагмент захисного метал на сендвіч-панелі, для недопущення утворення містка холоду та для забезпечення взаємодії двох наповнювачів. В залежності від умов експлуатації корисного об'єму приміщення, застосованого обладнання для підтримання температурного режиму, а також технологічних спадів заморожування ягід, товщина наповнювача сендвіч-панелі розраховується індивідуально.

2.2 Розрахунок теплоізоляційних характеристик сендвіч-панелей згідно з регіоном будівництва цехів шокowego заморожування ягід

До важливих умов для підбору товщини наповнювача, також є регіон розташування цехів шокового заморожування ягід.

Відомо, що зовнішнім шаром, сендвіч-панелі є металевий лист, що виготовлений з оцинкованої сталі товщиною 0,5-0,7 мм, покривають поліефірною фарбою. Зважаючи на підвищені антикорозійні вимоги та можливий контакт з продуктами харчування для випадку складів, та морозильних камер, сендвіч-панелі можуть бути покриті PVDF, PVC (F). Такий кожух запобігає виникненню цвілі, плям, грибка та інших небажаних наслідків при експлуатації в складних умовах.

Металевий лист взаємодіє із зовнішнім середовищем, При прямому попаданні сонячного проміння необхідний розрахунок теплоефективності сендвіч-панелі виконується за двома умовами:

- 1) Від температури всередині приміщення, яка залежить від об'єму приміщення, холодильного обладнання, і температура при якій відбувається заморожування ягід. В залежності від виду продукції, передбаченої для заморожування, температура може коливатися в невеликому діапазоні від -5 до -20 нижче нуля.
- 2) При прямому попаданні сонячному промінні, в розрахунку необхідно приймати подвійну середньо місячну температуру для найтеплішого місяця року.

Наприклад. Для півдня Тернопільської області в найтепліший період року середньомісячна температура становить $18,8^{\circ}$ [9]. Зважаючи на це приймають зовнішню температуру $18,8 \cdot 2 = 37,6^{\circ}$, отже, внутрішня температура -12° (зовнішня прийнята $37,6^{\circ}$) перепад температур становить $49,6^{\circ}$ градусів. Приймаємо найближче вище за розрахункове наближене значення, (табл. 2.1). Вибирають значення товщини сендвіч-панелей із зеленого діапазону, для якого оптимальним є співвідношення ціни у поєднанні з мінімальною товщини наповнювача необхідної енергетичної ефективності підбираємо сендвіч-панель товщиною в 100 мм.

Таблиця 2.1 - Для підбору товщини сендвіч-панелей згідно регіону будівництва.

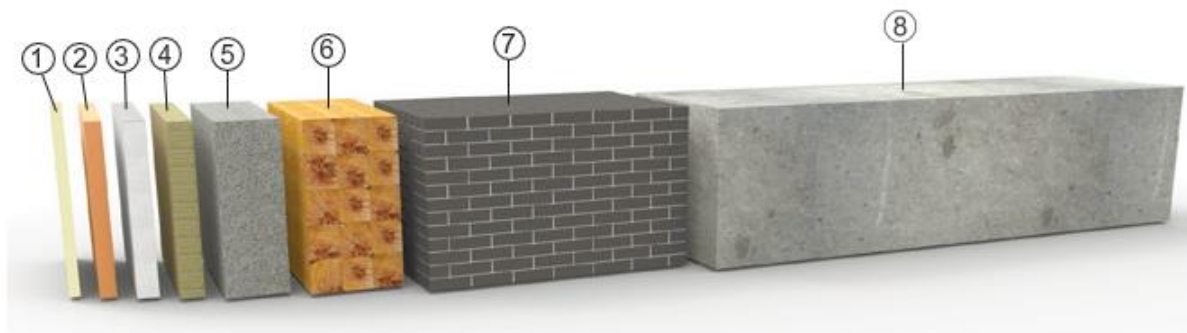
Товщина мм.	40	50	60	80	100	120	140	150	160	180	200
Різниця температур ° C											
10 ° C	5,3	4,2	3,5	2,6	2,1	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1
15 ° C	7,9	6,3	5,25	3,9	3,15	2,55	2,25	2,1	1,95	1,8	1,5
20 ° C	10,5	8,4	7	5,2	4,2	3,4	3	2,8	2,6	2,4	2
25 ° C	13,1	10,5	8,75	6,5	5,25	4,25	3,75	3,5	3,25	3	2,5
30 ° C	15,8	12,6	10,5	7,8	6,3	5,1	4,5	4,2	3,9	3,6	3
35 ° C	18,4	14,7	12,25	9,1	7,35	5,95	5,25	4,9	4,55	4,2	3,5
40 ° C	21	16,8	14	10,4	8,4	6,8	6	5,6	5,2	4,8	4
45 ° C	23,6	18,9	15,75	11,7	9,45	7,6	6,75	6,3	5,85	5,4	4,5
50 ° C	26,3	21	17,5	13	10,5	8,5	7,5	7	6,5	6	5
55 ° C	28,9	23,1	19,25	14,3	11,55	9,35	8,25	7,7	7,15	6,6	5,5
60 ° C	31,5	25,2	21	15,6	12,6	10,2	9	8,4	7,8	7,2	6
65 ° C	34,1	27,3	22,75	16,9	13,65	11,05	9,75	9,1	8,45	7,8	6,5
70 ° C	36,8	29,4	24,5	18,2	14,7	11,9	10,5	9,8	9,1	8,4	7
75 ° C	39,4	31,5	26,2	19,5	15,7	12,7	11,25	10,5	9,75	9	7,5
80 ° C	42	33,6	28	20,8	16,8	13,6	12	11,2	10,4	9,6	8
85 ° C	44,6	35,7	29,8	22,1	17,9	14,5	12,8	11,9	11	10,2	8,5
90 ° C	47,3	37,8	31,5	23,4	19,3	15,3	13,5	12,6	11,7	10,8	9
95 ° C	49,9	39,9	33,3	24,7	19,9	16,2	14,3	13,3	12,4	11,4	9,5

Зміщення різниці температур у бік червоного діапазону буде означати підвищенні енергозатрати для роботи холодильного обладнання.

Зміщення різниці температури у бік жовтого діапазону є не настільки критичним, але потребує додаткового розрахунку, оскільки, більша товщина наповнювача приводить до здорожчання сендвіч-панелей.

2.3 Вибір типу основного наповнювача сендвіч-панелей для цехів шокового заморожування ягід

Основним матеріалом для огороження приміщень цехів шокової заморозки ягід, вибираємо наповнювач – пінополіуретан. Сендвіч-панелі з цим наповнювачем у першу чергу відрізняються кращими теплоізоляційними властивостями. Коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,022$ Вт/мК, матеріалів вибирають власники проектів, які прагнуть зменшити загальні витрати на опалення. Наприклад, за теплопровідністю цегляну стіну товщиною 560 мм може замінити стіна з пінополіуретану товщиною всього 20 мм (рис. 2.4).



- | | |
|--|-------------------------------------|
| 1. <u>Пінополіуретан</u> - 20 мм. | 5. <u>Полістиролбетон</u> - 120 мм. |
| 2. <u>Екструдований пінопласт</u> - 30 мм. | 6. <u>Дерев'яний брус</u> - 180 мм. |
| 3. <u>Пінопласт</u> - 40 мм. | 7. <u>Цегла рядова</u> - 560 мм. |
| 4. <u>Мінеральна вата</u> - 45 мм. | 8. <u>Бетонний блок</u> - 1300 мм. |

Рисунок 2.6 – Порівняння теплоізоляційних характеристик будівельних матеріалів

Іншою не менш важливою перевагою є менша щільність матеріалу, з якого зроблена серцевина (40 кг/м³). Це значно спрощує їх встановлення.

Завдяки гладкій поверхні сендвіч-панелі швидко і легко миються. Для цього ідеально підходять стандартні мийки високого тиску. Матеріали для панельного покриття повністю стійкі до впливу струменя води, тому регулярне очищення збереже конструкцію новою протягом багатьох років.

Стінові та дахові сендвіч-панелі з темним облицюванням характеризуються високою здатністю поглинання тепла, що може спричинити панелям деформації поверхні облицювання в літній період.

Іншою важливою характеристикою є опір теплопровідності сендвіч-панелей (рис. 2.7)



Рисунок 2.7 – Діаграма опору теплопровідності стінових сендвіч-панелей із наповнювачами пінополіуритан та мінераловата

Зазначимо що товщина наповнювача 150мм використовується в новозбудованих цехів шокової заморозки ягід; 120мм використовують для камер зберігань на продукції; 80-100мм для камер охолодження. Товщина воріт (дверей) має відповідати товщині наповнювача (рис 2.8). У багатьох випадках використовується поєднання будівельних матеріалів, сендвіч-панель-цегляна стіна-профнастил (рис. 2.9).



Рисунок 2.8 – Морозильні двері

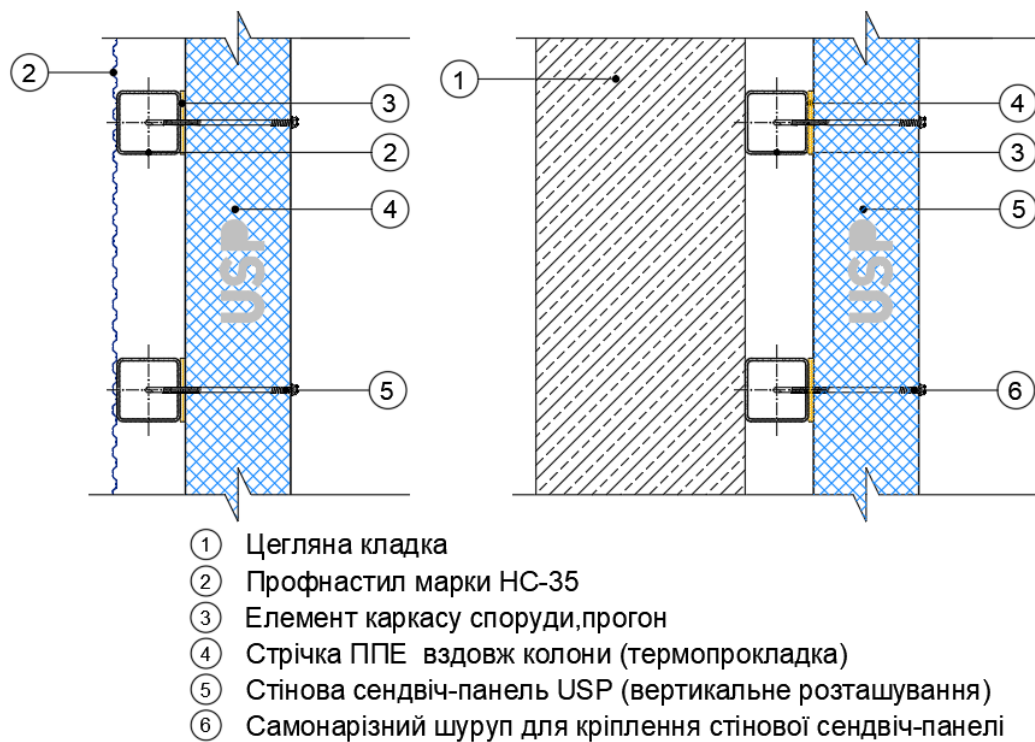


Рисунок 2.9 - Вузол примикання сендвіч-панелі до цегляної кладки

При поєднанні будівельних матеріалів доцільно використовувати сендвіч-панель меншої товщини, частим випадком є влаштування камер всередині існуючих старих будівель, де основним огорожувальним елементом є цегла. У такому випадку по цегляній стіні влаштовуються направляючі, до направляючих кріпиться сендвіч-панелі гвинтами. Таким чином утворюють всередині приміщень камеру для цехів заморожування. Таке рішення приводить до зменшення товщини наповнювача. Економічно допустимим може бути додатковий захист від попадання сонячного випромінювання в вигляді профлиста (рис. 2.9) у такому випадку при виборі товщини наповнювача не потрібно подвоювати розрахункову середньомісячну температуру найтеплішого місяця року. Для цього достатньо прийняти наповнювач, виходячи із розрахунку середньомісячної температури найтеплішого місяця згідно із [9], та необхідною середньою температурою камери.

Важливою частиною розробки проекту із сендвіч-панелей цехів шокового заморожування, є металокаркас [10]. Для оптимального розрахунку металокаркасу, зменшення його ваги, важливо розрахувати граничні допустимі прогини для сендвіч-панелей. Це дозволить знизити затрати на прогони під влаштування

сендвіч-панелей, зменшити їх переріз, або зменшити їх кількість, для стіни або покрівлі із сендвіч-панелей [11].

Одною із особливостей сендвіч-панелей є наявність в них термозамків (рис.2.10), які спеціально передбачені для досягнення оптимально високого рівня термоізоляції, гідроізоляції та герметичності холодильних сендвіч-панелей.



Рисунок 2.10 – Термозамок для холодильних камер

Що є важливою особливістю для деяких видів заморожування, то це необхідність регулювання підтримки кліматичного середовища всередині камер шокової заморозки. При таких замках необхідно передбачити спеціальне влаштування в замок прокладки з бітумнокаучукового шнура, через перепад тиску в середині камери і зовні, шурупи в таких камерах необхідно поміщати в спеціальні пластикові насадки (рис 2.11).



Рисунок 2.11 – Кріплення сендвіч-панелей до металокаркасу шурупами з спеціальними пластиковими насадками

Щоб заощадити на витратах електроенергії можна використовувати новітні зелені технології, додати сонячні батареї до своїх холодильних камер.

2.4 Висновки до розділу 2

1. Для влаштування цехів шокової заморозки ягід, необхідно:
 - економічно ефективно підібрати товщину наповнювача. Для цього необхідно володіти інформацією про енергоефективність сендвіч-панелей із наповнювачем, (зокрема для пінополіуретану), їх теплотехнічні характеристики, а також розглядати взаємодію, з поєднання іншими видами огорожуючих матеріалів, що можуть бути використані для будівництва цехів шокової заморозки ягід.
 - другим важливим параметром, який дозволить оптимально підібрати і розрахувати металокаркас є фізико-механічні характеристики, а саме допустимі прогини при вітровому та сніговому навантаженню з врахуванням власної ваги пенелей.
2. Розглянуть конструкції панелей і у тому числі термозамка гарантують виконання високих вимог щодо теплоізоляції, високої несучої здатності та

жорсткості з широким діапазоном допустимих температурних перепадів зовнішньої та внутрішньої обшивки. Це дозволяє застосовувати сендвіч-панелі значної довжини.

3. Застосування сендвіч-панелей для холодного зберігання ягід повинно відповідати технічному проекту.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ТА ЖОРСТКОСТІ ВЕЛИКОГАБАРИТНИХ ПАНЕЛЕЙ

3.1 Аналіз граничних станів сендвіч-панелей

При розгляді тришарових панелей (сендвіч-панелей) необхідно враховувати міцність і жорсткість характеристик кожного шару та їх взаємодію між собою. На основі теоретичних та експериментальних результатів досліджень розглядають такі граничні стани тришарових сендвіч-панелей [14, 15]: граничний прогин P_1 , складко утворення обшивки P_2 ; обчислення на опір P_3 , та зсув утеплювача P_4 (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Граничні стани сендвіч-панелей.

Критична сила, що визначає граничний прогин $f_{\max}$ визначається за залежністю [14]:

$$P_1 = \frac{f_{\max} \times \alpha \times K_1 EI}{l_2}$$

де $f_{\max} = \frac{1}{200}$ – максимальний прогин зразка панелі, K – поправковий коефіцієнт, що враховує зниження згинальної жорсткості панелі за рахунок обтиснення утеплювача ($K = 0 \div 1$), $\alpha = \frac{1}{48}$ – для схеми чотиричоткового згину, l – довжина панелі, EI – приведена жорсткість панелі.

Критична сила P_2 , що визначає граничний стан, який реалізується як складкоутворення стиснутої обшивки визначається за залежністю [14]:

$$P_2 = 2EI\sqrt{r} = 2\sqrt{EI_c}$$

$$\text{де } r = \frac{c}{(E_s \times I)sh}; C = C_1 + C_2b; C_1 = 2000 \frac{qb}{L}$$

У цих формулах: E – модуль пружності утеплювача, I_c – момент інерції утеплювача; I – момент інерції обшивки, $(E_s I) sh$ – жорсткість обшивки; q – розрахункове навантаження, C – інтегральний показник постелі; C_1 – парціальний коефіцієнт постелі, зумовлений максимальним прогином сендвіч-панелі $[\frac{KH}{M^2}]$; L – прогін.

Критична сила P_3 , при якій відбувається зсув утеплювача визначається за залежністю [Б]:

$$P_3 = 2Q = 2 \frac{\tau \times b \times I}{S} = \frac{4\tau_{кр} \times b \times h}{3},$$

де Q – поперечна сила на опорі; S – статичний момент інерції утеплювача; $\tau_{кр}$ – критичні дотичні напруження в утеплювачі; b – ширина панелі; h – товщина утеплювача.

Критична сила P_4 , що відповідає граничному стану який характеризує обтиснення утеплювача на опорах визначається залежністю [15]:

$$P_4 = \varphi \times Q$$

$$\text{де } Q \leq \frac{[\epsilon_{ст}] \times a \times b}{2}$$

У цих формулах – $\varphi \in (0,1)$ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу реактивного тиску; Q – реакція на опорі; $a \times b$ – площа опорних частин випробувальної машини.

Зазначимо, що на основі результатів досліджень, проведених у роботах [14, 15] панелей з мінераловатним заповнювачем товщиною 80 мм; 100мм; 150мм та 200мм встановлено, що у всіх випадках критичні навантаження є найменшими для граничного стану P_1 (граничного прогину).

Прийнявши критичні навантаження для граничного стану $P_1 = 1,00$ (рис.3.2) отримаємо співвідношення критичних навантажень для різних граничних станів. Результати, отримані на рис.3.2 побудованих на основі даних [14, 15].

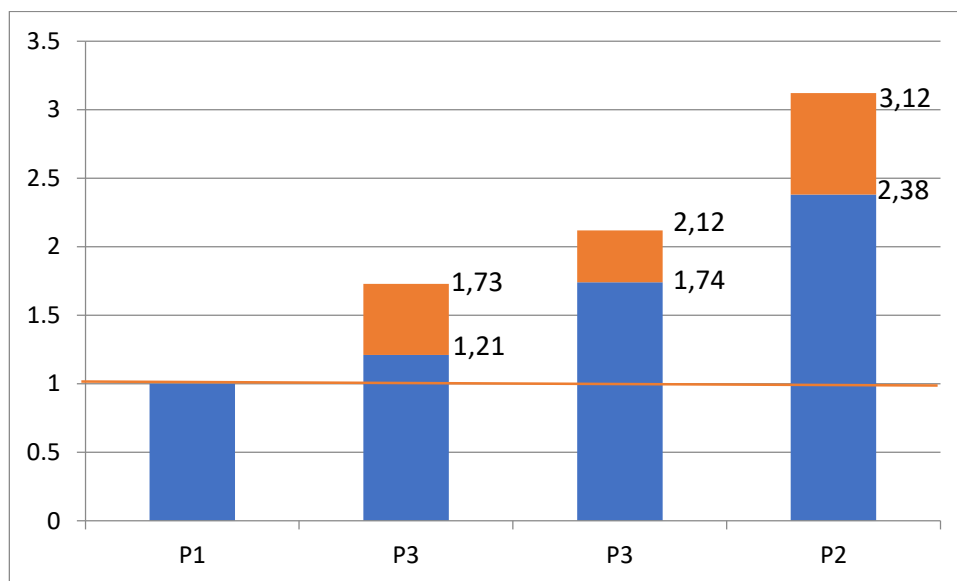


Рисунок - 3.2 Відносні співвідношення критичних навантажень для граничних станів сендвіч-панелей з мінераловатним утеплювачем.

Аналіз результатів, представлені на рис. 3.2, що характеризують особливості настання граничних станів при навантаженні сендвіч-панелі до критичних значень засвідчують, що найбільше небезпечним (критичним) є граничний стан, що характеризує жорсткісні характеристики сендвіч-панелі , а саме – граничний прогин.

У зв'язку з цим нами були проведені експериментальні дослідження сендвіч-панелей з різними видами утеплювачів, з метою визначити критичні навантаження при максимально допустимому їх прогині.

3.2 Методика експериментальних випробувань натуральних тришарових стінових та покрівельних сендвіч-панелей.

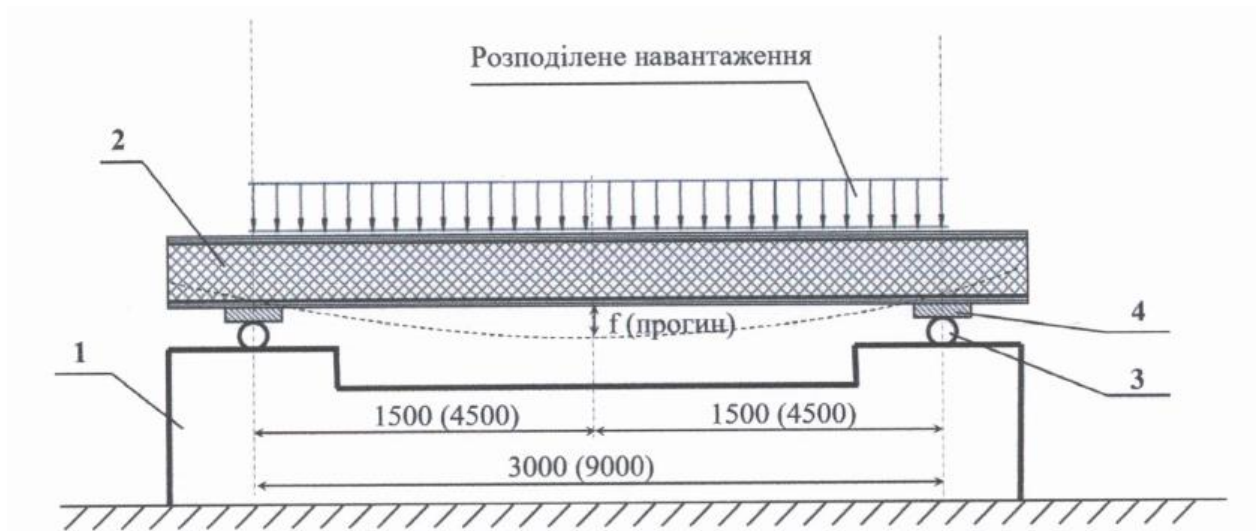
Відповідно до [16], який представляє методику низьких критичних навантажень для сендвіч-панелей були проведені експериментальні дослідження

натурних панелей з мінеральних, поліуретанових і поліізоціануратних заповнювачів.

Для визначення критичних навантажень при граничному допустимому прогині досліджувались натурні тришарові сендвіч-панелі з такими характеристиками:

- довжиною 9500 мм (прогон 9000), шириною 1180 мм , з металевими обшивками товщиною 0.7 мм і мінераловатними заповнювачем товщиною 0,150 м. Маса панелі становить 300 кг. Густина утеплювача – 110 кг/м³. Марка панелі – СПСм (стінова).
- довжиною прогину 3,0 м, шириною 1,18 м, товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 м та 0,15 м, товщина панельної обшивки $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПСм (стінова).
- довжиною прогону 3,0 м. шириною 1,0 м. товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 та 0,15 м; товщина металевих листів $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПДм (дахова).
- довжиною прогону 3,0 м, шириною 1,15 м, товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 м та 0,15 м, товщина панельної обшивки $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПСрur (стінова).
- довжиною прогону 3,0 м, шириною 1,15 м, товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 м та 0,15 м, товщина панельної обшивки $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПСріг (стінова).
- довжиною прогону 3,0 м, шириною 1,0 м, товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 м та 0,15 м, товщина панельної обшивки $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПДрur (дахова).
- довжиною прогону 3,0 м, шириною 1,0 м, товщиною мінераловатного наповнювача 0,10 м та 0,15 м, товщина панельної обшивки $0,5 \cdot 10^{-3}$ м марка панелі СПСріг (стінова).

Схема експериментальних випробувань тришарових панелей наведені на рис. 3.3



1 – основа; 2 – панель; 3 – шарнірно нерухомі та шарнірно рухомі опори; 4 – дерев'яні підкладки.

Рис. 3.3 - Схема експериментальних випробувань тришарових панелей

Для забезпечення умов рівномірного розподілення навантаження натурні панелі завантажували бетонними зразками від точок обпирань до центру панелі. Навантаження збільшували покроково, отримуючи від 6 до 9 замірів прогину панелі у центральній зоні на кожному кроці випробувань, одночасно оцінюючи прикладене навантаження. Прогиноміром заміряли прогини посередині конструкції сендвіч-панелей, індикатором годинникового типу встановленим в зонах максимальних поперечних сил біля опор проводили оцінку обтиснення утеплювача.

На рис. 3.4 представлена реалізація покрокового збільшення навантаження на стінову сендвіч-панель СПСм довжиною 9,5м і її характер руйнування, а також процеси навантаження і руйнування панелей довжиною СПСруг 3,5м (прогон 3,0)м з товщиною утеплювачем з пінополіуретану товщиною 0,1 м (рис 3.5). Маса панелі 47 кг, густина пінополіуретану 40 кг./м³.



Рисунок 3.4 - Випробування стінової сендвіч-панелі СМСм (довжиною 9,5 м) з мінераловатним заповнювачем товщиною 150 мм

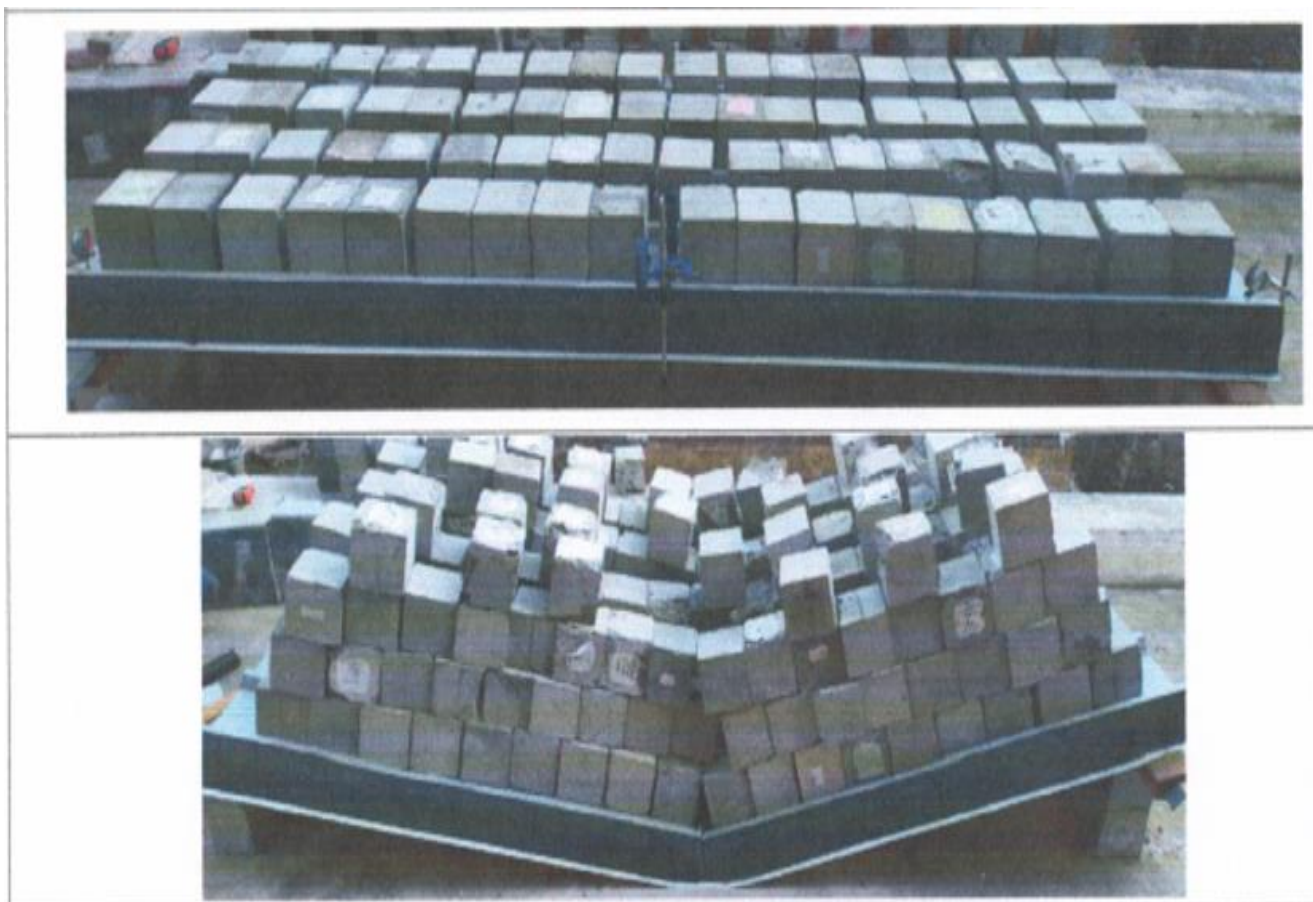


Рисунок 3.5 - Випробування сендвіч-панелей СПС_{риг} довжиною 3,2м з пінополіуретановим заповнювачем товщиною 150 мм

Варто зазначити, що рівномірно розподілене навантаження стінової сендвіч-модельює вітрові навантаження, а дахова – снігове. Також варто зазначити, що для всіх сендвіч-панелей граничний стан наставав внаслідок досягнення граничної прогину.

3.3 Результати експериментальних досліджень впливу типу наповнювача (мінеральна вата, пінополіуретан, поліізіціанурат) та його товщини на міцність та жорсткість. Аналіз результатів досліджень.

На рис. 3.6 та рис. 3.7 наведені результати експериментальних випробувань які представлені на рисунках 3.4 і 3.5 відповідно. На рис 3.8 наведені порівняльні результати випробувань сендвіч-панелей СПС_м довжиною 9,5 м з мінераловим

наповнювачем товщиною 0,150 м та СПСриг довжиною 3,2 м з поліуретановим наповнювачем товщиною 0,150 м.

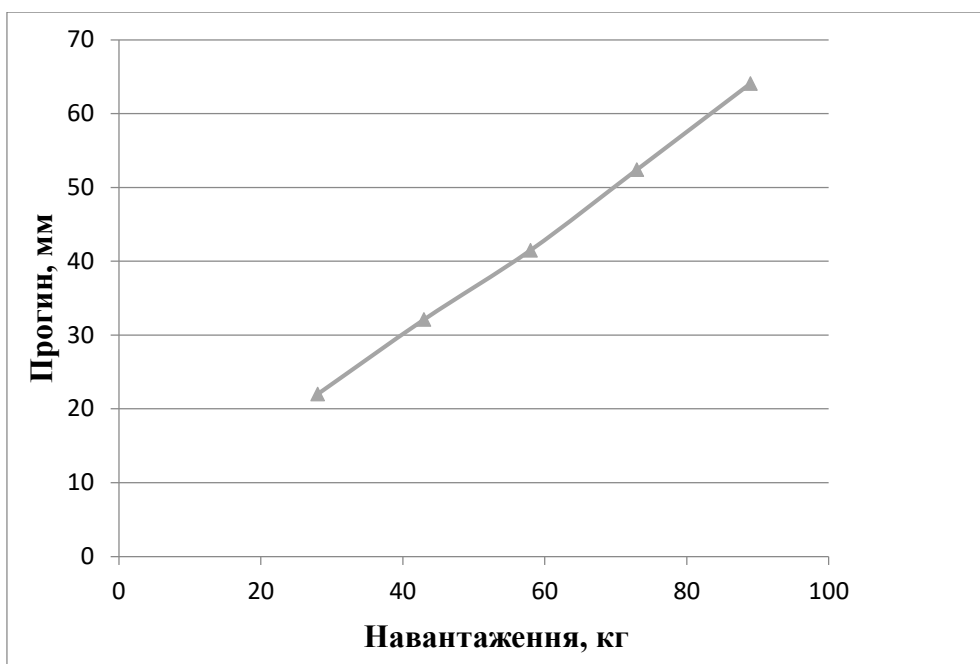


Рисунок 3.6 - Діаграма навантаження переміщення при випробуванні сендвіч-панелей СПСм довжиною 9,5 м з мінераловим наповнювачем товщиною 0,150 м.

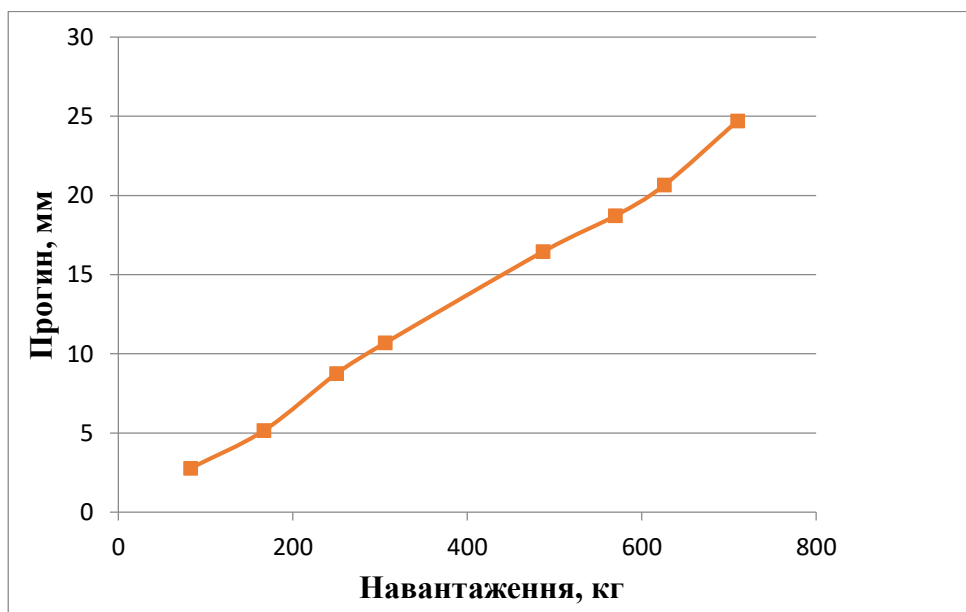


Рисунок 3.7 - Діаграма навантаження переміщення при випробуванні сендвіч-панелей СПСриг довжиною 3,2 м. з поліуретановим наповнювачем товщиною 0,150 м.

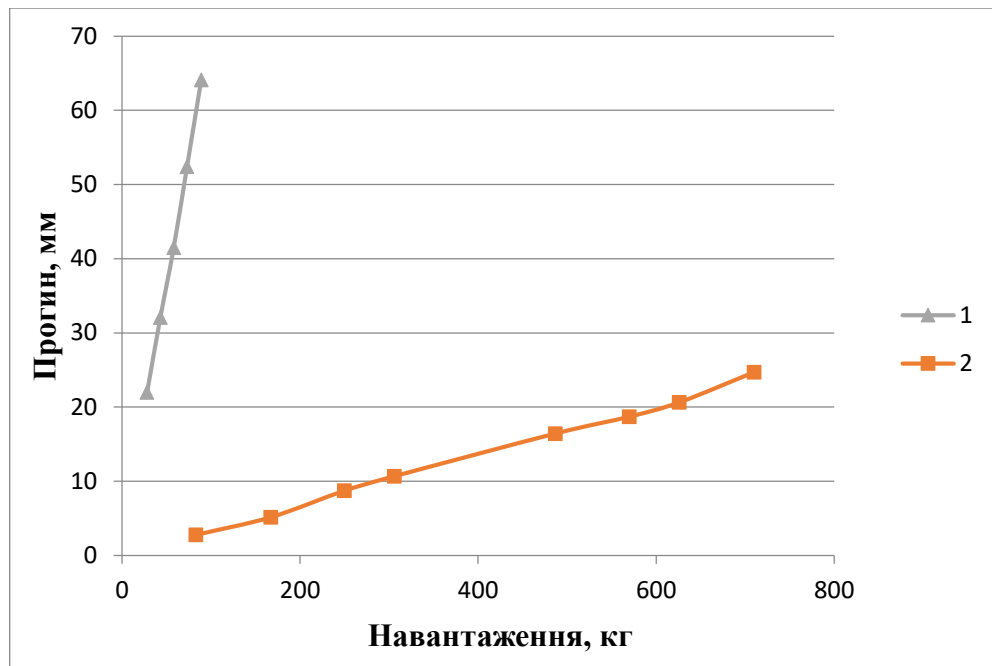


Рис. 3.8. Порівняльні результати випробування сендвіч-панелей СПСм довжиною 9,5 м з мінераловим наповнювачем товщиною 0,150 м та СПСриг довжиною 3,2 м з поліуретановим наповнювачем товщиною 0,150 м

Аналіз результатів, представлених на рис. 3.6 - 3.8 свідчать, що при граничному прогині для стінових панелей $\frac{1}{200}$ (45мм) при розрахунковому прогоні 9,0 м розподілене навантаження становило $0,63 \text{ кН/м}^2$, у той час при меншому розрахунковому прогоні 3,0 м стіновій панелі з аналогічним утеплювачем (мінерало вата) і такою ж товщиною 0,150 мм при граничному прогині 15 мм розподілене становить $5,31 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ отже, бачимо (рис. 3.8), що для панелі з прогоном 9,0 м граничим прогоном наступної при суттєво меншому навантаженню, що співпадає з відомими розрахунками будівельної механіки.

Для прогинів, які становлять $0,4 \div 0,5$ від граничного (15 мм) при прогоні 3,0 м спостерігається пропорційна залежність між навантаженими і прогинами (рис. 3.9). При більших навантаженнях спостерігається суттєві розходження кривих (1-4), що свідчить про непропорційність процесу “навантаження” - “прогини” і незворотні деформаційні процеси між шарами сендвіч-панелей.

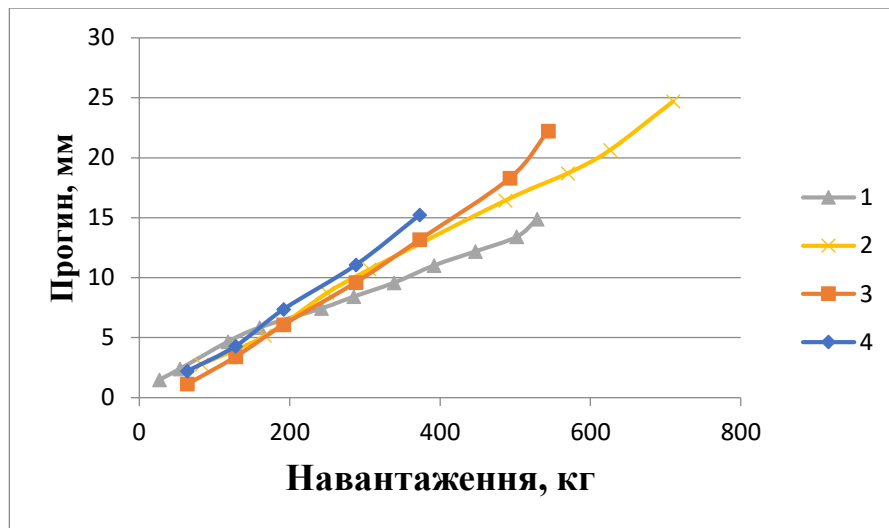


Рисунок 3.9 – Діаграма навантаження-переміщення для випробуваних сендвіч-панелей: 1 - СПСrug (стінова), пінополіуретан (0,15 м); 2 - СПСм (стінова), мінераловатний заповнювач (0,15 м); 3 - СПСм (стінова), мінераловатний заповнювач (0,10 м); 4 - СПДріг (дахова), пінополіуретан (0,10 м)

На рис 3.10 представлено результати випробовування дахових панелей СПДм з мінераловатним заповнювачем (1) та СПДріг з поліізоціануратним заповнювачем (2). Товщина теплоізоляційного шару складала 0,1 м. Результати дослідження показують деяку перевагу сендвіч-панелей СПДріг у порівнянні з СПДм.

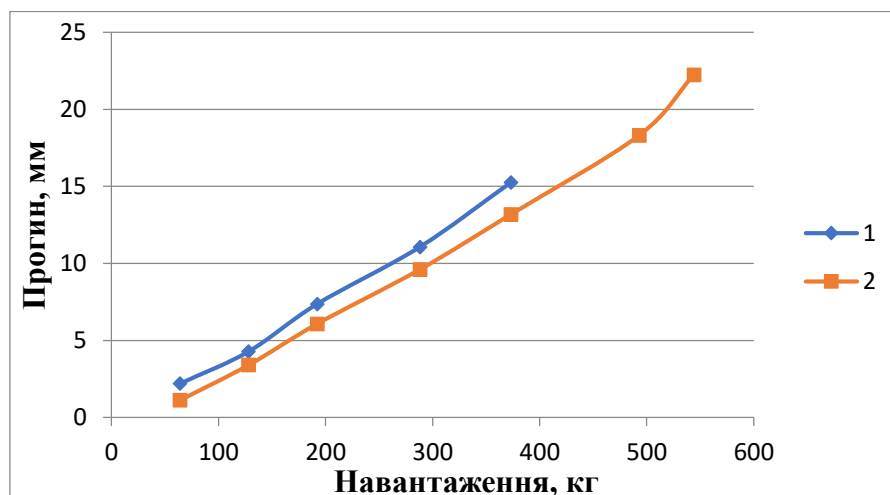


Рисунок 3.10 – Діаграма навантаження-переміщення для випробуваних сендвіч-панелей: 1 - СПДм - панель (дахова) з мінераловатним заповнювачем товщиною 0,1м; - СПДріг – панель (дахова) з поліізоціануратним заповнювачем товщиною 0,1м

Варто зазначити, що проведені експериментальні дослідження, а також обробка експериментальних досліджень, представлених у [14, 15] показують, що для одних і тих же прогонів жорсткісні характеристики панелей зростають зі збільшенням товщини сендвіч-панелей від 80 мм до 200 мм (наповнювач мінераловатні плити) (рис. 3.11)

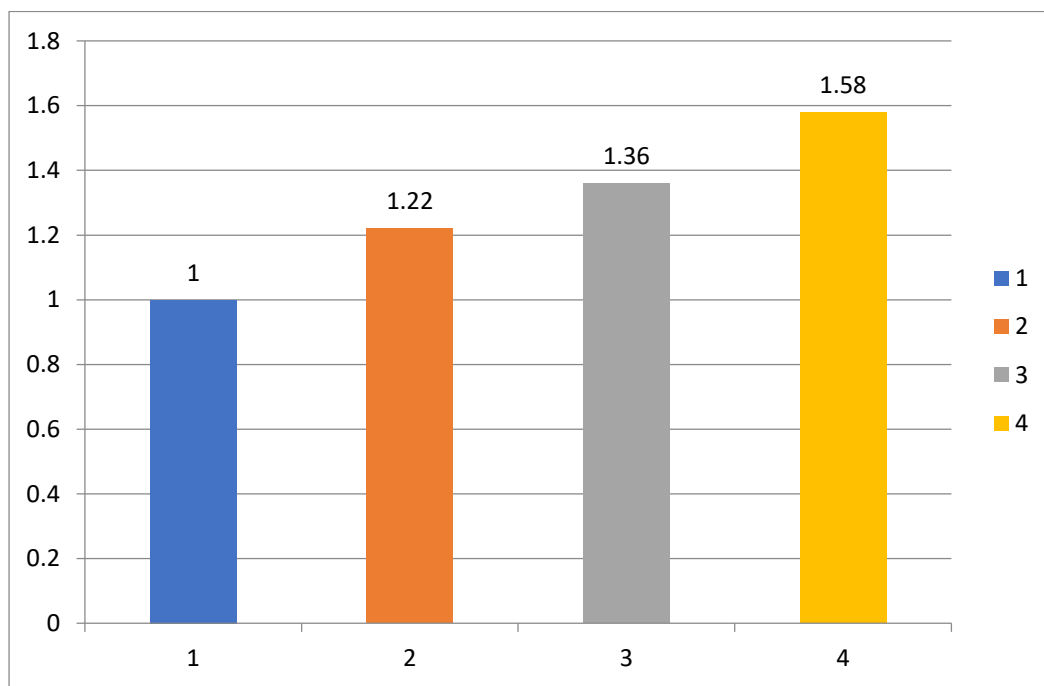


Рисунок 3.11 – Порівняльні результати оцінки жорсткості сендвіч-панелей з мінераловатним заповнювачем товщиною:

1 – 80 мм; 2 – 100 мм; 3 – 150 мм; 4 – 200 мм

Результати випробувань зведено в таблицю 1, та на рис. 3.9 – 3.11

Таблиця 3.1 Результати випробувань сендвіч-панелей

№1	Характеристики Сендвіч-панелей	Розрахунковий прогон, м	Навантаження при граничному прогині $\frac{KN}{m^2}$
1	СПСм (стінові), мінераловатний заповнювач (0,15 м)	90	0,63
2	СПСм (стінова), мінераловатний заповнювач (0,15 м)	3,0	5,31
3	СПСм (стінова), мінераловатний заповнювач (0,10 м)	3,0	3,95
4	СПДм (дахова), мінераловатний заповнювач	3,0	3,73
5	СПСриг (стінова) , пінополіуретан (0,15 м)	3,0	4,38
6	СПДриг (дахова), пінополіуретан (0,15 м)	3,0	6,13
7	СПДріг (дахова), пінополіуретан (0,10 м)	3,0	5,17

Таким чином на основі проведених експериментальних досліджень та даних [14, 15] отримано результати, що характеризують жорсткісні характеристики стінових та дахових сендвіч-панелей з заповнювачами різної товщини – мінераловатними, пінополіуретановими та пінополіізоціануратними.

3.4 Висновок до розділу 3

1. На основі літературних даних розглянуто особливості насталих граничних станів сендвіч-панелей.

2. Розроблено методику експериментальних випробувань натурних великогабаритних сендвіч-панелей, що моделює вітрові та снігові навантаження з врахуванням власної ваги панелей.
3. Проведено експериментальне дослідження впливу типу наповнювача та його товщину на міцність та жорсткість сендвіч-панелей.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Інструкція з охорони праці під час виконання монтажних робіт сендвіч-панелей

Перед початком монтажних робіт необхідно отримати якісну проектну та монтажну документацію, яка містить:

- схеми розкладки стінових та покрівельних сендвіч-панелей, а також специфікації цих панелей з позначенням їхнього типу, товщини, довжини, профілювання, назви виробника та їхньої кількості;
- докладний опис способу кріплення панелей до несучої конструкції із зазначенням типу, розміщення і кількості з'єднувальних елементів;
- детальні креслення окремих вузлів кріплення панелей до несучих конструкцій, включаючи технічні вказівки щодо монтажу;
- креслення і специфікації фасонних, архітектурних та оздоблювальних елементів;
- інформацію щодо ущільнювальних та гідроізоляційних матеріалів;
- інструкцію з монтажу та монтажні схеми;
- інструкцію з техніки безпеки під час проведення монтажних робіт.

Необхідно звернути особливу увагу на те, що розробку вищенаведеної будівельної технічної документації повинні виконувати організації, які мають досвід проведення подібних робіт. Виконання монтажних робіт варто доручати кваліфікованим спеціалістам, які мають практичний досвід монтажу будівельних металевих конструкцій.

Проектування будівель та споруд з використанням стінових та покрівельних сендвіч-панелей повинно проводитись із врахуванням снігових та вітрових навантажень, температурних перепадів та впливу вологості на тепло-технічні характеристики панелей.

Для виконання якісного монтажу сендвіч-панелей необхідно виконати обстеження несучих конструкцій на прямолінійність та відсутність відхилень від проектних розмірів. Якщо такі відхилення мають місце, необхідно відкоригувати стінові ригелі перед початком монтажних робіт за допомогою виступів чи спеціальних елементів. Також необхідно обстежити поверхню металевого каркасу на цілісність антикорозійного покриття.

Перед монтажем сендвіч-панелей потрібно провести перевірку точності розмірів і рівність поверхні цоколя. Безпосередньо перед початком монтажних робіт необхідно очистити поверхню сендвіч-панелей від можливих забруднень (бруд, клей, залишки утеплювача, волога, сніг та ін.).

Увага! Ходіння поверхнею сендвіч-панелей або механічні удари по них під час монтажу (встановлення кріплення, обробки стиків та примикань) не допускаються!

Захист полімерного покриття сендвіч-панелей — одна з важливих умов в процесі їхнього транспортування, зберігання і монтажу. Порушення цілісності полімерного покриття стінових і покрівельних сендвіч-панелей може привести до зниження терміну їхньої експлуатації.

Увага! Захисна плівка під впливом УФ-променів може «прикипіти» до металевій поверхні і полімерне покриття під час відривання плівки може бути пошкоджено! Тому видалити плівку необхідно не пізніше 2-х тижнів з моменту поставки.

Після завершення монтажу захисну плівку на сендвіч-панелях як зовні, так і всередині будівлі необхідно видалити негайно!

Підіймання окремих панелей при їхньому встановленні у проектне положення відбувається вантажопідйомним механізмом із застосуванням:

- вакуумних присосок;
- важільного захвату з просвердлюванням панелі наскрізь;
- траверси зі спеціальними механічними захватами.

Для підіймання панелей і перенесення їх до місця встановлення при монтажі, поряд з рекомендованими захватами, допускається застосування спеціальних

гвинтових захватів з гумовими губками, які кріпляться до траверси. При горизонтальній розкладці панелей відстань між захватами не повинна бути більша ніж 3 м, а виступ кінця панелі — від 0,3 до 0,4 м.

При горизонтальному монтажі, перед підйомом панелі вантажопідйомним механізмом, потрібно встановити панель у вертикальне положення. Щоб не спричинити деформацію замків, сендвіч-панель ставлять на прокладки, які потрібно розподілити по довжині панелі на відстані 1 м одна від іншої.

Увага! Стикування панелі повинно відбуватися строго вертикально. З метою уникнення деформації панелей, забороняється стикувати панелі під кутом одна до іншої!

При горизонтальному монтажі рекомендується метод підйому панелей з використанням траверси зі спеціальними механічними захватами, які запобігають пошкодженню панелей.

При вертикальному монтажі застосовується метод підйому панелей з використанням механічного захвату, який кріпиться до панелей за допомогою наскрізного свердління. Отвори в сендвіч-панелі, які залишилися після видалення захватів, повинні бути закриті кріпильними елементами та/або фасонними оздоблювальними елементами.

Застосування траверси з вакуумними присосками — це найефективніший, швидкий, надійний і безпечний спосіб підймання сендвіч-панелей з гладким профілюванням. У місцях кріплення вакуумних захватів до металевої поверхні панелі необхідно видалити захисну плівку.

Різання сендвіч-панелей під час монтажу можливе тільки холодним способом, який передбачає використання ножиць і пил (наприклад, електролобзик або ручна циркулярна пила) [19].

Перегрів металевого покриття панелі при різанні небезпечне та може призвести до ушкодження антикорозійного шару.

Увага! Заборонено використання шліфувальних машин або пристроїв плазмового різання, які в процесі різання виділяють тепло та утворюють іскри [19],

що призводить до руйнування полімерного покриття, а внаслідок цього — до появи корозії на поверхні металевих обшивок сендвіч-панелей.

При кріпленні панелей до сталевих або дерев'яних конструкцій необхідно використовувати самонарізні гвинти або саморізи із загартованої вуглецевої сталі з прокладкою та шайбою.

Тип кріпильних елементів (маркування, довжина гвинтів і діаметр свердла для самонарізних гвинтів) визначається в залежності від товщини і типу підконструкції та від товщини панелі, відповідно до інструкцій виробника гвинтів.

Тип саморізів, самонарізних гвинтів та діаметр отвору для них — показники, від яких залежить несуча здатність різьбових з'єднань. Тому необхідно приділяти особливу увагу правильності вибору кріпильних елементів.

Для кріплення сендвіч-панелей і фасонних елементів використовується спеціалізований монтажний інструмент (електродриль та шуруповерт з високими оборотами), тип і марку якого можна вибирати відповідно до рекомендацій виробника кріпильних елементів.

При фіксації (анкеруванні) сендвіч-панелей до бетонної стіни потрібно виконати попереднє свердління панелей, а також просвердлити опорну конструкцію, а в якості кріпильних елементів використовувати спеціальні дюбелі.

При кріпленні сендвіч-панелей до металевих конструкцій потрібно виконати попереднє свердління панелей з використанням самонарізних гвинтів. Більш швидкий і якісний безпосередній монтаж панелей до сталевих конструкцій можливий при використанні самонарізних гвинтів (саморізів), які не потребують попереднього свердління.

Якісний монтаж сендвіч-панелей безпосередньо залежить від якості виконання несучої конструкції.

Несучі конструкції зі сталі, дерева та бетону повинні мати рівну поверхню.

У процесі горизонтального і (особливо!) вертикального монтажу стінових сендвіч-панелей слід виконувати щільне з'єднання панелей в замках.

При агресивних кліматичних умовах (а також в морозильних камерах) слід закладати силіконовий герметик в обидва замки (і з внутрішнього, і з зовнішнього боку стінової сендвіч-панелі).

Швидке нанесення герметика можливо при використанні пістолета для нанесення герметика. Силіконовий герметик зазвичай поставляється в картриджах або тубах. Закладка герметика проводиться безпосередньо перед монтажем кожної наступної панелі.

При монтажі панелей сусідніх секцій шов між панелями ущільнюється мінеральною ватою (для сендвіч-панелей з мінераловатним або пінополістирольним утеплювачем) або монтажною піною (тільки для сендвіч-панелей з пінополістирольним утеплювачем).

При монтажі панелей довжиною до 4 м величина технологічного шва повинна бути не менше 15 мм; при довжині панелей більше 4 м слід облаштувати шов величиною не менше 20 мм.

Шви закриваються спеціальними або фасонними елементами, які виготовляються індивідуально згідно креслень проекту.

Фасонні елементи встановлюють після закінчення монтажу панелей відповідно з конструктивними рішеннями монтажних вузлів. Монтаж фасонних елементів слід проводити знизу до верху, починаючи з цокольного відливу. Подальша черговість монтажу фасонних елементів може бути довільною за умови забезпечення герметичності всіх монтованих вузлів.

Внутрішня поверхня всіх зовнішніх фасонних елементів повинна бути оброблена герметиком для зовнішніх робіт.

Фасонні елементи кріпляться до поверхні панелей за допомогою саморізів або заклепок з кроком 300 мм. Архітектурні вимоги Замовника зазвичай передбачають використання кольорових ковпачків для декорації кріпильних елементів.

Покрівельні панелі необхідно монтувати з ухилом не менше 7%.

Якщо довжина покрівельного скату більша, ніж 12 м, то необхідно ретельно облаштувати поперечний стик між панелями (накладення) і вести монтаж у напрямку від виступу покрівлі до конька.

Сендвіч-панель фіксується за допомогою саморізів до несучої конструкції, потім проводиться розструповування панелей. При проведенні всіх вищеописаних етапів монтажу необхідно стежити, щоб не пошкодити сендвіч-панель.

На місце накладання першої панелі необхідно нанести герметик для покрівельних робіт, а у наступній панелі необхідно виконати зарізання торця. Наступну панель встановити аналогічним чином, прикріпити її до несучих покрівельних конструкцій та розструпувати. Потім прикріпити верхню панель до нижньої в поперечному стику. Після монтажу панелей першого і другого ряду, можна проводити монтаж поздовжнього між панельного з'єднання. Слід кріпити кожен панель на несучих конструкціях тією кількістю гвинтів, яку передбачено проектом.

По змонтованих панелях дозволяється ходити тільки в спеціальному взутті та з використанням додаткових настилів (або трапів) з опорою на несучі конструкції.

У поперечному стику верхньої сендвіч-панелі необхідно обрізати нижню сталеву обшивку на величину напуску і видалити шар утеплювача.

Далі панель фіксується до каркасу. Тільки після цього слід робити кріплення металевої обшивки верхньої панелі до нижньої панелі за допомогою саморізів.

Після монтажу покрівельних сендвіч-панелей до каркасу і облаштування їхнього поперечного стику (накладання) слід виконати міцне механічне з'єднання поздовжніх стиків панелей в замках.

Забороняється кріплення до панелей сходів, промислових перегородок, арматури, технологічного або вантажопідйомного обладнання. Будь-яке обладнання необхідно кріпити тільки до несучих конструкцій.

Ушкодження поверхні сендвіч-панелей, що утворилися під час монтажу або транспортування, потрібно відновити за допомогою спеціальної ремонтної фарби. Якщо подряпина на полімерному покритті не глибока і не пошкоджено цинкове

покриття, то достатньо нанести один шар фарби. Якщо подряпина глибока, пошкоджено цинкове покриття і проникає аж до сталевого листа, зафарбування потрібно проводити в два шари з використанням ґрунтовки. Якщо навколо подряпин з'явилася іржа, її потрібно ретельно видалити перед фарбуванням. Перед відновленням забарвлення, пошкоджене місце необхідно очистити розчинником. Фарбу рекомендується наносити тільки в місцях подряпин, штучно не розширюючи зони ремонту, щоб уникнути помітної різниці кольору між існуючою та перефарбованою поверхнями.

Забруднені зовнішні поверхні панелей слід очистити м'якою щіткою і слабким мильним розчином, а потім змити водою зверху донизу (допускається використання автоматичних мийок, максимальний тиск яких складає не більше 50 бар).

Увага! Не допускається використання хімічних розчинників, абразивних миючих засобів та інших хімічно активних речовин, які можуть пошкодити полімерне покриття або знебарвити його.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Найбільш типовими техногенними аваріями і катастрофами є вибухи, пожежі, затоплення, радіаційне забруднення, хімічне і біологічне зараження та інше. На території України можливе виникнення практичного всього спектру небезпечних природних явищ і процесів геологічного походження. До них відносяться: великі повені, катастрофічні затоплення, землетруси та зсувні процеси, лісові та польові пожежі, великі снігопади та ожеледі, урагани, смерчі та шквальні вітри, тощо.

Виникнення надзвичайних ситуацій (НС) повністю виключити неможливо, але прагнути до мінімізації їх наслідків необхідно.

У разі виникнення НС важлива роль у забезпеченні безперервної надійної роботи об'єкта господарювання і здатність його в умовах надзвичайних ситуацій

випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а вразі слабких та середніх руйнувань, або порушенні матеріального постачання відновлювати виробництво у стислий термін.

При розробці заходів по підвищенню стійкості роботи промислового об'єкту необхідно враховувати усі його елементи. Необхідно проводити аналіз уразливості як об'єкта в цілому, так і його елементів.

Проектування будівель і споруд передбачає тривалий термін їх експлуатації в нормальних умовах і при належному догляді за конструкціями.

Крім ушкоджень, що накопичуються в процесі експлуатації, на працездатність будівельних конструкцій та їх відмови в роботі можуть впливати сейсмічні впливи, небезпечні метеорологічні явища, пожежі, вибухи зовні і всередині споруд, значні дефекти матеріалів та виконання робіт та ін.

Наслідки аварій конструкцій покриттів є найбільш руйнівними. Тому вже на стадії їх проектування слід забезпечити безпеку знаходження в спорудах людей і збереження майна за рахунок зниження ймовірності прогресуючого (лавиноподібного, ланцюгового та ін) обвалення при локальних руйнуваннях окремих несучих елементів. Ці локальні руйнування не повинні призводити до руйнування сусідніх несучих елементів. Стійкість споруд проти прогресуючого обвалення повинна забезпечуватися конструктивними та профілактичними заходами і перевірятися розрахунком.

На стійкість роботи і на запобігання виникнення надзвичайних ситуацій впливають такі фактори: захищеність службовців і робітників від уражаючих факторів НС; здатність інженерно-технічного комплексу об'єкта (будівель, споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем) протистояти руйнуючій дії уражаючих факторів аварій, катастроф, природних явищ та сучасної зброї; підготовленість об'єкта до проведення аварійно-рятувальних та відбудовних робіт; надійність постачання об'єкта водою, електроенергією, паливом, комплектуючими

та сировиною; оперативність управління виробництвом та здійсненням заходів ЦО в надзвичайних ситуаціях.

Дослідження стійкості роботи об'єкта господарської діяльності (ОГД) – це всебічне вивчення обстановки, яка може скластися під час НС та визначення її впливу на виробничу діяльність підприємства. Мета дослідження полягає в тому, щоб вивчити слабкі місця в роботі об'єкта та виробити найбільш ефективні пропозиції, спрямовані на підвищення його стійкості.

Дослідження стійкості роботи ОГД проводяться силами інженерно-технічного персоналу із залученням спеціалістів науково-дослідних та проектних організацій. Організатором та керівником досліджень є керівник підприємства.

Увесь процес планування і проведення досліджень поділяється на три етапи: I етап – підготовчий; II етап – оцінка стійкості роботи ОГД; III етап – розроблення заходів, які підвищують стійкість роботи ОГД.

Вторинними вражаючими факторами є пожежі, вибухи, затоплення, забруднення атмосфери та місцевості і т. ін.

Оцінка стійкості будівель і споруд та їх елементів до дії вторинних вражаючих факторів проводиться в такій послідовності: виявляють всі можливі джерела вражаючих факторів, як внутрішні, так і зовнішні; визначають найкоротшу відстань від об'єкта до кожного джерела вторинного ураження (на місцевості або на мапі чи плані); визначають характер вражаючої дії вторинного фактора (пожежа, вибух та ін.); встановлюють чи вираховують час від моменту появи до моменту початку дії на об'єкт вторинного вражаючого фактора; визначають тривалість дії вражаючого фактора й можливі розміри втрат. Одержані результати аналізують і роблять конкретні висновки для розробки організаційних, інженерно-технічних та технологічних заходів щодо виключення або обмеження дії на роботу об'єкта вторинних вражаючих факторів.

Заходи з підвищення стійкості планують з урахуванням місцевих умов, важливості об'єкта, його географічного положення, економічної доцільності

проведення заходів. На мирний час планують головним чином трудомісткі заходи, які потребують значних матеріальних витрат і часу, а на період загрози нападу противника - такі заходи, що не потребують багато часу чи проведення яких не є доцільним у мирний час.

Підвищення стійкості об'єкта досягається проведенням комплексу інженерно-технічних, технологічних, організаційних заходів.

Інженерно-технічні заходи вміщують роботи, що забезпечують стійкість виробничих будівель і споруд, обладнання та комунально-енергетичних систем.

Технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості об'єкта шляхом зміни технологічного процесу у бік спрощення виробництва кінцевої продукції та виключення або обмеження розвитку аварій.

Для підвищення стійкості будівель та споруд до дії вражаючих факторів проводять наступні заходи: зміцнення несучих, огорожуючих та інших конструкцій будівель та споруд (постановка додаткових колон, ферм, рам та ін) ; підсилення цокольного поверху прогонами, закладання віконних проїомів цеглою, щитами та ін.; встановлення допоміжних перекриттів, підкосів, розпірок тощо; підсилення конструкцій обкладкою лантухами з піском; встановлення додаткових зв'язків між окремими елементами споруди; закріплення відтяжками високих малостійких споруд; заглиблення споруд або створення захисних валів (обвалування споруд); заміна елементів конструкції, які згоряють, такими, що не займаються, використання вогнезахисних покриттів.

4.3. Висновок до розділу 4

1. У розділі 4 розглянули техніку безпеки з охорони праці при монтажі сендвіч-панелей, їх послідовність монтування, використання будівельного обладнання та техніки.

2. Розглянуто питання надзвичайних ситуацій (НС). Розглянули які конструкції є найбільш руйнівними. Розробили заходи по підвищенню стійкості роботи промислового об'єкту.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі огляду літературних першоджерел проаналізовано розвиток конструкцій сендвіч-панелей, сфери застосування їх у будівництві, розглянуто технологію виготовлення сендвіч-панелей, проаналізовано їх конструктивні особливості, наведено технічні характеристики панелей, проаналізовано їх переваги та недоліки.
2. Розглянуто технічні умови при проектуванні цехів шокового заморожування ягід, вимоги забезпечення енергоефективності таких будівель, особливості їх проектування та зведення.
3. Проведено розрахунок товщину сендвіч-панелей в залежності від регіону будівництва та температурних умов заморожування ягід, проаналізовано типи заповнювачів та вибрано їх найефективніший вид.
4. Розглянуто конструктивні особливості зведення цехів шокового заморожування в залежності від кліматичних та технологічних температур, запроектовано конструктивні рішення при спорудженні нових цехів та за умов реконструкції.
5. На основі аналізу літературних першоджерел розглянуто настання граничних станів у сендвіч-панелях з умов міцності та жорсткості. Встановлено, що найбільш критичним є граничний стан, що характеризує жорсткість сендвіч-панелей, а саме-граничний прогин.
6. Розроблено методику експериментальних досліджень характеристик міцності і жорсткості натурних великогабаритних сендвіч-панелей, що моделює вітрові та снігові навантаження та враховує власну вагу конструкції.
7. Проведено експериментальні випробування сендвіч-панелей з різними типами наповнювачів та різною їх товщиною. Проведено випробування стінових та покрівельних сендвіч-панелей.
8. Виявлено критичні навантаження з умов настання граничних прогинів у сендвіч-панелях з врахуванням виду сендвіч-панелей (стінові та покрівельні), їх товщини, типу наповнювача.

9. Надано пропозиції щодо особливостей застосування сендвіч-панелей при будівництві цехів для шокового заморожування ягід.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Фрэнк Ллойд Райт [Електронний ресурс]
https://360wiki.ru/wiki/Frank_Lloyd_Wright
2. USP КАТАЛОГ СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЕЙ [Електронний ресурс]
https://usppanels.com/wp-content/uploads/2021/02/USP_katalog_2021.pdf
3. Основні переваги і недоліки будинків з сендвіч-панелей. [Електронний ресурс] <https://www.032.ua/list/163338>
4. ДБН В.2.2-12-2003. Будівлі і споруди для зберігання і переробки сільськогосподарської продукції.
5. ДБН В.1.2-6-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. Зміна № 1
6. ДБН В.1.1-7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень
8. Камери шокового заморожування – глибоке заморожування [Електронний ресурс] <https://www.proairzahid.com.ua/shokova-zamorozka/>
9. Будівельна кліматологія ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010
10. ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування
11. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009 Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. Настанова
12. ДБН В.1.2-8-2008 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека життя і здоров'я людини та захист навколишнього природного середовища
13. ДСТУ Б В.1.1-19:2007 Захист від пожежі. Несучі стіни. Метод випробування на вогнестійкість
14. Петрова Е.А. Анализ характера деформирования и разрушения трехслойных стеновых панелей серии "Алютерм" Е.А. Петрова // Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. – Харків: УкрДАЗТ, 2015. – Вип. 15!. – с.26-43

15. Шмуклер В.С, Лугченко Е.И., Петрова Е.А. Исследования напряжено-деформированного состояния сендвич-панелей серии “Алютер”/ строительство, реконструкция и востановления зданий городского хозяйства. – Материали IV Международной научно-технической интернет -конференция.| Харьков, 2014 – ст. 66-72
16. ДСТУ Б В.2.6-71:2008 Конструкції будинків і споруд. Панелі металеві тришарові стінові з утеплювачем із пінополіуретану. Технічні умови
17. ДСТУ Б В.2.7-38-95 Матеріали і вироби теплоізоляційні. Методи випробувань (ГОСТ 17171-94)
18. ДСТУ-Н Б А.1.1-83:2008. Настанова. Керівний документ В щодо визначення контролю виробництва на підприємстві в технічних умовах на будівельні вироби.
19. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів