

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

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Дослідження фізико-механічних характеристик будівельного
матеріалу на основі відходів деревообробної галузі.

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МБнм-61
спеціальності

192. Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Студент

(підпис)

Войчук В. Т.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Гудь М. І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Мещерякова О. М.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Ясній В. П.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Качка О.І.

(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)
« » 2025 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 Войчуку Володимирі Тарасовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження фізико-механічних характеристик будівельного матеріалу на основі відходів деревообробної галузі.

Керівник роботи Гудь Михайло Іванович. к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 11 » 04 2025 року № 4/7-287

2. Термін подання студентом завершеної роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

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

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

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ. МОДИФІКАЦІЯ АРБОЛІТУ	7
1.1 Загальні відомості про відходи деревообробної промисловості	7
1.1.1 Баланс перероблюваної сировини	7
1.1.2 Класифікація відходів деревини	7
1.1.3 Хімічний склад деревної тирси	8
1.1.4 Процеси склеювання в деревині	9
1.2 Огляд сучасних будівельних матеріалів і виробів на основі деревної тирси та дрібної стружки	9
1.2.1 Будівельні матеріали та вироби на основі кускових відходів деревини	10
1.2.2 Складерев'яні панелі	12
1.2.3 Деревинно-стружкові плити	12
1.3 Тирсобетон	13
1.3.1 Гіпсотирсовий бетон	14
1.4 Плити OSB	14
1.5 Арболіт	15
1.5.1 Переваги та недоліки арболітових блоків	20
1.5.2 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення арболітових блоків	20
1.5.3 Склад, наповнювачі та хімічні домішки	21
1.5.4 Вода, яка використовується у виробництві арболіту	24
1.5.5 Основні види в'язучих, що застосовуються у виробництві арболітових блоків	25
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	27
2.1 Принцип лабораторного проведення дослідів із деревними відходами ..	28
2.2 Результати досліджень	28
2.2.1 Вплив ротаційної обробки на процес структуроутворення деревно- цементної суміші	30

2.2.2 Вплив ротаційної обробки заповнювача на процес зміни фізико-механічних властивостей матеріалу	32
2.2.3 Вплив ротаційної обробки заповнювача на теплопровідність матеріалу	33
2.2.4 Вплив ротаційної обробки заповнювача на характеристики міцності матеріалу	34
2.3 Висновки до розділу	34
РОЗДІЛ 3 ПРИКЛАДИ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬ ІЗ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ	36
3.1 Фундамент	36
3.2 Міжповерхові перекриття та фасад будівлі.....	37
3.3 Покрівельні системи	39
3.4 Огляд конкурентних будівельних матеріалів	40
3.5 Висновки до розділу 3	42
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	43
4.1 Охорона праці.....	43
4.1.1 Законодавство України про охорону праці	43
4.1.2 Вимоги при будівельно-монтажних роюотах	43
4.1.3 Вентиляційна установка	45
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях	48
4.2.1 Законодавство України про безпеку в надзвичайних ситуаціях.....	48
4.2.2 Загальні положення.....	49
4.2.3 Вплив ударних хвиль при вибуху	50
4.2.4 Системи сейсмозахисту будівель і споруд.....	55
4.2.5 Заходи щодо підвищення стійкості об'єкта.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	58
БІБЛІОГРАФІЯ	59

ВСТУП

У сучасному світі підкреслюється актуальність вивчення методів використання відходів різноманітних виробництв. Обробка і використання відходів деревообробної промисловості при отриманні позитивних результатів дослідження і експериментів, матиме велику значущість і важливість для нинішньої будівельної галузі в цілому.

Мета роботи: дослідження властивостей будівельних матеріалів виготовлених на основі відходів деревообробної промисловості.

Об'єкт досліджень – будівельні матеріали виготовлені на основі відходів деревообробної промисловості на фізико-механічні властивості.

Предмет дослідження – вплив попередньої обробки відходів деревообробної галузі на процеси твердіння дерево-цементної суміші.

Для вирішення поставленої мети дослідження визначено такі **завдання**:

- виявити основні відомості про відходи деревообробної галузі;
- провести огляд сучасних будівельних матеріалів на основі деревини;
- визначити залежність впливу попередньої ротаційної обробки на фізико-механічні властивості цементно-деревної суміші;
- виявити приклади проектних рішень із застосуванням матеріалів на основі деревних відходів;
- проаналізувати отримані результати.

Методи дослідження – експериментально-теоретичні.

Галузю застосування результатів роботи є проектування нових, реконструкція та експлуатація існуючих будівель.

Наукова новизна отриманих результатів: отримала подальший розвиток методика досліджень фізико-механічних властивостей дерево-бетонних-сумішей.

Практичне значення отриманих результатів: виконані автором дослідження можуть бути актуальними під час проектування нових та реконструкції існуючих житлових та громадських будівель.

Апробація результатів магістерської роботи виконана роботи виконана на VIII Міжнародній студентській науково-технічній конференції «Природничі та гуманітарні науки. Актуальні питання» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 24-25 квітня 2025 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: деревина, відходи, бетон, твердіння, міцність.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД СУЧАСНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ.

МОДИФІКАЦІЯ АРБОЛІТУ

1.1 Загальні відомості про відходи деревообробної промисловості

1.1.1 Баланс перероблюваної сировини

Нині напрями промисловості із заготівлі, оброблення та переробки деревини можна поділити на такі основні групи: лісозаготівля; оброблення та переробка деревини; вторинне оброблення та переробка деревини.

Використання деревної сировини з метою виробництва часом становить лише близько 10%.

Таблиця 1.1 - Кількість відходів за видами виробництв на даний час

Види відходів	Кількість відходів, млн. м ³				
	Усього	За виробництвами			
		Лісозаготівля	Лісопилення	Столярне та меблеве виробництво	Фанерне виробництво
Щепа	236,80	198,80	30,00	6,00	2,00
Дрібні відходи	52,40	8,20	30,00	14,00	0,20
стружка	14,00	-	5,00	9,00	-
тирса	37,90	8,14	24,70	4,86	0,20
Виробничі втрати	0,50	0,06	0,30	0,14	-
кора	24,20	-	23,60	-	0,60
Разом	313,40	207,00	83,60	20,00	2,80

1.1.2 Класифікація відходів деревини

Усі відходи деревини прийнято розділяти на такі категорії:

За видами. За цією ознакою деревні відходи можна поділити на тверді, м'які, кору і деревну зелень. Тверді (кускові) відходи - це обапіл і рейки.

Горбиль - це бічна частина колоди, яка має одну пропиляну поверхню, тоді як інша її частина не пропиляна, або пропиляна не на всю довжину, з нормованою шириною і товщиною тонкого кінця.

Відкомлівкою називають частину стовбура поваленого дерева, що видаляється, комлеву частину, яка має вади обробки або так звані пороки деревини.

М'які відходи (є найменш цінними), які існують у вигляді стружок, тирси та деревного пилу, виходять у процесі деревообробки, у вигляді тирси - під час лісопиляння.

Кора в лісопильному виробництві залишається під час оброблення круглих колод.

Деревна зелень у вигляді хвої, листя і тонких гілок залишаються також у процесі лісозаготівлі.

Залежно від послідовності отримання відходу. За другою ознакою відходи поділяють на чотири групи: відходи, пов'язані із заготівлею лісу (гілки, пеньки, кора, коріння); відходи від круглого лісу (обрізки, тріска, кора); відходи первинної обробки деревини (рейки, обапіл, стружка, тирса, лігнін); відходи вторинної обробки та переробки дерева.

Залежно від причин, що їх викликають. За цією ознакою відходи поділяють на дві основні групи: відходи, технологічно обґрунтовані та необґрунтовані відходи.

За цільовим призначенням. За четвертою ознакою відходи підрозділяють на три основні групи: вторсировина; відходи, які використовують у будівництві; відходи, які застосовують як паливо.

1.1.3 Хімічний склад деревної тирси

Деревна тирса складається з цілої безлічі речовин органічного походження, до складу яких входить вуглець (49,5%), кисень (44,1%), водень (6,3%) і азот (0,1%)

Складні органічні сполуки утворюються завдяки вуглецю, водню і кисню, що входять до складу тирси. До складних сполук також відносять лігнін, целюлозу і геміцелюлози. Вилучення інших речовин, серед яких особливе значення мають дубильні речовини і смоли, можливе тільки за допомогою розчинників.

Лігнін - це складний ароматичний складний природний полімер, що входить до складу наземних рослин. Лігнін є другим найпоширенішим полімером у світі після целюлози, що виконує завдання зі скріплення деревних волокон у клітинних оболонках. Лігнін адсорбується на поверхні цементних частинок, як результат, сповільнення реакції гідратації цементу і слабе захоплення заповнювача з клінкером.

Відповідно, чим вищий вміст лігніну в деревній сировині, тим нижчі характеристики міцності майбутнього деревно-цементного композиту.

Лігнін є несамостійною речовиною, а являє собою суміш ароматичних полімерів схожої один з одним будови. Тому структурну формулу лігніну написати неможливо.

Лігнін сульфатного походження застосовується у виробництві полімерних матеріалів, фенолформальдегідних смол, конструкційних та оздоблювальних плитах та інших будівельних матеріалах.

1.1.4 Процеси склеювання в деревині

Під час виробництва будівельних матеріалів із застосуванням в'язучих речовин величезне значення мають процеси склеювання, від яких, своєю чергою, залежить міцність усього виробу.

Товщина клейового шару має великий вплив на кінцеву цілісність і міцність виробу. Клейовий шар покращує контакт між частинами виробу, а також заповнює нерівність поверхонь, що контактують. Слід розуміти, що клейовий шар має бути рівномірної товщини по всій поверхні дотику. Якщо шар нерівномірний, то існує великий ризик утворення так званих "раковин" після затвердіння клею.

1.2 Огляд сучасних будівельних матеріалів і виробів на основі деревної тирси та дрібної стружки

Усі будівельні матеріали з відходів деревообробної промисловості можна розділити на три основні групи: конструкційні, теплоізоляційні та оздоблювальні.

1.2.1 Будівельні матеріали та вироби на основі кускових відходів деревини

Кускові відходи лісопильної та деревообробної промисловості, що займають за питомим об'ємом серед решти відходів одне з перших місць, можуть бути застосовані з метою виготовлення різних виробів як із застосуванням, так і без застосування клейових складів. З таких відходів можуть бути виготовлені склеєні щити і панелі, рейкові плити і щити, паркет, торцеві щити, дверні коробки, покрівельна і штукатурна дрань, покрівельна плитка і гонт.

Клеєні панелі та щити. Клеєна панель - це склеєний з однакових відрізків дощок дерев'яний щит. Панелі поділяють за видами залежно від застосовуваного клею, а також за видом поверхневої обробки виробу. За першою ознакою вони класифікуються на панелі, оброблені з обох боків, і панелі, шліфовані з одного або з двох боків. За другою ознакою вони поділяються на панелі, склеєні синтетичними водостійкими і середньоводостійкими клеями.



а - загальний вигляд; б - елемент панелі, склеєної по довжині з окремих відрізків.

Рисунок 1.1 - Конструкція клеєної панелі

Клеєна дерев'яна панель - це панель, виготовлена зі склеєних між собою шарів суцільного пиломатеріалу. Такі панелі виробляються в основному з хвойних, висушених порід деревини різної товщини, довжиною від 380 мм і вище. Їхня сфера застосування - настил підлог, влаштування перегородок і дахів, обшивка щитових будинків, облаштування будівельних риштувань і багатьох інших цілей.

Облицьовані шпоном, папером або плівковими матеріалами панелі можуть бути використані як конструктивно-оздоблювальний матеріал.

Необхідна кінцева вологість деревини для початку виробництва таких панелей - 10-12%. Після первинної обробки та шліфування бруски спрямовують у клейове відділення для формування та склеювання один з одним. Під час вибору брусків необхідно звертати увагу на відсутність різних дефектів деревини на її зворотній поверхні. Останнім етапом є нанесення клейового складу на бруски. Сушка виготовлених щитів відбувається не довше 4 годин у камері за температури близько 60 градусів.

Готовим плитам притаманні високі характеристики поперечної жорсткості, цвяхуватості та легкості утримання штукатурного шару. Крім цього, такі плити мають високі теплоізоляційні властивості, а також їх зручно транспортувати на будівельний майданчик. Сфера застосування таких плит: перегородки і стіни каркасних будівель, влаштування перекриттів, зведення тимчасових будівель. При використанні плит для перегородок, стін і перекриттів економія деревного матеріалу становить близько 30%. Вартість усієї будівлі скорочується в 3 рази порівняно з вартістю конструкцій із цільної деревини.

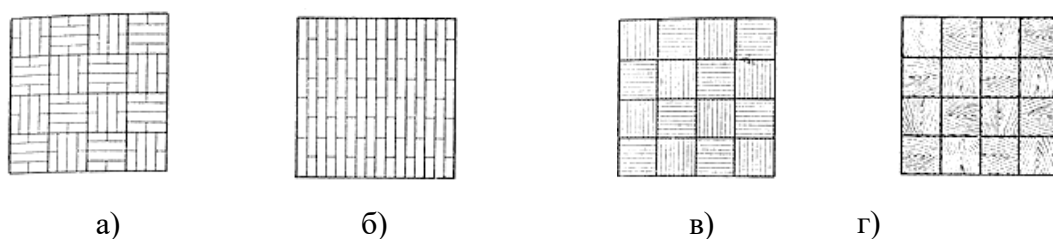


Рисунок 1.2 - Можливі варіації розташування планок у паркетному щиті

Щитовий паркет. Цей виріб являє собою вироблену зі шматкових деревних відходів плоску основу. Щитовий паркет складається з двох шарів - основи і верхнього покриття. Основу виготовляють із хвойної деревини, а покриття - з твердолистяної деревини. Такі вироби мають рамкову форму конструкції.

Торцеві щити. Кускові відходи деревних порід у вигляді брусків довжиною від 200 до 800 міліметрів використовують для виготовлення торцевих щитів.

На початку проводиться сушка відходів у спеціальних камерах і потім сортування залежно від товщини. Стандартні розміри торцевих щитів - 500 на 500 мм або 1000 на 1000 мм. З таких щитів зводять основи для різних тимчасових будівель.

Дверні коробки. Кускові відходи деревної промисловості після попередньої обробки можуть застосовуватися для виготовлення дверних коробів. Вологість деталей, необхідних для склеювання майбутніх дверних прорізів, має бути не вищою за 15%. Також існує необхідність шліфування деталей до однакової товщини, інакше при склеюванні одна з одною можливі перекоси.

1.2.2 Складерев'яні панелі

Перегородкові складерев'яні панелі - це легкі, готові під обклеювання шпалерами вироби, що складаються з трьох основних шарів. Склеювання трьох шарів проводиться шляхом нанесення на поверхню силікатної пасти.

Склад силікатної пасти, яку використовують як в'язучу речовину, містить у собі рідке скло, вапняк, кремнефтористий натр (підвищення антисептичних властивостей виробу) і пісок.

У поєднанні з добавками, рідке скло як в'язуче забезпечує майбутнім панелям високу біостійкість, вогнестійкість і високі міцнісні якості.

1.2.3 Деревинно-стружкові плити

Подрібнені відходи лісопильних підприємств і деревообробних виробництв - основна сировина для створення деревинно-стружкових плит.

Деревинно-стружкові плити (ДСП) - це листовий матеріал, виготовлений шляхом гарячого пресування або сушіння деревних волокон.

Усі види деревинно-стружкових плит класифікують за такими ознаками: за щільністю, способом пресування, сферою застосування, типом поверхні, гладкістю та іншими.

Тверді та напівтверді деревинно-стружкові плити необхідно просочувати гідрофобними речовинами за спеціальною технологією, прийнятою для деревинно-стружкових плит.

Деревинно-стружкові плити добре склеюються і обробляються інструментами. ДСП відрізняються низькою собівартістю виготовлення порівняно з деревоволокнистими плитами. Деревинно-стружкові плити можуть бути застосовані в будівельній галузі як конструкційно-оздоблювальний матеріал, для виготовлення вбудованих меблів і дверей, підлог і стін.

1.3 Тирсобетон

Тирсобетоном називають конструктивно-теплоізоляційний бетонний блок, у якому як заповнювач використовують відходи деревообробки з піском, а як в'язучий - цемент і гашене вапно. Поряд із застосуванням у вигляді монолітних набивних стін тирсобетонні блоки більш високих марок можливо застосовувати для зведення дрібних стінових блоків.



Рисунок 1.3 - Тирсобетонний блок

Технологічний процес виробництва тирсобетону можна описати так: тирсу переважно хвойних порід спочатку сортують за допомогою сит, потім для підвищення міцності майбутнього бетону на 10-15% можна додати до 25% деревної стружки розміром не більше 10 мм.

Таблиця 1.2 - Рекомендовані склади тирсобетону

Складова	Об'ємна вага, кг/м ³
Портландцемент	1200
Вапно гашене	600
Пісок	1550
Тирса	220

Кількість води, необхідної для замісу маси, залежить від заданої марки бетону і початкової вологості відходів і знаходиться в межах від 270 до 320 літрів на кубічний метр.

1.3.1 Гіпсотирсовий бетон

Гіпсотирсовий бетонний блок виготовляють із суміші хвойних відходів деревообробки та будівельного гіпсу і застосовують під час проєктування фасадів і стін усіх типів будівель із відносною вологістю повітря, що не перевищує 70%. Тирса і деревна стружка для таких блоків не повинні мати гнилі або будь-яких домішок. Гіпсотирсові блоки добре обробляються різними інструментами, піддаються штукатурці та оздобленню.

У процесі зведення блоків застосовують розчин гіпсу і тирси у співвідношенні один до трьох. Щоб уберегти стіни від зволоження слід обштукатурити зовнішню поверхню спеціальним розчином.

1.4 Плити OSB

Плита OSB - це дерев'яна панель, зроблена зі спресованої деревної стружки в кілька шарів, які скріплюються один з одним спеціальними смолами. Найпоширенішими є тришарові OSB плити. У контексті своєї сфери застосування плита OSB є конкурентом фанери, її використовують для оздоблення стін, підкладки підлоги, підшивки стель, обшивки каркасних будинків тощо.



Рисунок 1.4 - Плита OSB

Як і фанера, плити OSB поділяються на сорти. Кожен сорт має різні характеристики і позначається цифрами від 1 до 4.

Таблиця 1.3 - Сорти OSB-плит

Сорт	Опис
OSB-1	Найнизькосортніший матеріал, має слабку міцність і використовується тільки в приміщеннях з низьким показником вологості. Найчастіша сфера застосування - основний виріб для меблів або для обшивки стін
OSB-2	Допускається для монтажу нескладних конструкцій, що зазнають невеликих навантажень
OSB-3	Хороший рівень міцності та вологостійкості, використовується у відповідних місцях (найпоширеніший сорт)
OSB-4	Проводять установку в місцях постійних механічних навантажень і в умовах вологого середовища

Для з'єднання тріски між собою використовуються смоли, що складаються з карбаміду, меламіну, воску та інших речовин. Вміст смол у складі - менше 10%, що робить OSB панелі умовно-натуральним матеріалом. Панелі можуть ламінуватися або лакуватися для додаткового захисту.

1.5 Арболіт

Арболіт - один із видів будівельного матеріалу Він є легким бетоном, який складається з цементного в'язучого, органічного заповнювача і хімічних добавок.

З французького складу "arbre" перекладається як "дерево". До складу, залежно від марки, входить деревний наповнювач, так звана "тріска".

Замість неї часом використовують подрібнену соломку з рису або стебла бавовнику, які теж подрібнюють. Можна також застосовувати кошту льону або конопель (деревну частину стебел, що є відходами виробництва). Як хімічні добавки використовують харчові добавки E520 і E509 (сульфат алюмінію, хлорид кальцію), азотнокислий кальцій, силікатний клей. Вони відіграють роль затверджувача, який блокує негативний вплив органічних речовин на затвердіння високосортного цементу.

Рецепт арболіту створили в Голландії на початку минулого століття. Виготовляли за технологією "durisol" (дюрісол), яка стала популярною в Європі, США та Канаді. Арболіт є аналогом дюрісолу.

Вироби цих заводів володіли унікальними властивостями і застосовувалися для будівництва будинків в Антарктиді.

В арсеналі сучасного будівництва використовується значний асортимент матеріалів. У процесі планування нових проєктів використовується комбонування різних елементів з метою досягнення необхідних надійності, міцності та теплопровідності. З огляду на потреби будівництва, більшу частину вимог поєднують у собі арболітові блоки. Вони володіють необхідними експлуатаційними якостями, при цьому дають змогу оптимізувати бюджет проєкту.

Арболіт випускається у вигляді стінових блоків, плит з облицюванням і без. На будівництво він відвантажується на піддонах. Упаковують за допомогою міцної стрічки. Під час транспортування цих піддонів відсоток розбиття блоків нижчий, ніж під час транспортування піддонів з керамзитом або піноблоком.

Для будівництва зовнішніх стін і перегородок усередині приміщень застосовують блоки і плити. А ще використовують як звукоізоляційний і теплоізоляційний матеріал. За кордоном арболіт цінують за якості, що зберігають енергію та екологію. У кожній країні його називають по-своєму: "дюріпанель" - у

Німеччині, у США і Канаді - "вундстроу", "велокс" - в Австрії, у Голландії його називають "дюрісол", а "пілінобетон" - у Чехії, в Японії це вже "чентері-брад".

Арболіт відповідно до щільності підрозділяють на теплоізоляційний (середня щільність до 500 кг/м^3) і конструктивний (щільність від 500 до 850 кг/м^3).

Арболіт - це матеріал, що працює на вигин, а також має високу опірність до ударних навантажень. Морозостійкість дорівнює 25-50 циклам чергування заморожування і відтавання. Для підвищення терміну використання проводять оштукатурювання шаром 2 см. Можна застосовувати й інші зовнішні оздоблювальні матеріали - облицювальну цеглу з вентиляльованим повітряним зазором, сайдинг.

Арболіт має невелику усадку (0,4-0,8%). Тому штукатурити стіни можна тоді, коли мине 4 місяці після того, як виготовили арболітовий блок, і 2 місяці після того, як виклали коробку будинку під дах. Наразі арболіт застосовують у будівництві малоповерхових будівель (до 3 поверхів заввишки), таких як дачі, будинки, котеджі, гаражі, сараї. Він поєднав у собі неповторні якості дерева і стійкість каменю. Через те, що до його складу входить багато деревної тріски, цей матеріал набуває властивостей дерева - забезпечує непогану звукоізоляцію і повітрообмін, невелику теплопровідність. Він не горючий, стійкий до впливу мікроорганізмів, не гниє, зберігає мікроклімат і вологість у приміщенні. Цей матеріал добре піддається обробці, за допомогою ножівки можна надати бажану форму і габарити. Швидко можна вбити цвяхи, які будуть міцно сидіти в стіні. Також добре угвинчуються саморізи. На поверхню матеріалу прекрасно лягають фарба, лак, можна скористатися будь-яким способом оздоблення. Бетон і штукатурка чудово зчіплюються з цим матеріалом. Арболіт вирізняється малою вагою, що вкорочує час спорудження будівлі і не потребує закладки дорогого фундаменту, що витримує велику вагу будівлі.

Вироби з арболіту підрозділяють за групами таким чином:

- за призначенням - теплоізоляційні (щільністю до 500 кг/м^3) і конструкційні (щільністю від 500 кг/м^3 до 800 кг/м^3);
- за армуванням - армовані та неармовані;

- за зовнішнім профілем - гладкий і складний профіль;
- за оздобленням поверхні - офактурені та неофактурені.

Цей метод виготовлення використовується на практиці понад 50 років. Сама процедура створення блоків доволі проста - рідка суміш заливається у форми до висихання. Особливе значення для проектних якостей міцності має рецептура арболітових панелей. Склад матеріалу задається технологіями залежно від призначення і технічного завдання замовника. Розрізняють дві варіації арболіту: теплоізоляційний і конструкційний.

Таблиця 1.4 - Порівняльні характеристики будівельних матеріалів

Матеріал	Теплопровідність, Вт/м*К	Щільність, кг/м ³
Арболіт	0,08 - 0,17	400 - 850
Пінобетон	0,14 - 0,38	400 - 1200
Газобетон	0,18 - 0,28	600 - 800
Керамзитобетон	0,5 - 0,7	900 - 1200
Шлакобетон	0,2 - 0,6	900 - 1400
Цегла	0,56 - 0,95	1550 - 1900
Силікатна цегла	0,85 - 1,15	1700 - 1950

Базовий склад:

- основний наповнювач. Сюди йдуть структури бавовни, рису, деревної тріски;
- у технології виробництва закладено оптимальні розміри бази - завширшки 1 см, завдовжки 25 см;
- як сполучний компонент використовується бетон, марки не нижче С25/30;
- стабілізаційна основа - хімічні добавки, завдяки яким матеріал набуває поліпшених характеристик;
- вода в необхідній кількості.

На додаток до блочного формату в практиці будівництва нерідко використовуються більші форми. При заливці рецептурного розчину в опалубку або інші каркаси для заповнення, після затвердіння утворюється монолітний

арболіт. При виконанні таких проєктів замовникам необхідно орієнтуватися не на ціну за куб матеріалу або штуку, а на обсяг компонентів, необхідних для приготування розчину. У будівництві монолітний арболіт використовується для облаштування фундаментів, стін і стяжки підлоги. При створенні конструкційних елементів однаково підходять обидва види технології - зі знімною і незнімною опалубками.

Важливе значення при плануванні закупівлі має вага арболітового блоку. Цей параметр враховується в проєкті будівництва, використовується для розрахунків транспортування, зберігання і фундаменту. На практиці визначенням вартості замовлення займаються досвідчені менеджери (стосовно блоків). Якщо планується зводити монолітний будинок з арболіту, з арболітових блоків або з панелей, слід поставити фахівцеві завдання на розрахунок компонентів для розчину.

Існуючі та потенційні власники заміської нерухомості завжди оцінюють мінуси плюси кожної технології будівництва. Враховується багато характеристик і якостей, особливо витрати і темпи зведення. Адже саме на традиційних матеріалах, згідно з відгуками власників будинків, будівництво може "зависнути" на кілька років.

Сьогодні технологія арболіту з успіхом застосовується для облаштування таких конструкцій:

- фундамент - один з найбільш витратних елементів будівлі. Монолітне виконання для низькоповерхових будівель заощадить кошти і час;
- стіни - провідна конструкція будинку. Можуть використовуватися як блочне (панельне), так і монолітне виконання. Під час організації зберігання матеріалу для майбутніх лазні або гаража на ділянці слід
- стяжка підлоги. Швидке і зручне рішення, універсальний метод облаштування.

Практична універсальність арболіту підходить під виконання більшості сучасних рішень. Для адаптації під вимоги проєкту виробники еко матеріалів підбирають відповідну рецептуру.

Арболіт як провідний матеріал для зведення приватних будівель, дає змогу суттєво економити кошти завдяки високим практичним властивостям. Разом з тим, загальний бюджет будівництва не може бути скоригований за такими напрямками як облаштування фундаменту, монтаж покрівлі та проведення оздоблювальних робіт. На відміну від інших технологій (будівництво з цегли, пінобетону, дерева), збірка з арболітових блоків знижує собівартість проєкту на 10-15%.

1.5.1 Переваги та недоліки арболітових блоків

Арболітові конструкції мають багаторічну експлуатаційну практику. За цей час матеріал став позиціонуватися за такими перевагами: достатня міцність; швидкокомонтованість; здатність поглинати звук; знижена теплопровідність; вогнестійкість; пластичність; мала вага; простота виготовлення та обробки; низька ціна;

Перед купівлею арболітових блоків для формування несучих конструкцій, слід враховувати і їхні мінуси:

- труднощі при виборі хорошого постачальника. Композитний склад матеріалу сприяє появі на ринку великої кількості контрафакту;
- потребує зовнішнього оздоблення;
- годиться тільки для малоповерхових будівель;
- високий коефіцієнт водопоглинання.

1.5.2 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення арболітових блоків

Арболітові плити з облицюванням практично не відрізняються від інших видів будівництва. Оздоблення є невід'ємним етапом завершення проєкту, при цьому сам матеріал рекомендується штукатурити по обидва боки. Для цих цілей підходять цементна, гіпсова, вапняна і декоративна види штукатурок.

Кожен із цих матеріалів підбирають відповідно до бюджету або необхідних для експлуатації якостей: паропроникності, захисту від агресивного впливу, вмісту шкідливих речовин.

Що стосується облицювання будівель з арболіту, то тут власники практично не знають обмежень. Вибрати матеріали для створення екстер'єру можна за фото, після чого застосувати їх на практиці. Добре підходять вагонка, сайдинг, штучний камінь. Властивості арболіту дають змогу не проводити додаткового утеплення під час облицювання, але в практиці приватного і комерційного будівництва нерідко використовують додаткове посилення конструкції будівлі.

З огляду на високий вміст деревини в арболітових блоках, особливу увагу слід приділяти гідроізоляції фундаменту. Без проведення цього виду робіт несучі конструкції будуть активно насичуватися вологою, що може призвести до передчасного виконання капітального ремонту.

1.5.3 Склад, наповнювачі та хімічні домішки

Оскільки найбільше виготовляють арболітових виробів і конструкцій на деревному заповнювачі, найбільше вивчено цей вид арболіту. Середня густина цього матеріалу (висушеного до постійної маси) залежно від його марки і виду деревного заповнювача наведена в табл. 1.5.

Арболіт, що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-271:201, має марки 5, 10, 15, 25, 35. Арболіт марок 5 і 10 (із середньою щільністю до 550 кг/м³) є теплоізоляційним, а марок 15, 25 і 35 - конструкційно-теплоізоляційним матеріалом.

Його технічна характеристика наведена в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 - Технічна характеристика арболіту

Показники	Заповнювач	
	лісопиляння	лісозаготівель
Середня щільність, кг/м ³	400-700	500-750
Міцність на стиск, МПа	0,5-3,5	
Міцність при вигині, МПа	0,7-1,0	
Модуль пружності, МПа	200-1600	200-1200

Морозостійкість не менше, цикли	25-50
Водопоглинання, %	40-85
Усадка, %	0,4-0,5
Сорбційне зволоження	4,5-12
Біостійкість	Біостійкий
Вогнестійкість	Важкозаймистий (вогнестійкість 0,75-1,5 год)
Коефіцієнт звукопоглинання	0,17-0,6

Таблиця 1.6 - Середня витрата компонентів у кг на 1 м³ арболіту

Компоненти	Марка арболіту				
	5	10	15	25	35
Портландцемент марки 400	260/290	280/310	300/330	330/360	360/390
Подрібнена деревина (суха)	160/180	180/200	200/220	220/240	240/250
Хлористий кальцій	6	6-7	7	8	8
Вода	280/330	300/360	330/390	360/430	400/460

Під час виробництва арболітових блоків використовують такі органічні заповнювачі, як тирса, стружка, відходи сільського господарства (стебло бавовнику, солом, лушпиння рису та ін.). До органічних заповнювачів арболітових блоків застосовується низка специфічних вимог:

- розміри деревних частинок не більше 40 мм за довжиною, 10 мм за шириною і 5 мм за товщиною;
- у подрібненій деревині вміст подрібненої кори - не більше ніж 10%, хвої та листя - не більше ніж 5%;
- показник питомої витрати цементу на одиницю міцності арболіту при стисненні - не більше 15;
- у випадку використання тирси як заповнювача, її необхідно просіяти через сито 2,5 мм, потім використовувати те, що залишилося на ситі.

До специфічних властивостей органічного целюлозного заповнювача, що негативно впливають на процеси структуроутворення, міцність і стійкість арболіту до вологозмінних впливів, відносяться: підвищена хімічна активність; значні об'ємні вологісні деформації та розвиток тиску набрякання; різко виражена анізотропія; висока проникність; низька адгезія щодо цементного каменю; значна пружність під час ущільнення бетонної суміші.

При збільшенні частки дрібної фракції в загальному об'ємі деревного заповнювача підвищується кінцева маса арболітового блоку. Доведено, що фракційний склад арболіту має велике значення на його теплопровідність і тепловий опір. У разі збільшення частки тирси в загальній масі арболітового блоку, збільшується його коефіцієнт теплопровідності, а тепловий опір, відповідно, знижується.

Збільшення тирсової фракції також впливає на його механічну міцність на стиск. Важливо підібрати оптимальне співвідношення тирсової фракції для досягнення найкращих фізико-механічних показників: висока міцність за відносно невисокої щільності.

Вагоме значення на властивості одержуваних арболітових блоків має хімічний склад деревної тирси, використовуваної під час їхнього виробництва. Цемент - неорганічне в'язуче, і деревина, що є органічною речовиною, мають низьку взаємну адгезію. Деякі частини деревини, під дією лужного середовища, розчиняються і розкладаються, що призводить до зменшення швидкості схоплювання цементу. Якщо концентрація продуктів розкладання деревини особливо висока, то це може призвести до уповільнення утворення продуктів гідратації в цементному тісті.

Доведено, що терміни набору характеристик міцності арболіту залежать від фізико-хімічного складу органічного заповнювача. Найбільш шкідливий вплив чинять легкорозчинні у воді найпростіші цукри, такі як лігнін, сахароза, фруктоза, глюкоза і частина геміцелюлози. Крохмаль, таніни і смоли небезпечні меншою мірою.

Відомо, що цементне тісто має лужне середовище. Отже, водорозчинні цукри, під час взаємодії з цементним тістом утворюють на його поверхні так звані "цементні отрути", що серйозною мірою ускладнює процес набору щільності та гідратації цементу.

Для зниження водопоглинання, підвищення вогнестійкості та міцності використовують один з декількох способів модифікації тирси.

Спосіб модифікації за допомогою рідкого скла збільшує зону контакту, підвищує міцність арболіту шляхом кращого зчеплення деревного матеріалу з неорганічним в'язучим. Важливо сказати, що модифікацію з використанням рідкого скла (а також низку інших видів модифікації деревних відходів) не можна проводити без попередньої нейтралізації найпростіших цукрів.

Запропоновано спосіб нейтралізації найпростіших цукрів з використанням методу ротаційної обробки (промиванням) рослинної сировини, з подальшим віджиманням надлишку рідини.

Виходячи з цього, можна дійти висновку, що під час виробництва арболітових блоків слід віддавати перевагу відходам таких деревних порід, як: ялина, сосна, ялиця, береза, бук.

Використання відходів інших деревних культур не виключено, але слід розуміти і брати до уваги специфіку кожної окремо взятої деревини.

Застосування тирси як заповнювача для конструкційного арболіту не передбачається існуючими нормативами. Тріска, яку здебільшого використовують виробники арболіту, є енергоємною сировиною, що потребує певних закупівельних коштів.

Завдяки технології ротаційної обробки, отримання конструкційного арболіту може бути можливим шляхом використання як заповнювача тирси, що не вимагає ніяких додаткових виробничих витрат. Для деревообробних підприємств тирса є незатребуваним відходом.

1.5.4 Вода, яка використовується у виробництві арболіту

Під час виробництва арболітових блоків використовується широкий ряд портландцементів і його різновидів (ВНВ, магнезіальний). Для теплоізоляційного арболіту марка цементу має бути не нижче 300, а для конструкційного - 400.

Досить широко поширена практика виробництва арболітових блоків на основі високоміцного гіпсу. Така технологія своєю чергою збільшує оборотність форм і виключає процес теплової обробки арболіту.

Для приготування бетонних сумішей необхідно застосовувати воду питної якості або будь-яку іншу, що не містить небезпечних домішок. У воді не повинно бути плівок від нафтопродуктів, а також жирів і олій, що перешкоджають схопленню і твердненню розчину, знижують міцність і морозостійкість бетону.

Водневий показник рН може коливатися в діапазоні від 4 до 12,5.

Гідратація цементу найбільш ефективна при температурі води від 15 градусів Цельсія. У випадку якщо вода має температуру близько 7-8 градусів Цельсія реакція може взагалі не пройти.

Межа міцності арболітових блоків цілком залежить від вологості. Ця залежність найбільш помітна в проміжку вологості від 0 до 60 відсотків. Найменшу міцність мають арболітові блоки з вологістю понад 70%, а найбільш міцні мають рівноважну вологість 17%. Міцність відриву від арболіту оздоблювального шару з цементно-піщаного розчину становить орієнтовно 1,4-1,8 МПа після кількох циклів поперемінного заморожування і відтавання. Такий діапазон значень є задовільним виходячи з нормативних документів.

Водопоглинання неофактуреного і непокритого гідрофобною плівкою арболітового блоку в середньому становить близько 60% за масою.

1.5.5 Основні види в'яжучих, що застосовуються у виробництві арболітових блоків

Більша частина будівельних матеріалів, конструкцій і виробів з відходів деревообробної промисловості виготовляється за допомогою різних видів клеїв, а також мінеральних в'яжучих. До мінеральних в'яжучих належать цементи, гіпс, рідке скло, вапно та інші; до клейових речовин - клеї рослинного, тваринного і синтетичного походження.

Найпоширенішим мінеральним в'язучим у виробництві виробів і будівельних матеріалів з відходів деревообробної промисловості є портландцемент, дещо рідше - вапно, гіпс і рідке скло.

Портландцемент - це гідравлічна в'язуча речовина, що твердне на повітрі та у воді, яку отримують шляхом випалювання сировини, що забезпечує переважання в клінкері силікатів кальцію. У процесі помелу клінкеру додають 2-3% гіпсу з метою регулювання схоплювання.

Рідке скло існує двох видів: калієве і натрієве. Рідке скло застосовують у вигляді водних розчинів як в'язучий для виробництва деяких видів виробів на основі відходів деревообробки, а також з метою прискорення тужавіння і твердіння легких бетонів на основі деревних відходів.

Таблиця 1.7 - Орієнтовні терміни схоплювання основних в'язучих

Найменування	Терміни схоплювання матеріалу	
	Початок, хвилин	Кінець, хвилин
Портландцемент	45	720
Гіпс	4	6 - 30
ГЦПВ	4	20
Магнезіальне	20	6

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДІВ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Описані далі досліди та вибірка режимів ротаційної обробки деревних відходів відбувалися в лабораторії на базі лабораторії твердих сплавів (ТНТУ). Ротаційна обробка ґрунтується на явищі кавітації.

Кавітація - це фізичний процес утворення пустот у рідких середовищах, з подальшим їхнім схлопуванням і вивільненням великої кількості енергії, що супроводжується гідравлічними ударами. Процес кавітації рідких середовищ можна розділити на шість основних етапів:

1. Виникнення кавітаційних бульбашок під дією сили;
2. Збільшення бульбашки під розряджальною дією;
3. Збільшення пухирця до його максимальних розмірів;
4. Різде стиснення бульбашки;
5. Експлозія бульбашки, що супроводжується виділенням газу;
6. Багаторазове повторення цього циклу.



Рисунок 2.1 – Ротаційна установка

Цю установку призначено для складання гомогенних сумішей із продуктів, що сильно відрізняються один від одного за в'язкістю; емульгування та гомогенізації; механічного руйнування рослинних, мінеральних, тваринних і синтетичних матеріалів за одну стадію; зменшення розміру часток з утворенням розчину або дрібнодисперсної суспензії без згустків матеріалу.

2.1 Принцип лабораторного проведення дослідів із деревними відходами

Весь процес роботи ротаційної установки можна охарактеризувати чотирма основними етапами

1. На першому етапі виникає всмоктувальна сила, що захоплює рідину, а також твердий матеріал від дна посудини вгору і всередину встановленої насадки.
2. Наступним етапом є виштовхування матеріалу з великою швидкістю крізь отвори статора з подальшим змішуванням з основною масою суміші.

Останнім етапом є відкидання подрібненого матеріалу в радіальному напрямку до стінок посудини. У цей час у встановлену насадку безперервно засмоктуються нові порції матеріалу, тим самим продовжуючи цикл подрібнення і перемішування. Тим самим відбувається процес рівномірної і безперервної гомогенізації суміші.

Методика цього експерименту передбачає виготовлення спеціальної дерев'яної матриці (куба) з розмірами 120x120x120 міліметрів, а також кілька сумішей з різною тривалістю ротаційної обробки: необроблена; 10 хвилин; 15 хвилин; 20 хвилин; 25 хвилин. Далі приготовану деревно-цементну суміш укладали в матрицю і тромбували механічним методом для подальшого схоплювання і зважування з метою визначення щільності.

2.2 Результати досліджень

На інтенсифікацію процесу екстрагування редукуючих речовин (деревних цукрів) впливає ціла низка чинників. Основоположним чинником є збільшення

температури середовища, а також механічне руйнування оброблюваного матеріалу, збільшення його пористості та проникності стінок, збільшення кислотності середовища загалом.

Обробка тирсових і тріскових матеріалів гарячою водою має місце в різних уже наявних технологічних ланцюжках.

Розчинення редукувальних речовин відбувається під дією холодної води, але має найбільшу ефективність під час обробки водою з температурою 70-80°C протягом 30 хвилин.

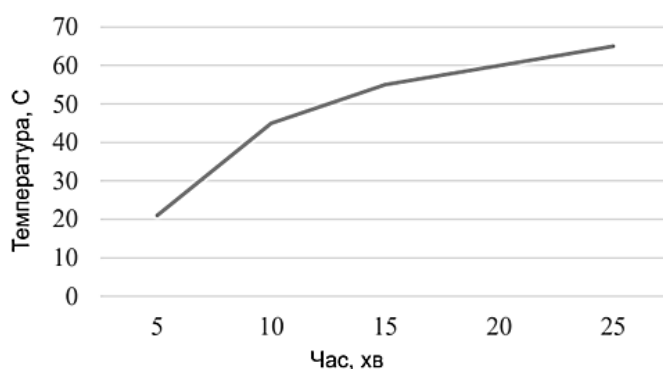


Рисунок 2.2 - Залежність температури робочого середовища від часу ротаційної обробки

Процеси екстрагування редукуючих речовин, які відбуваються під впливом ротації, мають складний характер і не можуть змінюватися під дією тільки температурних факторів. Існує безліч інших хімічних і фізичних процесів, що впливають на цю технологію обробки. Ці додаткові фактори необхідно враховувати під час побудови моделі технологічного або виробничого процесу ротаційної обробки.

Важливо відзначити той факт, що екстрагування редукуючих речовин найефективніше під час обробки матеріалу, фракційний склад якого не перевищує 1-2 мм.

Застосування ротації підвищує інтенсивність процесу вимивання редукувальних речовин у рідкий розчин, що надалі дає змогу надалі поліпшити захоплення органічного заповнювача з клінкером.

Слід акцентувати увагу на часі, який зайняло екстрагування редукуючих речовин методом ротації. Він становив від 5 до 30 хвилин, тоді як інші поширені способи вимагають більш тривалого часу.

2.2.1 Вплив ротаційної обробки на процес структуроутворення деревно-цементної суміші

Проведення експерименту проводилося з метою вивчення залежності структуроутворення деревно-цементної суміші від часу впливу ротаційної обробки. У процесі експерименту, що ґрунтується на методиці ДСТУ Б В.2.7-185:2009, визначалися строки початку схоплювання і кінця схоплювання деревно-цементної суміші.

Для отримання наступних результатів експерименту використовувався прилад Віка для випробування в'язучих матеріалів. Цей прилад визначає нормальну густоту цементного тіста і терміни схоплювання розчинної цементної суміші.

Під час проведення експерименту було відзначено, що деревно-цементна суміш (з тирсою, попередньо обробленою в ротаційній установці) має відмінні від цементно-піщаної суміші властивості рухливості.

Для проведення досліду було обрано такі зразки:

- тріска, не оброблена в ротаційній установці;
- тріска (70%) і тирса (30%) не оброблені в ротаційній установці;
- тріска (70%) і тирса (30%) оброблені в ротаційній установці протягом 10 хвилин;
- тріска (70%) і тирса (30%) оброблені в ротаційній установці протягом 15 хвилин;
- тріска (70%) і тирса (30%) оброблені в ротаційній установці протягом 20 хвилин;



Рисунок 2.3 - Прилад Віка

У процесі експерименту за початок схоплювання було прийнято момент, коли деревно-цементна суміш помітно змінила свої рухливі властивості під час занурення голки Віка.

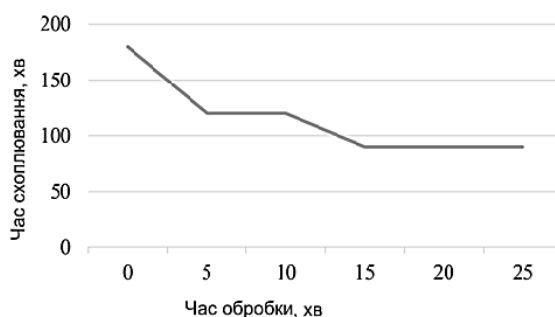


Рисунок 2.4 – Залежність часу початку схоплювання від часу обробки

Кінець схоплювання був позначений за такої умови, коли без докладання фізичних зусиль голка не занурювалася у випробовуваний зразок.

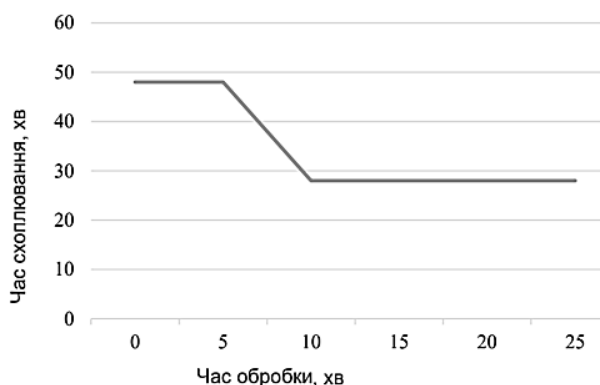


Рисунок 2.5 – Залежність часу кінця захоплення від часу обробки

Підбиваючи результати експерименту зі зразками деревинно-цементної суміші та приладом Віка, можна зазначити, що без ротаційної обробки деревного заповнювача захоплення розчинної суміші відбувається приблизно через 3 години. При ротаційному впливі протягом 5 хвилин час початку захоплення становить приблизно 2 години; при 15-хвилинному впливі - 1,5 години. При ротаційному впливі протягом 10 хвилин час повного захоплення скорочується з 50 годин до 26-28 годин. Можна також зазначити, що в часовому інтервалі 10-15 хвилин відбувається різкий стрибок значень, відповідно ротаційне оброблення в цей часовий проміжок показує найбільшу ефективність.

2.2.2 Вплив ротаційної обробки заповнювача на процес зміни фізико-механічних властивостей матеріалу

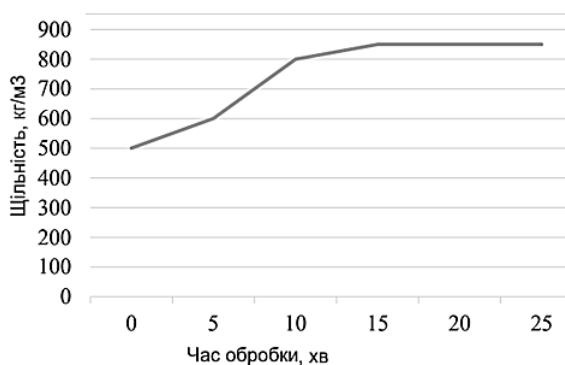


Рисунок 2.6 - Залежність густини деревно-цементної суміші від часу ротаційної обробки заповнювача

Результати дослідження показують, що зразки деревно-цементної суміші, оброблені в ротаційній установці, мають вищу густину, як порівняти з необробленим зразком. Різкий стрибок густини проявляється за десятихвилинної обробки і надалі густина значно не підвищується, залишаючись стабільною. Збільшення густини матеріалу відбувається завдяки зниженню кількості та розміру пір і пустот у тілі матеріалу. Це ще раз підкреслює руйнівний вплив ротації на деревний матеріал і зміну його структури.

Щільність отриманого матеріалу коливається в діапазоні 700 - 850 кг/м, що відповідає матеріалу конструкційного призначення.

2.2.3 Вплив ротаційної обробки заповнювача на теплопровідність матеріалу

Підвищення щільності деревно-цементної суміші негативно позначається на показнику теплопровідності матеріалу. Збільшення цього параметра виявляється в межах 30% порівняно зі зразком, заповнювач якого не обробляли в ротаторі. Дослідження проводили на трьох зразках.

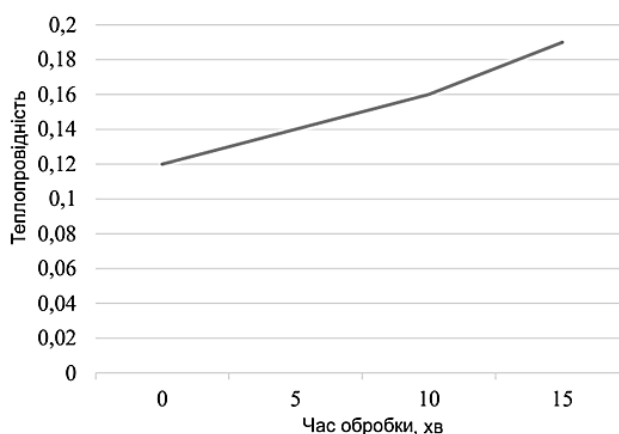


Рисунок 2.7 - Залежність теплопровідності від часу ротаційної обробки деревного заповнювача

Проте слід зазначити, що ці значення щільності відповідають стандартам і є вищими порівняно з низкою інших конструкційних матеріалів.

2.2.4 Вплив ротаційної обробки заповнювача на характеристики міцності матеріалу

Для визначення міцнісних характеристик були проведені міцнісні випробування кубів, описаних у процес визначення показників міцності деревно-цементної суміші. Зразки випробовували на стиск на гідравлічному пресі. Показання приладу були зафіксовані і зведені в наступний графік.

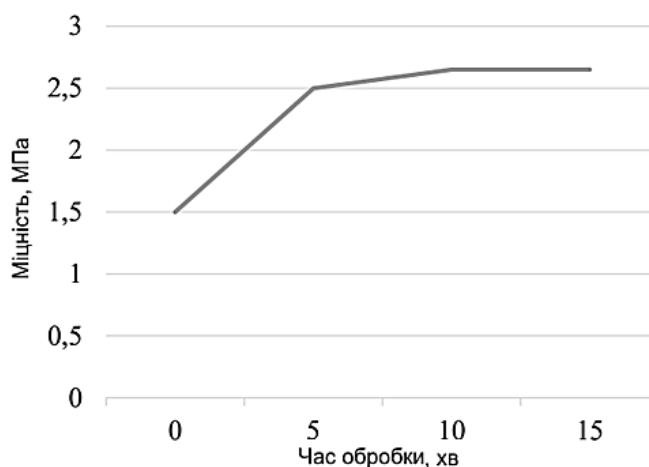


Рисунок 2.8 - Залежність міцності від часу ротаційної обробки заповнювача

Момент, коли відбувався надлом структури зразка був прийнятий як момент початку руйнування. Отримані результати дають змогу зробити наступний висновок про те, що згідно з технічними вимогами.

2.3 Висновки до розділу 2

На основі вітчизняного та зарубіжного досвіду виробництва і застосування будівельних матеріалів з відходів деревообробки було підкреслено актуальність застосування та модифікування такого матеріалу, як арболіт.

Описано специфіку різних матеріалів з відходів деревообробної промисловості та фізико-хімічних властивостей відходів різноманітних деревних порід.

Серія проведених експериментів і випробувань з ротаційною установкою дає змогу окреслити такі висновки. За умови малої фракції заповнювача, необхідної температури і часу обробки, ротація може бути ефективним методом виведення редукуючих речовин.

Найбільш значущою відмінністю оброблених зразком від необроблених є їхня підвищена міцність під час стискання і щільність. У зразках однакової густини 800 кг/м^3 без обробки та 808 кг/м^3 із обробкою міцність при стисненні становила 1,71 МПа і 2,23 МПа відповідно, таким чином міцність зразка, виготовленого із застосуванням ротаційної обробки, вища на 30,5%.

РОЗДІЛ 3

ПРИКЛАДИ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ ПРИ ЗВЕДЕННІ БУДІВЕЛЬ ІЗ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ ДЕРЕВНИХ ВІДХОДІВ

3.1 Фундамент

Фундамент - це несуча частина будівлі, яка розподіляє навантаження основних і додаткових конструкцій по всій його основі. Матеріалами фундаменту зазвичай є різноманітні марки бетону, цегла, бутовий камінь, залізобетонні елементи.

Помилки, допущені під час проектування фундаменту, можуть призвести до прогину, перекосу, вертикального або горизонтального зміщення. Такі помилки можуть позначитися на стані всієї будівлі загалом і термінах її експлуатації. Серед наслідків таких помилок можуть бути затоплення підвальних приміщень, пошкодження інженерних комунікацій, а також поява тріщин у стінах.

Питома вага арболітових блоків значно менша, ніж у таких матеріалів, як глиняна цегла або бетон, що дає змогу зводити будь-які типи фундаментів. А згинальна міцність арболітових блоків прощає деякі помилки проектування будівлі.

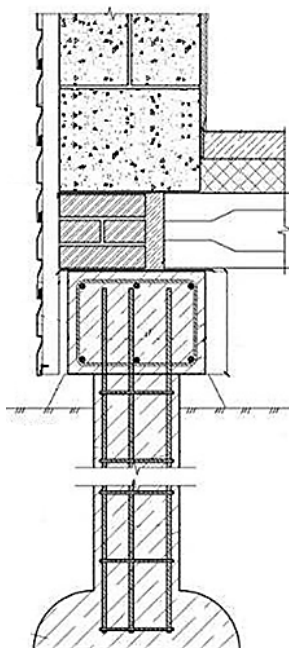


Рисунок 3.1 - Однорядна кладка з арболітових блоків із влаштуванням
вентильованого фасаду на пальовому фундаменті

3.2 Міжповерхові перекриття та фасад будівлі

У малоповерхових будинках з арболітових блоків допускається використовувати такі типи міжповерхових перекриттів:

- збірні залізобетонні плити перекриттів;
- залізобетонні монолітні перекриття;
- комбінувати збірно-монолітні перекриття;
- перекриття по дерев'яних балках і брусу;
- сталеві та залізобетонні балки.

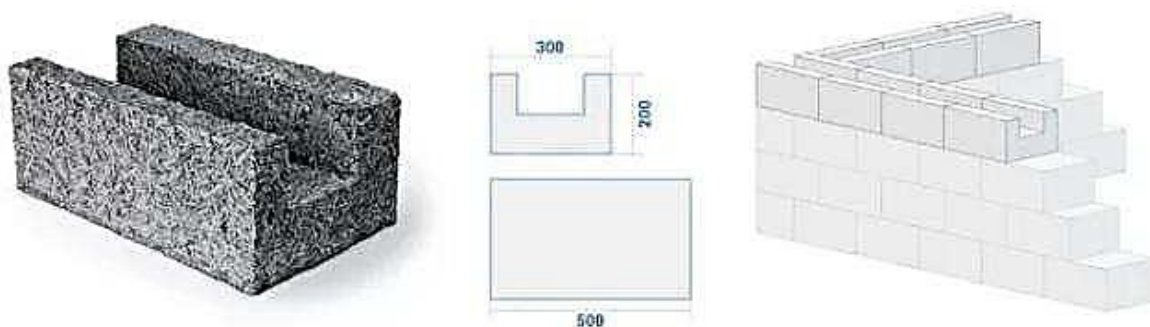


Рисунок 3.2 - U-подібний арболітовий блок для облаштування монолітного поясу

Спирання необхідно виконувати на розподільний армопояс. Таким чином, навантаження рівномірно розподілиться на весь периметр стіни, і арболітові блоки не проминатимуться в місцях сполучень із перекриттями.

У разі використання модифікованого арболіту з підвищеною міцністю ймовірність проминання і деформації скорочується. Для внутрішніх несучих стін армопояс також заливається на всю товщину стіни.

В асортименті більшості виробників арболіту є спеціальний блок для заливки залізобетонного армопоясу - армоблок. Модифікований U-подібний арболітовий блок завдяки своїй більшій щільності унеможливорює утворення містків холоду по бетону. Також можна робити опалубку для поясу з перегородкових арболітових блоків.

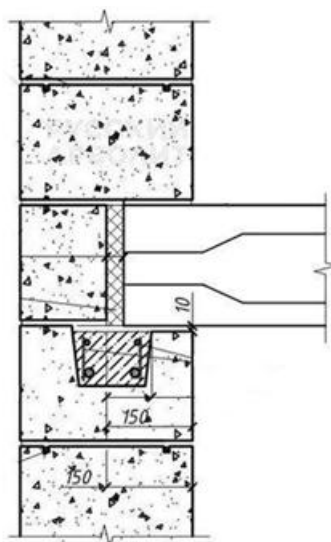


Рисунок 3.3 - Збірно-монолітний пояс

Між арболітом і плитою заведено залишати деформаційний зазор завтовшки 1-2 см, який запінюється або заповнюється мінеральною ватою.

Також рекомендується вкривати гідроізоляцією кінці балок у разі проєктування дерев'яних перекриттів.

Використання модифікованого за допомогою методу ротації арболіту дасть змогу проєктувати залізобетонні та збірно-монолітні плити перекриття з великим запасом вертикальної міцності.

Під час проєктування фасаду будівлі оптимальним варіантом з погляду будівельної теплофізики є конструкція стін із вентиляльованим повітряним прошарком, тобто - вентиляльований фасад. Він складається з каркаса і фасадного матеріалу. У вентиляльованих системах повітря вільно циркулює в повітряному зазорі між арболітом і фасадним матеріалом. У зимовий період облицювання захищає стіну від дощу і снігу, а вентзазор видаляє водяну пару, що виходить із приміщення через стіну. А влітку висхідний потік охолоджує і захищає стіну від перегріву.

Якщо перед проєктувальником стоїть завдання підвищення надійності стінової конструкції з арболіту, то це може бути вирішено шляхом додавання різноманітних хімічних добавок до складу арболіту. Крім того, існують хімічні добавки, що запобігають темпам корозії армованих конструкцій з арболіту, що

також важливо врахувати під час проектування стінових конструкцій будівель. Детальніше про ці добавки було описано в розділі 1.

Існують варіанти проектування, за яких високі навантаження розподіляються з арболіту на інші несучі елементи за типом "Сендвіч". У такій конструкції арболіт є теплоізоляційним шаром, а зовнішні бетонні шари приймають на себе все несуче навантаження. При конструюванні стін таким методом арболіт у вигляді плит закладається заздалегідь, під час зведення або закріплюється в основі опалубки. На жаль, використання модифікованого арболіту в "Сендвіч" конструкціях недоцільно з огляду на його меншу пористість і теплопровідність, як порівняти зі звичайним арболітовим блоком.

У системах вентиляованих фасадів застосовують різні фасадні матеріали: сайдинг, керамограніт, натуральний камінь, металокасети, фіброцементні плити, фасадні панелі. Завдяки підвищеній міцності та щільності модифікованого арболіту, стає простим завданням.

3.3 Покрівельні системи

Вибір покрівельної форми є початковим етапом проектування покрівлі майбутньої будівлі. Існують такі основні покрівельні форми: односхила, двосхила, мансардна, багатощипцева, різнорівнева, шатрова і вальмова.

Другим етапом є вибір покрівельного матеріалу. Для багатьох покрівельних покриттів існує певне обмеження за кутом нахилу. Найпоширенішими покрівельними покриттями є рулонна покрівля, бітумна черепиця, ондулін, шифер, металочерепиця, профнастил та інші. У процесі проектування необхідно виконати два основні розрахунки: розрахунок несучої здатності та розрахунок кроквяної системи.

Розрахунок несучої здатності - це показник сумарного навантаження від тиску всієї маси снігу, а також ваги самого покрівельного покриття. Під час визначення снігового навантаження необхідно враховувати регіональний показник, який є величиною табличною або діаграмною.

У разі якщо дах будинку буде додатково утеплюватися, то проектувальнику доведеться враховувати вагу теплоізоляційного матеріалу і гідроізоляційних мембран. Модифікований арболітовий блок дає змогу проектувати металевих мауерлатів і важких покрівельних систем, наприклад, таких як цементна, керамічна, бітумна черепиця та шифер.

Під час проектування даху необхідно виконувати спирання крокв на арболітові блоки виключно через мауерлат (дерев'яний брус), який необхідно розташувати по периметру коробки будинку. Для плоских дахів рекомендується проектування парапету з повнотілої цегли для спирання на нього залізобетонного покриття покрівлі.

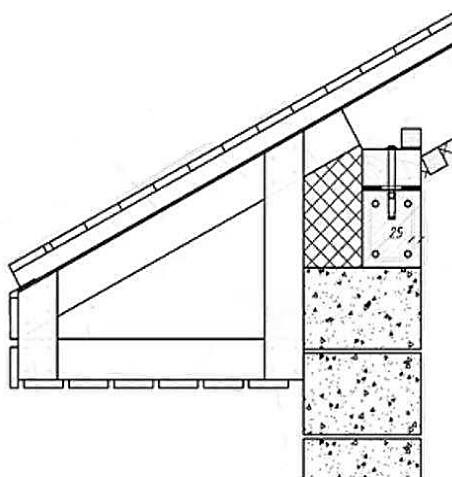


Рисунок 3.4 - Спирання скатної покрівлі на одношарову кладку

3.4 Огляд конкурентних будівельних матеріалів

Газобетонні блоки - це конструкційний будівельний матеріал, який є різновидом ніздрюватого бетону. Його широке застосування зумовлене безліччю переваг щодо інших конструкційних виробів.

Коефіцієнт теплопровідності газобетону перебуває в діапазоні 0,072-0,12 Вт/(м·К). Безліч пор у структурі матеріалу є відмінними блокувальниками холоду. Тому будівлі із зовнішніми стінами з газобетонних блоків зберігають прохолоду влітку і тепло взимку. Завдяки цій же властивості матеріал має відмінні

звукоізоляційні властивості. Проте у цього матеріалу є свої недоліки, які виражаються в крихкості матеріалу на злам і високій ціні.

Керамзитобетонні блоки - це конструкційні блоки, заповнювачем у яких є керамзит. Показник теплопровідності цього матеріалу перебуває в діапазоні 0,14-0,66 Вт/(м·К). У фасаді з керамзитобетонних блоків утворюється багато "містків холоду", він також гірше "дихає", як порівняти з арболітом. Проте керамзитові блоки зарекомендували себе на будівельному ринку завдяки своїй екологічності, шумоізоляції, низькій питомій вазі і простоті кладки.



Рисунок 3.5 - Керамзитобетонні блоки

Пінобетон - це один із видів ніздрюватого бетону, що має пористу структуру завдяки замкненості пір по всьому об'єму, який отримують унаслідок затвердіння розчину, що складається з цементу, піску, води, піноутворювача і різноманітних хімічних добавок. Матеріали марок від D500 до D900 називаються конструкційно-теплоізоляційними. Вони мають щільність від 500 до 900 кілограмів на кубічний метр. Пінобетон зарекомендував себе завдяки високим теплотехнічним характеристикам, невеликій вазі, морозостійкості, вогнестійкості та екологічності.

Проте цей будівельний матеріал має такі суттєві мінуси, як здатність вбирати вологу і високу частоту сколюваності на гранях блоку.



Рисунок 3.6 - Пінобетонний блок

Таблиця 3.1 - Порівняння будівельних матеріалів

Будівельний матеріал	Щільність, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м·К)
Газобетонний блок	700	0,112
Керамзитовий блок	800	0,21
Пінобетонний блок	800	0,18
Арболітовий блок	800	0,15 - 0,18

3.5 Висновки до розділу 3

Модифікований арболітовий блок завдяки своїм посиленим властивостям міцності може стати практичним конструктивним елементом малоповерхових будівель. Завдяки високій несучій здатності, конструкційний арболіт витримує навантаження від важких покрівельних систем, перекриттів і наступних рядів кладки, без втрати міцності і зминання.

Цей матеріал, за умови дотримання заходів вологозахисту металевих елементів будівлі, дає змогу зменшити вплив "містків холоду" бетоном у конструкції стін і армопоясу.

Рекомендації, описані в цьому розділі, можуть бути актуальними під час проектування сучасних малоповерхових будівель.

Вивчивши ринок будівельних матеріалів, можна дійти висновку, що модифікований арболіт може конкурувати з уже усталеними на будівельному ринку конструктивними матеріалами в плані його ціноутворення.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Охорона праці

4.1.1 Законодавство України про охорону праці

Відповідно до статті Закону України «Про охорону праці» (далі — Закону) законодавство про охорону праці складається з цього Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України «Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», законів України «Про пожежну безпеку», «Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності», «Про дозвільну систему у сфері господарської діяльності» та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів. В основі всіх цих документів лежить Конституція України.

Основним документом при зберіганні продуктів харчування з охорони праці є “Державний нормативний акт про охорону праці ДНАОП 0.00-1.34 -02” це є правила безпеки праці під час закладання на зберігання та первинної обробки плодоовочевої продукції. Розроблено Українським науково-виробничим інженерним центром по охороні праці в сільському господарстві (Укрсільгоспохоронпраці) Міністерства аграрної політики України.

4.1.2 Вимоги при будівельно-монтажних роботах

До початку будівельно-монтажних робіт майстер повинен бути забезпечений проектною документацією з організації будівництва і виконання робіт.

Без такої документації будівельно-монтажні роботи проводити неприпустимо.

Проектні рішення з техніки безпеки повинні бути конкретними і відповідати реальним умовам роботи. В спеціальному розділі проекту виконання робіт (ПВР) повинні бути відображені особливо важливі вимоги правил охорони праці і заходи

щодо забезпечення їх виконання. Ці заходи повинні містити технічні рішення і основні організаційні заходи щодо забезпечення безпечного проведення робіт і санітарно-гігієнічного обслуговування працюючих.

У ПВР повинно бути визначено:

1. Місця розміщення тимчасової огорожі, установки кранів, розташування ліній електропередач, доріг, проходів, санітарно-побутових приміщень.
2. Місця складування будівельних конструкцій і матеріалів.
3. Межі небезпечних зон.
4. Схеми електропостачання і освітлення будівельного майданчика і робочих місць, із зазначенням типів світильників і місця їх установки.
5. Безпечні проходи до робочих місць і способи підйому на поверхи будівель, що зводяться.
6. Безпечна послідовність вантажопідйомних операцій.
7. Перелік особливо небезпечних робіт, на виконання яких робітникам необхідно видавати письмовий наряд-допуск.
8. Послідовність розбирання опалублення.
9. Організація робочих місць монтажників будівельних конструкцій.
10. Розташування і зони дії монтажних механізмів.
11. Методи і пристосування для безпечної роботи монтажників:
 - послідовність технологічних операцій при монтажі будівельних конструкцій;
 - місця і способи тимчасового кріплення елементів, які монтуються;
 - протипожежні заходи і засоби пожежогасіння;
 - типи санітарно-побутових приміщень із зазначенням їх складу, кількості та місць установки;
 - заходи щодо зниження виробничого шуму, вібрації та ін.

Для попередження небезпеки падіння з висоти працюючих у ПВР повинно бути передбачено скорочення обсягів операцій верхолазів.

Для попередження небезпеки падіння з висоти виробів і матеріалів при переміщенні їх кранами повинно бути передбачено:

- 1) тара для переміщення штучних і сипучих матеріалів;
- 2) вантажозахватні пристосування;
- 3) пристосування для стійкого зберігання елементів конструкцій ;
- 4) способи видалення відходів і будівельного сміття;
- 5) необхідність використання захисних перекриттів або козирків при виконанні робіт по одній вертикалі.

На будівельному майданчику всі працівники зобов'язані бути в касках та у відповідних місцях встановити знаки безпеки.

4.1.3 Вентиляційна установка

Для подачі повітря застосовують підпільні або підлогові повітророзподільні канали постійного або змінного поперечного перерізу.

Перетин підпільних каналів рекомендується виконувати прямокутним, а підлогових-трикутним, кут при вершині рекомендується приймати рівним 90 °. Повітророзподільних і решітки розміщують в покритті каналів.

Площа живого перерізу повітророзподільних решіток, m^2 , визначають за формулою:

- а) при влаштуванні повітророзподільних каналів для одного каналу

$$S_{\text{ж}} = A \cdot v \cdot q / (k_1 \cdot V_p \cdot 3600) \quad (4.1)$$

де A - розмір насипу продукції в плані вздовж каналу, м;

v - відстань між осями сусідніх каналів, м (ОНТП 6-86);

q - інтенсивність вентилявання насипу продукції, $m^3 / (m^2 \text{ год})$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує закриття живого перетину решітки з продукцією; $k_1 = 0,5$;

V_p - середня швидкість повітря в живому перетині решіток, м / с;

Інтенсивність вентилявання насипу продукції визначають за формулою 4.2:

$$q = v G / (AB) \quad (4.2)$$

де v - питома витрата повітря, м^3 ; G - маса насипу продукції, т. $v = a \times b \times h$

Кількість розподільних каналів m , шт., визначають зі співвідношення $m = B / b$. Площа поперечного перерізу підлогового каналу повинна задовольняти умову $S_k \geq 0,12 S_{\text{ж}}$

Повітророзподільні канали повинні мати на вході повітря шибер або дросель-клапан з ручним або автоматичним управлінням.

Коефіцієнт місцевого опору (КМО) підпільних каналів, віднесений до середньої швидкості у вхідному перерізі, рекомендується приймати залежно від сумарної відносної площі вихідних отворів по табл. 4.1. КМО підлогових каналів з поперечним розташуванням планок, що утворюють щілини для виходу повітря, також рекомендується визначати за табл. 4.1. КМО підлогових каналів з поздовжнім розташуванням планок і внутрішнім каркасом рекомендується приймати рівним 1,5 і відносити до швидкості в першому по ходу повітря звуженому перетині, утвореному каркасом.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнт місцевих опорів каналів

Найменування	Позначення	Коефіцієнт							
		1	1,5	2	3	4	5	6	10
Відносна площа виходу	$S_{\text{ж}}/S_k$	1	1,5	2	3	4	5	6	10
Коефіцієнт місцевого опору	ξ	19	10	6	4	3	2,5	2	1,1

До магістральних відносять канали, розташовані між вентилятором і повітророзподільними каналами. Магістральні канали повинні бути прохідними.

До магістрального каналу повинен бути приєднано не менше двох вентиляторів. Слід передбачати дублювання роботи вентиляторів. З'єднання вентилятора з магістральним каналом рекомендується виконувати перехідною ділянкою з мінімальним аеродинамічним опором. Для подачі повітря в насип

продукції слід встановлювати осьові вентилятори низького тиску, які розвивають необхідний тиск в межах 200÷400 Па.

Рекомендується застосовувати вентилятори з колесом на валу електродвигуна.

Продуктивність вентилятора, м³/с, що подає повітря в насип продукції, визначають виходячи з питомої витрати повітря за формулою

$$L = G_v / 3600 S \quad (4.3)$$

де S - кількість вентиляційних установок.

Опір повітророзподільного каналу знаходять за формулою:

$$H_{в.к} = \xi P_{д.в.х} = \xi \rho V_k^2 / 2 \quad (4.4)$$

де ξ - коефіцієнт опору каналу визначають за таблицею 4.1 коефіцієнти місцевих опорів каналів; $P_{д.в.х}$ - середнє динамічний тиск на вході в канал, Па; V_k - середня швидкість повітря на вході в канал, м/с.

Щільність переміщуваного вентилятором повітря, кг/м³, визначають за формулою:

$$\rho = 0,35 P_{бар} / (273+t) \quad (4.5)$$

де $P_{бар}$ - барометричний тиск, ГПа; t - температура повітря, °С.

Підбір вентиляційного обладнання при розрахункових значеннях продуктивності вентилятора і опору мережі слід проводити, користуючись характеристиками вентиляторів у відповідності з діючими нормативними документами.

Потужність електродвигуна вентилятора N_e , кВт, визначають за формулою

$$N_B = L H_{в.к} / \eta_v \eta_{п} 10^3 \quad (4.6)$$

де η_v - ККД вентилятора; η_n - ККД передачі.

ККД вентилятора і частоту обертання колеса визначають за характеристикою вентилятора.

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1 Законодавство України про безпеку в надзвичайних ситуаціях

Одним з головних законодавчих документів з безпеки в надзвичайних ситуаціях являється “Кодекс цивільного захисту України”. У цьому кодексі є роз’яснення до повноважень суб’єкту, контроль та відповідальність за порушення законодавства у сфері цивільного захисту. Кодекс складається з 33 глав, в яких 140 статті. Прикінцеві та перехідні положення кодексу :

- 1) Закон України "Про цивільну оборону України" (Відомості Верховної Ради України, 1993 р.)
- 2) Постанова Верховної Ради України "Про порядок введення в дію закону України "Про Цивільну оборону України" (Відомості Верховної Ради України, 1993 р.)
- 3) Закон України "Про пожежну безпеку" (Відомості Верховної Ради України, 1994 р., № 5, ст. 21 із наступними змінами);
- 4) Постанова Верховної Ради України "Про порядок введення в дію Закону України "Про пожежну безпеку" (Відомості Верховної Ради України, 1994 р.)
- 8) Закон України "Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру" (Відомості Верховної Ради України, 2009 р.)
- 9) Закон України "Про правові засади цивільного захисту" (Відомості Верховної Ради України, 2004 р. із змінами, внесеними Законом України від 5 липня 2012 року № 5081-VI).

4.2.2 Загальні положення

Проблема з забезпечення стійкості роботи підприємств для зберігання продуктів харчування і захисту його персоналу в умовах застосування сучасних засобів масового ураження, чи вибуху на залізниці вогнебезпечних речовин при перевезенні є актуальним і в даний час.

Незважаючи на те, що за останні роки між ядерними державами було досягнуто низку домовленостей про скорочення ядерної зброї, про те Україна піддається військовій агресії. Проблема захисту населення і забезпечення надійного функціонування підприємств для зберігання продуктів харчування є актуальним і в мирний час. Значні руйнування таких підприємств для зберігання продуктів харчування можуть нести великі втрати серед населення. Можуть стати причиною суттєвого скорочення випуску сільськогосподарської продукції, привести до величезних витрат на необхідні великі масштаби проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт в осередках ураження і привести до повного краху виробничо-економічної системи держави. У зв'язку з цим виникає необхідність завчасно вжити відповідні заходи щодо захисту населення, забезпечення стійкості роботи сільськогосподарських об'єктів в умовах надзвичайних ситуацій мирного часу та у воєнний час, що складає суть основних завдань цивільної оборони.

Стала робота підприємств для зберігання продуктів харчування дозволяє забезпечити населення і збройні сили України продуктами харчування, а промисловість - сировиною. За сучасних умов, коли вплив вражаючих чинників джерел НС незмірно виросло, а наша економіка, зокрема і виробництво, стали уразливими, завдання забезпечення їх стійкості стає актуальнішим.

Під сталістю роботи підприємств для зберігання продуктів харчування розуміється здатність їх у надзвичайних ситуаціях мирного й військового часу забезпечувати виробництво продукції в встановлених обсягах і номенклатурі і

відновлювати свою виробничу діяльність у мінімально стислі терміни після впливу вражаючих чинників джерел надзвичайних ситуацій.

Більше підготовленими, здатними протистояти негативним впливам будуть підприємства для зберігання продуктів харчування, які завчасно реально визначають і виконують заходи, які знижуватимуть наслідки стихійних лих, аварій та катастроф. Стала робота у надзвичайних обставинах мирного й військового часу залежить від багатьох чинників. Найважливіші чинники:

- природно-кліматичні;
- техніко-економічні;
- організаційно-господарські.

4.2.3 Вплив ударних хвиль при вибуху

Ударна хвиля – це поширення із надзвуковою швидкістю тонкої перехідної області, у якій відбувається різке збільшення щільності, тиску і швидкості речовини.

Під час вибуху вибухонебезпечних речовин утворюються високо нагріті продукти, які мають величезну щільність, що збільшується під високим тиском. У початковий момент вони оточені повітрям при нормальній щільності і атмосферним тиском. Розширюючись продукти вибуху стискають навколишнє повітря. З часом обсяг стиснутого повітря зростає. Прямий вплив ударної хвилі на працюючих носить травматичний характер, а вплив на споруди — руйнівний характер.

Прямий вплив ударної хвилі на людину призводить до травматичних наслідків, тяжкість яких залежить від величини тиску у фронті ударної хвилі. Усі травми поділяються за ступенем тяжкості на легкі, середні, лихоліття і дуже важкі.

При тиску у фронті ударної хвилі 20–40 кПа люди можуть отримати незначні ушкодження: забиті місця, вивихи кінцівок, тимчасове ушкодження слуху, легкі контузії.

Середні травми робітники мають при тиску 40–60кПа, які характеризуються серйозними контузіями, ушкодженнями слуху, кровотечею з носа і вух, вивихами, переломами кінцівок.

Важкі травми наступають при тиску 60–100кПа і характеризуються важкими контузіями, значними переломами кінцівок, сильною кровотечею з носа і вух.

Вкрай важкі травми людина має при надмірному тиску понад 100 кПа і ті травми, зазвичай, закінчуються смертю.

Прямий вплив надлишкового тиску у фронті ударної хвилі і швидкісний натиск споруди та будівлі призводить до їхньої часткової чи повної руйнації. Руйнування будинків, споруд залежить від величини тиску руйнування можуть бути слабкими, середніми, сильними і повними.

Ступінь руйнації виробничих комплексів залежно від надлишкового тиску можна оцінити наступним чином:

1. Для промислових будівель з металевим чи залізобетонним каркасом: при надмірному тиску 50...60кПа – сильне, 40...50кПа – середнє, 20...40кПа – слабке;
2. Для антенних пристроїв: при надмірному тиску 40кПа – сильне, 20...40 кПа – середнє, 10...20 кПа – слабке;
3. Для відкритих складів із залізобетонним перекриттям: при надмірному тиску 200 кПа – сильне.

Для зменшення дії ударної хвилі слід виконувати вимоги будівельних вимог та будувати згідно проекту не знижуючи характеристик міцності для здешевлення будівництва.

Під впливом ударної хвилі створюються осередки ураження, руйнації, розміри яких залежать від потужності і виду вибуху, рельєфу місцевості.

Нові об'єкти народного господарства повинні будуватися з урахування вимог, виконання яких сприяє підвищенню сталості об'єкта. Основні з них такі:

Будівлі і споруди на об'єкті необхідно розташовувати розосереджено. Відстані між будівлями повинні забезпечувати протипожежні розриви. При наявності таких розривів виключається можливість перенесення вогню з однієї будівлі на іншу, навіть якщо пожежу не гасять.

Ширина протипожежного розриву L_p м визначається за формулою:

$L_p = H_1 + H_2 + (15 \dots 20)$, де H_1 і H_2 — висоти сусідніх будівель, м.

Будівлі адміністративно господарського та обслуговуючого призначення повинні розташовуватися окремо від основних цехів.

2. Найважливіші виробничі будівлі слід будувати заглибленими або пониженої висотності, прямокутної форми у плані. Це зменшує парусність будівель і збільшує опірність їх ударній хвилі ядерного вибуху. Належну стійкість до впливу ударної хвилі мають залізобетонні будівлі з металевими каркасами в бетонній опалубці.

Для підвищення стійкості до світлового випромінення у будівлях та спорудах, що будуються, повинні застосовуватися вогнетривкі конструкції, а також вогнетривка обробка елементів будівлі, які горять. У кам'яних будівлях перекриття повинні бути виготовлені з армованого бетону або виконані з бетонних плит. Великі будівлі повинні розділятися на секції вогнетривкими стінами (брандмауерами).

У ряді випадків при проектуванні та будівництві промислових будівель і споруд має бути передбачена можливість герметизації приміщень від проникнення радіоактивного пилу. Це особливо важливо для підприємств харчової промисловості і продовольчих складів.

3. У складських приміщеннях повинна бути мінімальна кількість вікон і дверей. Складські приміщення для зберігання легкозаймистих речовин (бензин, гас, нафта, мазут) повинні розташовуватися в окремих блоках заглибленого або напівзаглибленого типу біля меж території об'єкта чи поза нею.

4. Деякі унікальні види технологічного обладнання доцільно розміщувати у найміцніших спорудах (підвалах, підземних приміщеннях) або у будівлях з легких вогнетривких конструкцій павільйонного типу, під накриттям чи без нього. Це обумовлюється тим, що у багатьох випадках обладнання може витримати набагато більший тиск ударної хвилі, ніж будівлі, в яких воно знаходиться, а при

зруйнуванні будівель в результаті падіння конструкцій встановлене в них обладнання виходитиме з ладу.

5. На підприємствах, що виробляють або використовують сильнодіючі отруйні та вибухонебезпечні речовини, при будівництві і реконструкції необхідно передбачати захист ємностей та комунікацій від зруйнування ударною хвилею чи конструкціями, що падають, а також заходи, що виключають розливання отруйних речовин і вибухонебезпечних рідин.

6. Душові приміщення необхідно проектувати з урахуванням використання їх для санітарної обробки людей, а місця для миття машин — з урахуванням використання їх для знезараження автотранспорту.

7. Шляхи на території об'єкта повинні бути з твердим покриттям і забезпечувати зручне і найкоротше сполучення між виробничими будівлями, спорудами і складами; в'їздів на територію об'єкта має бути не менше двох з різних напрямків. Внутрізаводські залізничні шляхи повинні забезпечувати найпростішу схему руху, займати мінімальну площу території об'єкта та мати обгінні ділянки. Вводи залізничних ліній в цехи повинні бути, як правило, тупикові.

8. Системи побутової та виробничої каналізації повинні мати не менше двох випусків у міські каналізаційні мережі та пристрої для аварійних скидів у котловани, яри, траншеї тощо.

Дія ударної хвилі на об'єкт характеризується складним комплексом навантажень: надлишковим тиском, тиском відбиття, тиском швидкісного напору, тиском затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль і т.д. Значення їх залежить в основному від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції і розмірів елементів об'єкта, орієнтації щодо епіцентру вибуху, місця розташування будинків і споруджень у загальній забудові об'єкта й окремих елементів виробництва в приміщеннях будинків, рельєфу місцевості і деяких інших факторів. Врахувати їх у сукупності для кожного елемента об'єкта, як правило, неможливо. Тому можливість елементів опиратися дії ударної хвилі характеризують тільки

надлишковим тиском у її фронті, вважаючи, що масштаби руйнувань не залежать від потужності і висоти найбільш ймовірних ядерних вибухів.

Для визначення ступеня руйнувань чи ушкоджень:

- вивчають вихідні дані і розраховують параметри ударної хвилі на відповідних відстанях;
- для розрахованих значень надлишкових тисків оцінюють ступінь руйнування розглянутих елементів;
- оцінюють можливість виникнення вторинних вражаючих факторів;
- з огляду на ступінь руйнувань найслабших елементів об'єкта, визначають ступінь руйнування об'єкта в цілому.

Вихідними даними для оцінки фізичної стійкості є: конструктивні особливості елемента, його форма, вага, габарити, характеристики міцності.

Оцінка ступеня руйнувань будинків і споруд, сховищ і ПРУ, енергетичного устаткування і мереж, верстатного і технологічного устаткування, вимірювальної апаратури, засобів зв'язку й оповіщення, транспортних та інших засобів може здійснюватися або методом порівняння наявних довідкових даних для розглянутого виду чи аналогічного йому елемента, або методом розрахунку впливу ударних навантажень і сил зсуву на елемент.

Для порівняльної оцінки необхідно мати відповідні таблиці можливих руйнувань елементів об'єкта в залежності від надлишкового тиску у фронті ударної хвилі: будинків, споруд, транспорту, устаткування, енергетичних споруд і мереж. Ці таблиці складаються на основі статистичних даних, отриманих при аналізі руйнувань у Хіросімі й Нагасакі та при проведенні випробувальних ядерних вибухів на полігонах, і можуть поповнюватися результатами розрахунків при конструюванні нових елементів.

Метод розрахунку передбачає визначення динамічних навантажень, створюваних надлишковим тиском у фронті ударної хвилі, і реакції елемента на ці навантаження. Вихідними даними при використанні цього методу є: надлишковий тиск у фронті ударної хвилі і характер його зміни в часі (протягом фази стискання),

тривалість фази стискання і швидкість руху фронту ударної хвилі. У більшості випадків дію ударної хвилі оцінюють питомим імпульсом — добутком надлишкового тиску на час його дії. Оскільки ΔP_ϕ залежить не тільки від часу, а й від відстані до епіцентру, і від потужності джерела ПУХ, розрахунок імпульсу з використанням інтегрального числення ускладнений. Тому звичайно використовують кусково-лінійну апроксимацію кривої ΔP_ϕ як функції часу.

Таким чином, дія ударної хвилі на об'єкт характеризується складним комплексом навантажень: надлишковим тиском, тиском відбиття, тиском швидкісного напору, тиском затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль і т.д. Значення їх залежить в основному від виду і потужності вибуху, відстані до об'єкта, конструкції і розмірів елементів об'єкта, орієнтації щодо епіцентру вибуху, місця розташування будинків і споруджень у загальній забудові об'єкта й окремих елементів виробництва в приміщеннях будинків, рельєфу місцевості і деяких інших факторів. Врахувати їх у сукупності для кожного елемента об'єкта, як правило, неможливо. Однак ряд таких заходів як розосередження нових будівель та споруд, забезпечення протипожежних розривів, наявність в будівлі залізобетонного каркасу та шляхів із твердим покриттям, запроектовані брандмауери істотно підвищують шанси людей вижити під час катастрофи, а також зменшують ризик отримання травм чи пошкоджень, сприяють швидшому доступу рятувальних служб до місця трагедії.

4.2.4 Системи сейсмосахисту будівель і споруд

Загальна класифікація систем сейсмосахисту споруд представлена на рис. 4.1. Вона складається з традиційних методів забезпечення сейсмостійкості та спеціальних засобів сейсмосахисту.

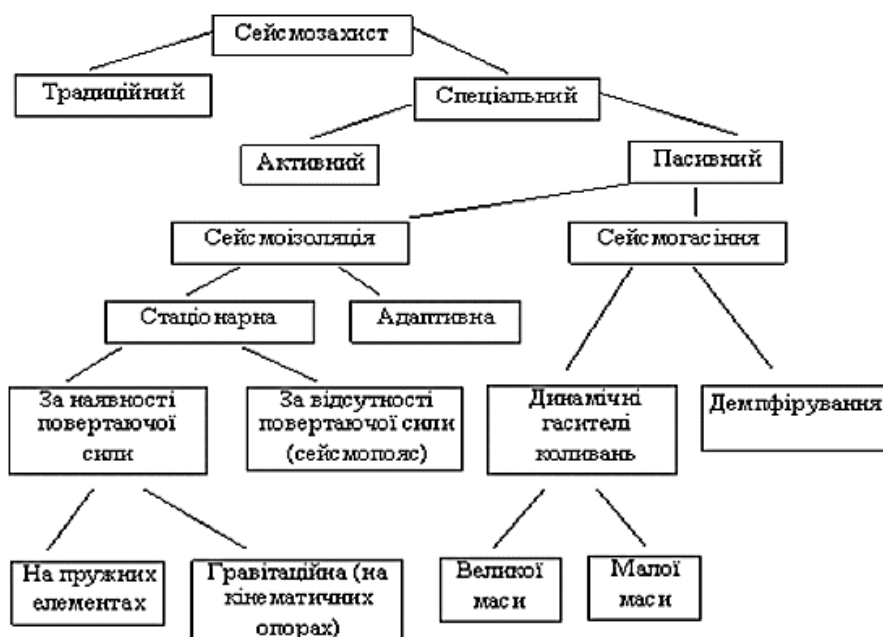


Рисунок 4.1 - Загальна класифікація систем сейсмосахисту споруд

4.2.5 Заходи щодо підвищення стійкості об'єкта

Одне з основних завдань в області цивільного захисту ЦЗ - проведення заходів, спрямованих на підвищення стійкості роботи об'єктів в умовах надзвичайних ситуацій мирного і воєнного часу. Під стійкістю функціонування будівельного об'єкта розуміють здатність його в надзвичайних ситуацій виконувати покладену на нього функцію, а при отриманні слабких і середніх руйнувань або порушенні зв'язків з постачання, відновлювати виконання покладеної функції в мінімальні терміни.

Розглянутий об'єкт будівництва є нестійким до дії ударних хвиль, тому що розглянуті мною безкаркасні арочні ангари мають невелику товщину стінки і власну вагу, що не забезпечує належної стійкості будівлі, отже, необхідно розробляти низку заходів щодо підвищення його стійкості.

Для цього необхідно зробити наступне:

1. Підвищити стійкість промислової споруди шляхом встановлення більш міцного металевого каркасу, встановлення більш міцних рам для дверей і вікон, зменшення прольоту несучих конструкцій, а також зміцнення стін будівлі більш міцними матеріалами.

2. Для підвищення стійкості кранів та кранового обладнання до впливу ударної хвилі доцільно забезпечити їх жорстку фіксацію на міцному фундаменті, розташовувати устаткування за міцними елементами будівлі і споруд на ймовірному напрямку дії ударної хвилі, забезпечити додаткові точки фіксації і кріплення. Також необхідно встановлювати контрфорси, що підвищують стійкість обладнання до дії швидкісного напору ударної хвилі.

3. Для підвищення стійкості кабельних наземних ліній слід помістити їх під землю, також можливе їх зміцнення за рахунок укладання їх всередину, а також за рахунок застосування броньованих кабелів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вивчивши досвід і матеріали вітчизняних і зарубіжних авторів, можна зробити такі висновки: основним методом боротьби з величезними обсягами деревних відходів на даний момент є їх спалювання. Але планомірне і повсюдне впровадження деревної сировини у виробництво будівельних матеріалів матиме велику значимість і важливість для нинішньої галузі малоповерхового будівництва. Модифікований арболіт є лише одним з безлічі прикладів вторинного використання деревних відходів.

Цей матеріал дає змогу втілити багато задумів і рішень проєктувальників та інженерів у конструкціях стін, покрівлі та фундаментах. Модифікований арболіт дає змогу проєктувати важкі мауерлати і покрівельні системи (цементна, бітумна, керамічна черепиця і шифер). На основі дослідів і досліджень було відображено практичні властивості модифікованого арболіту.

Якісна зміна відбулася в таких показниках, як щільність, міцність матеріалу і схоплювання заповнювача. Під дією ротації в рідкому середовищі скорочується початок схоплювання заповнювача з клінкером.

Таким чином, застосована в процесі виробництва арболіту ротаційна обробка є ефективним інтенсифікатором технологічних процесів, а описана в результаті дослідження технологія забезпечить конкурентоспроможність виробленого продукту в плані ціни та конструктивних особливостей.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. Ковальчук, Я., Крамар, Г., Бодрова, Л., Коваль, І., & Мариненко, С. (2019). Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів. *Наукові нотатки*, (66), 165-171.
3. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність
4. ДСТУ EN 15459-1:2017 (EN 15459-1:2017, IDT) Енергоефективність будівель. Процедура економічного оцінювання енергетичних систем будівлі. Частина 1. Процедури розрахунку, Модуль М 1-14.
5. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27: 2010.– [2011-11-01]. / Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с.
6. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
7. ДСТУ 9190:2022 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання
8. ДСТУ Б.В. 2.7-271:2011 Арболіт та вироби з нього. Загальні технічні умови
9. Гудь, М. І., Крамар, Г. М., & Гудь, І. (2018). Фактори впливу на міцність та ефективність бетону. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції „Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій “до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам’яті Івана Пулюя (100 річчя з дня смерті), 44-45.
10. Піняк, О. М., Мацьків, О. Г., & Коваль, І. В. (2021). Енергоефективність будівель. Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій “, 1, 53-53.

11. Franke, S., & Dietsch, P. (2015). Design of Cross-Laminated Timber Columns for Tall Buildings. *Journal of Structural Engineering*, 141(11), 04015028. doi: 10.1061/(ASCE)ST.1943-541X.0001231
12. Ghaffarianhoseini, A., Tookey, J., & Malekmohammadi, I. (2018). Review on structural performance of cross-laminated timber buildings. *Structures*, 16, 430-441.
13. Loferski, J.R., Ross, R.J., Erickson, J.R., and Wang, X. (2016). Nondestructive evaluation of wood and wood-based materials: A review. *Wood and Fiber Science*, 48(1), 1-36.
14. Ozcan, O. and Bouchaïr, A. (2019). Structural behavior of glued-laminated timber beams with high-strength steel rods under static and fatigue loading. *Journal of Structural Engineering*, 145(1), 04018205.
15. Tannert, T., Köhler, J., and Klippel, M. (2018). Mechanical properties of hardwood and softwood species in the bending strength and stiffness. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76(5), 1395-1411.
16. Wacker, J.P. and Ormarsson, S. (2017). Evaluation of timber bridges using non-destructive testing methods: A review. *Construction and Building Materials*, 157, 389-398.
17. Yao, F., Chang, C., Wu, X., and Lu, J. (2020). Experimental and numerical investigation on the mechanical behavior of timber-concrete composite beams. *Engineering Structures*, 214, 110654.
18. <https://www.floornature.com/r2k-architectes-groupe-scolaire-pasteur-limeil-brevannes-12480/>
19. Helander, S., & Serrano, E. (2017). Influence of moisture and in-plane shear on the tensile strength of cross-laminated timber. *Wood Science and Technology*, 51(2), 409-422.
20. Zhang, L., Zhou, Y., Chen, J., & Zhao, Y. (2018). Investigation on the thermal insulation performance of vermiculite-based mortars. *Construction and Building Materials*, 174, 1-8.

21. Zhou, D., Zhang, P., & Liu, S. (2017). Thermal insulation properties of lightweight cementitious composites based on perlite and vermiculite. *Construction and Building Materials*, 143, 149-156.
22. Leung, C. K. Y., & Poon, C. S. (2006). Feasible use of recycled aggregates and powder produced from construction and demolition waste for the production of lightweight thermal-insulating bricks. *Building and Environment*, 41(4), 427-434.
23. Su, J. F., Chen, J. H., & Chen, Y. L. (2015). Effects of vermiculite and graphite on the thermal insulation properties of polypropylene composites. *Journal of Materials Science*, 50(16), 5545-5554.
24. Hedayati, R., Farzadnia, N., & Ali, M. (2021). Experimental study on thermal insulation and mechanical properties of the composite made of cement, expanded perlite and silica fume. *Construction and Building Materials*, 301, 124023.
25. Zhou, J., Wu, Y., Chen, J., & Li, D. (2019). The effects of composite insulation materials on thermal insulation and fire performance of concrete. *Journal of Cleaner Production*, 230, 1414-1425.
26. Mykhailo Hud, Natalia Chornomaz, Roman Grytseliak, Denys Baran, Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads, *Procedia Structural Integrity*, Volume 36, 2022, Pages 87-91, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.007>
27. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2022. — 156 с.
28. Методичні вказівки для написання розділу дипломного проекту з дисципліни «Охорона праці в галузі» / В. Б. Каспрук. - Тернопіль: ТНТУ, 2017. - 14 с.