

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра будівництва та професійної освіти

Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему: **«Експериментально-статистичні дослідження
технічних характеристик мінеральної вати»**

КРМ.192БЦмд_21 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Технології будівельних конструкцій,
виробів і матеріалів»
спеціальності 192 «Будівництво та
цивільна інженерія»
ступеня вищої освіти магістр
групи 192БЦмд_21
Фуголь Роман Олексійович

Керівник: Біда С.В.

Полтава 2024 року

ВСТУП

Енергоносії дорожчають не по днях, а по годинах, і в цьому причина зростаючого інтересу до питань пов'язаних з енергобереженням, зокрема до можливості використання теплоізолюючих матеріалів. Тепловтрати крізь стіни звичайного багатоповерхового житлового будинку становлять 30 - 40%. Традиційні будівельні матеріали не здатні ефективно зберігати його, потрібні спеціальні теплоізоляційні матеріали.

Теплоізоляція покликана забезпечити комфортний мікроклімат усередині приміщень, зменшити втрати тепла зсередини будівлі і обмежити надходження надлишкового тепла в квартиру, що сприяє нормальній життєдіяльності людини. Побічним ефектом застосування теплоізоляції є звукоізоляція будівлі, що веде до зменшення сторонніх шумів, підвищення комфортності житла. Використання теплоізоляції дозволяє значно знизити витрату будівельних матеріалів і зменшити масу конструкцій. Орієнтовно 10-сантиметрова теплоізоляційна плита по теплопровідності еквівалентна цегляній кладці товщиною 1,5-1,8 м.

Теплоізоляція дозволяє зменшити витрати на опалення будівель і, відповідно, знизити кількість викидів вуглекислого газу та інших продуктів згоряння в атмосферу. А це, у свою чергу, призводить до загального покращення екологічної обстановки та зняття парникового ефекту. Стіни можна утеплювати як зовні, так і зсередини будівлі. Однак утеплення будівель зовні має ряд незаперечних переваг:

- зовнішня теплоізоляція переносить точку роси в зовнішній теплоізоляційний шар, завдяки чому захищає стіни від конденсації і замерзання вологи всередині стіни;
- згладжує добові та сезонні коливання температури стін, через це знижуються температурні деформації, що, у свою чергу, виключає утворення тріщин у стінах. Це особливо важливо при використанні великих панелей.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Загальні відомості про мінеральну вату

Під час виверження вулканів, крім лави та високої температури повітря у середовищі утворюються тонкі нитки з розплавлених бризок шлаку, підхоплених вітром. «Першою людиною, яку зацікавив такий природний процес був англійський промисловець Едвард Перрі в 1840 році відтворив процес формування ниток з доменного шлаку. Але при початковому виробництві була допущена помилка – створення шлакової вати проходило відкрито, тому частина вироблених волокон вільно розліталася по цеху і робітники були змушені вдихати їх. В результаті кілька людей постраждало, а сам Перрі відмовився від ідеї виробництва мінеральної вати. Лише через 30 років було запущено промислове виробництво з урахуванням усіх попередніх невдалих спроб» [3].

Досвід розвинутих країн свідчать, що на сучасному рівні розвитку будівельної індустрії, витрати тепла в оселях можна бути зменшити більш ніж на 35%. Одним з головних напрямків, який дає змогу реалізувати резерви енергозбереження, є утеплення огорожувальних конструкцій будинків. Вирішити питання можуть теплоізоляційні матеріали, які представлені на ринку України в широкому асортименті. Одним з найпоширеніших та найдешевших видів теплоізоляції є мінеральна вата.

Мінеральна вата – це волокнистий матеріал, який одержують із гірських порід, металургійних шлаків і їхніх сумішей. Провідні виробники мінераловатної продукції використовують винятково гірські породи, що дозволяє одержувати мінеральну вату високої якості із тривалим строком експлуатації. Саме такий матеріал рекомендується застосовувати для важливих конструкцій - у випадку, коли потрібно багаторічна надійна робота споруд. Мінеральна вата, отримана з доменних шлаків, не має достатню довговічність в умовах знакозмінних

температур, підвищеної вологості, дії високих навантажень і деформацій. Її застосування виправдане в дачному будівництві, при введенні тимчасових споруд і для конструкцій, у яких легко виконуються ремонтні роботи.

1.2 Загальна технологія виробництва мінеральної вати

Виробництво кам'яної вати - це складний багатоступіньчастий технологічний процес. Сировинні компоненти (гірські породи габро-базальтової групи) системою стрічкових транспортерів подаються на склад сировини. Далі сировина проходить через сита, велика фракція подається на дозатори, які ретельно зважують сировинні компоненти. Тільки після цього шихта подається в вагранку. Встановлені на підприємстві коксогазові вагранки на гарячому дуття, що дозволяють отримати розплав необхідної температури (близько 1500) і потрібної в'язкості. Отриманий розплав направляється на багато валкову центрифугу, де під дією відцентрової сили краплі розплаву витягуються у волокно. Початкова сировина і стабільність складу розплаву дозволяють отримати якісну мінеральну вату з високою хімічною стійкістю і довговічністю.

У момент волокно-утворення через форсунки, встановлені на центрифугі, подається сполучна з добавками гідрофобізатори і обезпилочка за новітньою технологією.

Базальтове волокно, оброблене сполучною, охолоджуючись потоком повітря, потрапляє на транспортер. Так утворюється первинний килим з мінеральної вати, який надходить на маятниковий розкладальник, що забезпечує рівномірну щільність виробленої продукції. Після маятникового розкладання килим надходить на гофривщик-підпресувника, який надає майбутнього виробу гофровану структуру за рахунок часткової вертикальної орієнтації волокон, що дозволяє досягти високх механічних властивостей готової продукції. Сформований у такий спосіб «килим» надходить в камеру термообробки, де при температурі 200-250 °C відбувається затвердіння зв'язуючого і задаються основні фізико-механічні характеристики. Всі технологічні процеси на лінії контролюються автоматикою, що забезпечує

стабільно високу якість виготовлених матеріалів. В умовах підвищення норм що регламентують відхилення від заданих геометричних розмірів будівельних матеріалів велику увагу точності різання готових виробів. Готова до застосування продукція упаковується в термоусадочну плівку, яка виконує гарантією збереження матеріалу. Пачки з продукцією автоматично штабують на піддоні і далі, готовий піддон з продукцією упаковується.

За показниками призначення з мінеральної вати відрізняється залежності від того, які температурні умови та навантаження, що залежить від середньої густини, витримує покриття (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 Середня густина та призначення мінеральної вати

| Середня густина, кг/м ³ | Призначення |
|------------------------------------|--|
| 30 | Як ненавантаженого теплової ізоляції в горизонтальних будівельних конструкціях. Для теплової ізоляції обладнання з температурою ізолюючої поверхні від мінус 60 до 400 °С. |
| 35 | Як ненавантаженого теплової ізоляції в горизонтальних будівельних конструкціях. Як утеплювач у легких огорожувальних конструкціях каркасного типу. Для теплової ізоляції обладнання з температурою ізолюючої поверхні до 400 °С. |
| 40 | В якості теплової ізоляції у вертикальних і горизонтальних будівельних конструкціях. Як утеплювач у легких огорожувальних конструкціях каркасного типу. Як теплоізоляційний шар в тришарових бетонних і залізобетонних конструкціях, що огорожують (плити з мінеральної вати типу А). Для теплової ізоляції обладнання з температурою ізолюючої поверхні до 400 °С. |

Таблиця 1.1 Міцність та призначення ТІМ з мінеральної вати

(продовження)

| | |
|-----------|---|
| Більше 40 | В якості теплової ізоляції, що підлягає навантаженню у вертикальних і горизонтальних будівельних конструкціях. Як теплоізоляційний шар в тришарових бетонних і залізобетонних конструкціях, що огорожують (плити з мінеральної вати типу А), у покриттях з профільованого настилу або залізобетону. Для зовнішньої теплоізоляції стін з наступним штукатурюванням або пристроєм захисно-покровного шару (плити з мінеральної вати типу А). Для теплової ізоляції обладнання з температурою ізолюючої поверхні до 100 ° С. |
|-----------|---|

В Україні, де загальна площа експлуатованих будівель становить близько 40 млн. м², на опалення щорічно витрачається близько 3 млн. т умовного палива, тобто приблизно через енергоресурсів країни. Розташування країни передбачає тривалі холодні зими і велику кількістьпадів. Тому на одиницю житлової площі витрачається в 2-3 рази більше теплової енергії, ніж у країнах Європи. Проблема економії енергії, а значить і підвищення експлуатаційних характеристик будівель стала для України актуальною задачею, яка потребує якнайшвидшого вирішення. Одним з найбільш ефективних шляхів економії енергії визначо скорочення втрат тепла через огорожувальні конструкції будівель і споруд.

Застосування ефективних систем теплоізоляції дозволяє скоротити споживання енергоресурсів на опалення до 10 разів, а також сприяє зменшенню товщини зовнішніх стін, що призводить до збільшення внутрішньої площі будівлі до 5%. При перерахунку надбавки зекономленої площі до її ринкової вартості, вигода буде очевидний.[2]

1.3 Устаткування для отримання мінераловатного розплаву і його переробки на вату

У виробництві мінеральної вати застосовують плавильні установки різних видів. До отримуваного в цих установках розплаву ставляться відповідні вимоги щодо плинності, динамічної в'язкості і поверхневого натягу. Вони мають відповідати технологічним особливостям процесу плавлення шихти і методу переробки розплаву на вату. Як плавильні установки застосовують: вагранки; ванни; електродугові і шихтоприймальні печі; шахтно-ванні печі; дуплекс-плавильні установки та ін. У виробництві мінеральної вати найбільше застосовують вагранки (шахтні печі) з водяною і випарувальною системами охолодження.

Вагранка діаметром 1250 мм із водяною системою охолодження, що працює на коксовому паливі (рис. 1.1) – це шахтна плавильна печ. Вона складається з корпусу 9, опорної завантажувальної секції 2, іскрогасника 1, повітряного колектора 16, колекторів гідведення 17 і відведення води 18, вузла випускання розплаву, розподільника шихти 5, водяного бака 22. Корпус вагранки, де відбувається процес плавлення, складається з головної секції (ватержакета) і днища 13. Головна секція, у свою чергу, складається з внутрішньої обичайки діаметром 1250 мм і зовнішнього циліндра діаметром 1600 мм. Вгорі і внизу між внутрішньою обичайкою і зовнішнім циліндром розміщені глухі кільця, що утворюють порожнину, заповнену водою. У нижній частині секції є два люки: один 14 – для заправлення коксу і розпалювання вагранки, другий 12 – для встановлення зливної лійки. Повітря у внутрішню порожнину подається через середню частину секції – фурмений пояс, що складається з двох рядів фурми 15. До оболонки циліндра приєднаний колектор 17 гідведення води. Вище розміщений колектор 18 відведення води. У нижній частині оболонки є отвори і люки для спускання води та очищення позаболонкового простору. До верхнього пояса оболонки циліндра

приварені фланці з підсилювальними ребрами, що призначені для підвішування головної секції до завантажувальної.

Завантажувальна секція є опорною частиною вагранки. У нижній її частині приварені лапи 8 з підсилювальними ребрами і кільцями, одні з яких опорні, встановлені на металоконструкції 19, інші – призначені для підвішування головної секції за допомогою тяг 10. Для забезпечення герметичності стику верхня порожнина головної секції над оболонковим простором засипається піском. Нижня частина внутрішньої порожнини завантажувальної секції облицьована вогнетривкою цеглою 20 із шлаковим і трепельним прошарками, середня частина – чавунними сегментами 6 із заповненням вільного простору між кожухом і сегментом шлаком чи трепелом.

Верхня секція 3 й іскрогасник облицьовані шамотною цеглою і мають внутрішні кільця, що підтримують футерівку. Вузол випускання розплаву призначений для часткового уловлювання металу і гомогенізації розплаву, підігрівання розплаву вихідними газами і стабілізації положення його струменя. Вікно складається з вічка, нагримаджувача і відбивача. Вічко зварної конструкції має вигляд коробки, що вставляється в люк вагранки. До випускання розплаву отвір лійки забитий вогнетривкою глиною. Нагримаджувач є зварною пасудиною з подвійними стінками, що утворюють порожнину охолодження і кріпляться до люка вагранки. Відбивач шарнірно підвішений до нижньої частини порожнини повітряного колектора. Розподільник 5 шийти призначений для рівномірного розподілу по перерізу вагранки вихідного матеріалу, що подається із завантажувальної лійки 4. Розподільник складається з подвійного конуса з порожнистим розсікачем, заповненим під час роботи водою, і закріплюється всередині вагранки трьома трубами, що одночасно відводять воду.

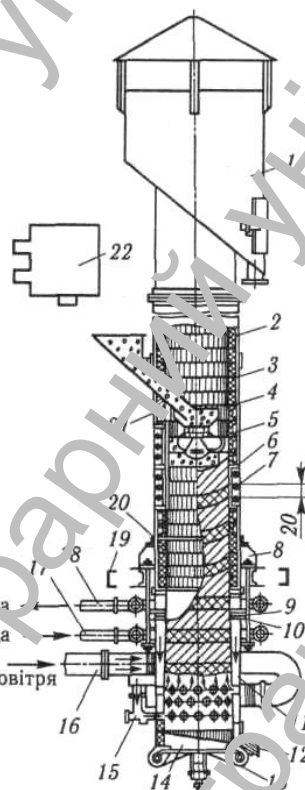


Рис. 1.1 Вагранка з водяною системою охолодження

«Бак 22 для води передбачений для забезпечення охолодження вагранки в разі аварії водопроводу і встановлений на висоті 12... 15 м над рівнем піду вагранки. Продуктивність описаної вагранки з розпаву 1000...2000 кг/год, витрата води на охолодження 7..12 м³/год, витрата повітря до 12 тис. м³/год»[2].

Для забезпечення потрібної якості мінеральної вати слід стабілізувати процес плавлення у виробництві. Цього можна досягти автоматизацією процесу плавлення шихти за рахунок регулювання витрати повітря і коксу.

Ванна піч (рис. 1.2) складається з басейну 6, фідера 7, регенератора 4, повітроводів / газових пальників 2 і 3 та навантажувачів 5 шихти.

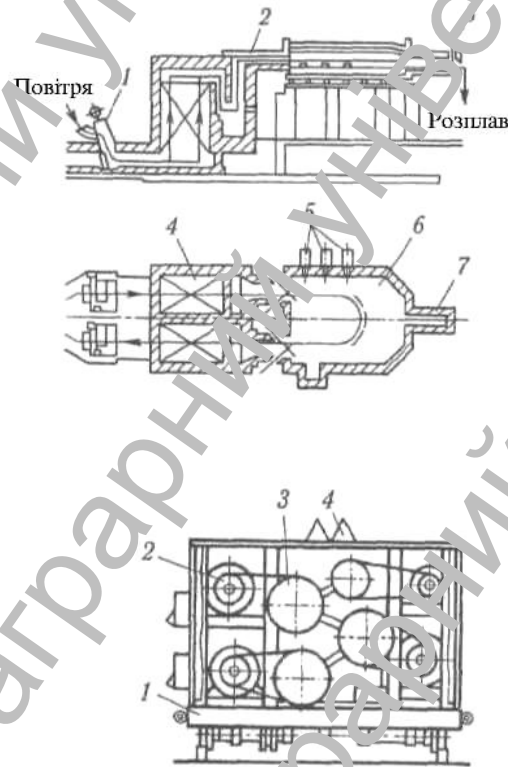


Рис. 1.2. Ванна піч

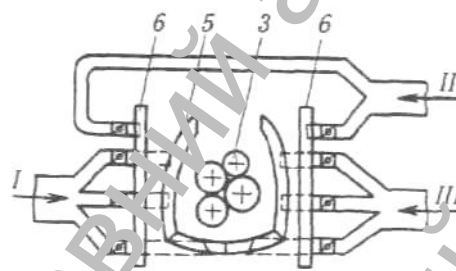


Рис. 1.3. Багатовалквова центрифуга

У торці басейну фідера встановлена водоохолоджувана панель з отворами для випускання розплаву. У склепінні фідера перед сливною пічкою розміщений гальник 3 для підігрівання розплаву перед випусканням. Ванна піч для виробництва мінеральної вати з площею дзеркала 48 чи 62 має підковоподібний факел. Регенератори розміщені перед торцевою стінкою печі і з'єднані нею пальниками. Через кожні 0,5 год напрям полум'я в печі змінюється за допомогою шибєрних клапанів. Дно басейну виконане з багатопамотних брусів, покладених на металеві шуги, які розміщені на донних балках. Стіни басейну, печі і фідерів, місця встановлення пальників,

завантажувальні отвори, склепіння, верхня частина печі і фідера викладеш футерівкою. «Максимальна глибина басейну 400 мм. Під час роботи печі відбувається протипотоковий рух продуктів згоряння відносно руху верхнього шару скломаси і шихти. Нагріті гази, рухаючись від проточи до завантажувальної килимки, віддають частину теплоти скломасі і шихті, розплавляючи останню. У ванних печах на відміну від вагранок не застосовується дефіцитний кокс, однак вони мають на 15...3 % вищу питому витрату теплоти. Зменшення витрати теплоти можна досягти, використовуючи дуплекс-плавильні установки, що складаються з двох плавильних печей для диференційованого варіння»[5]

У практиці виробництва мінеральної вати з численних способів волокнуутворення найчастіше застосовують відцентрово-дутьвовий і відцентрово-валковий.

«До багатовалкової центрифуги входить чотиривалкова центрифуга, повітряна шафа та інші вузли. Чотиривалкова центрифуга має вигляд візка /, на якому змонтовано чотири шпинделі з електроприводами і валками 3, лоток 4, мастильна система і лійка. Шпинделі виготовлені у вигляді порожнистих валів з водним охолодженням, встановлених у підшипникові опори. Привід шпинделів здійснюється від окремих електродвигунів 2 через клинопасову передачу. На шпинделях устатковані валки 3 різних діаметрів. Перший валок має діаметр 235 мм, інші – по 340 мм, робоча довжина першого валка 90 мм, інших – 150 мм. Частота обертання валків становить 3375, 4555, 4755 і 5365 об/хв.»[10].

По водохолоджену потоку розплав подається на перший валок, де частина його переробляється на мінеральне волокно. Інша частина потрапляє на другий, третій і четвертий валки і також переробляється на волокно.

Неперероблена частина розплаву зливається у відходи, а мінераловатне волокно передається в камеру волокнуосадження через систему відведення повітряної шафи й відсмоктувальну камеру. Пристрої відведення розміщені

в окремій повітряній шафі, змонтованій у торці камери волокноосадження. У шафі міститься відвідне кільце 5 високого тиску, що охоплює валки центрифуги, а також бічні відвідні щілини системи 6 низького тиску для спрямування волокон у камеру. Через повітроводи у відвідне кільце надходить повітря під тиском 5,0...5,3 кПа, а через повітровід у відповідну систему низького тиску потрапляє повітря тиск якого 0,8 кПа. У відвідному кільці встановлені форсунки для розпилення в'язучого матеріалу. Система відведення працює одночасно із системою відсмоктування волокна у повітроводи камери волокноосадження. Під дією розплаву валки швидко спрацьовуються. Для забезпечення ремонтпридатності і швидкої заміни їх до комплексу СМТ-182 входять центрифуги. Валки центрифуги мають понижене зносостійке наплавлення. Продуктивність центрифуги становить 3,2...3,5 т розплаву за годину. У відцентрово-дугтьовому пристрою (рис. 1.3а) волокно утворюється таким чином.

Розплав з вагранки по лотку надходить на роздавальну чашу 3 діаметром 270...340 мм, завдовжки 70...90 мм і конусністю 10...15 мм, що обертається. Для розпилення водяного в'язучого матеріалу роздавальний чан обладнаний трубкою 5, що пропускарється через нерожнистий вал 2, і лійкою 4.[2]

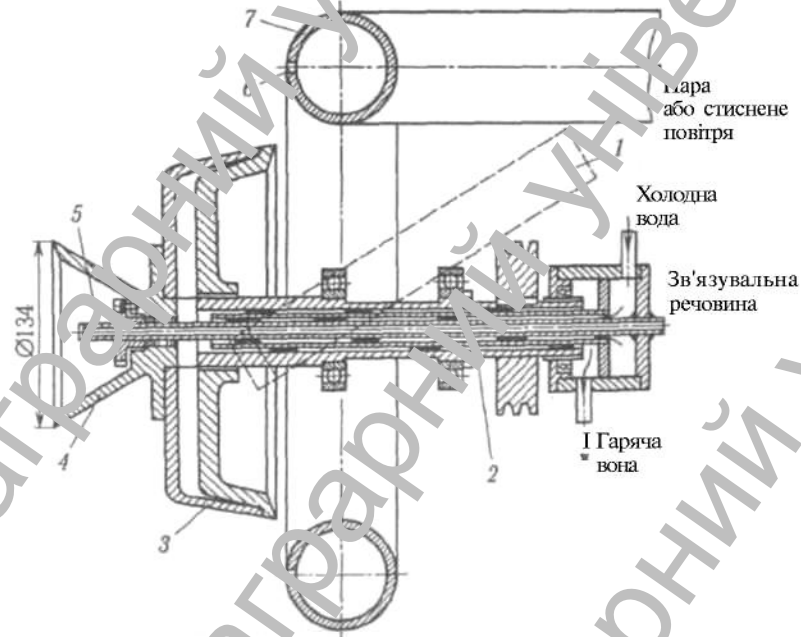


Рис. 1.3а. Відцентрово-дутьбовий пристрій

1.4 Устаткування для виробництва виробів із мінеральної вати

У промисловості будівельних матеріалів використовують технологічні лінії для отримання напівтвердих і твердих мінераловатних плит на синтетичному в'язучому матеріалі. Лінії з використанням цих комплектів мають загальну принципову схему, зображену на рис. 1.4. Відмінність полягає в тому, що на лінії з просочення килима синтетичним в'язучим матеріалом здійснюється розчином з наступним вакуумуванням, а на лінії з устаткуванням – тільки розтиленням. У комплекті застосовується укорочена камера полімеризації і верстат для оброблення.

Виробництво плит здійснюється у такий спосіб. Розплав із вагранки подається на валки центрифуги I. Отримане з центрифуги мінераловатне волокно потрапляє в камеру 3 волоконосадження, на сітчастому конвеєрі якої утворюється мінераловатний килим. Рухаючись безупинно по конвеєру ролонувального автомата 4 марки і по проміжному конвеєру 5 марки, килим надходить до установки 6 марки для пресочування розчином чи безпосередньо в камеру/термообробки де зазнає пресування і термообробки.

Після виходу з камери термообробки (полімеризації) килим потрапляє на ділянку верстата оброблення, де розрізається ножами поздовжнього і поперечного різання на плити заданих розмірів і охолоджується повітрям.

«Камера волокноосадження (рис. 1.5) складається з приймально-формуального конвеєра, шахти 2, притисного барабана 5, приводу 9, димососа 10 марки Д-18; круглої 3 і поперечної 4 щіток. Приемально-формувальний ланцюговий сітчастий конвеєр нахилений по ходу руху килима, має зворотну раму, натягну і привідну станції. Несучі ланцюги 6 рухаються від привідних зірочок на ведучому валу 8, який приводиться в рух від електроприводу 9. До ланок ланцюгів, що рухаються вздовж напрямних рами, за допомогою стяжок прикріплена формувальна сітка 7. Під ланцюгом із сіткою розміщений короб, через який димососом відсмоктується повітря із шахти. Кількість повітря, що відсмоктується, регулюється шиберами. На бічних стінках усередині шахти є форсунки для введення і розпилення в'язучого матеріалу. На виході килима із шахти встановлений притисний барабан для доресування килима і герметизації шахти. Барабан приводиться в рух від привідного вала конвеєра. Диск барабана на килим регулюється противагою».[7]

Мінеральне волокно, яке надходить у шахту через проріз у торцевій



Рис.1.4. Принципова схема лінії

стіни об'єднується розпоршуваним через форсунки (на лініях з комплектом) розчином синтетичних в'язучих матеріалів і осідає на сітку конвеєра під дією розрідженого повітря, створюваного димососом. На виході з камери шар вати на сітці конвеєра обтискається барабаном. На лініях

в'яжучий матеріал на форсунки не подається. З технологічного потоку непросочена мінеральна вата знімається за допомогою рулонувального автомата, що складається з катувача, ножа поперечного різання, механізму подачі паперу і механізму пакування.

Установка для просочування килима розчином складається з конвеєра просочування, пристроїв вакуумування і подачі розчину. Килим, що надходить на сітку конвеєра, проходить під регульованим на висоту жолобом для розливання й ущільнювальним барабаном. Розчин в'яжучого матеріалу подається насосом у жолоб. Через перфорацію в опорних листах під сіткою конвеєра в'яжучий матеріал всмоктується повітряною струмою.

Камера полімеризації – це установка для термообробки безперервної дії з регулюванням температурного і гідравлічного режимів. Камера виконана у вигляді металоконструкції з теплоізоляційним каркасом, усередині якого вмонтовані дві пари нижніх і верхніх конвеєрів. Кожна пара складається із сітчастого і ланцюгового конвеєрів, причому на сітчастому конвеєрі формується поверхня виробів, а на ланцюговому – вони пресуються. Котки ланцюга нижньої гілки верхнього конвеєра котяться по напрямних, які за допомогою домкратів можуть підніматися й опускатися, змінюючи зазор між гілками ланцюгових і сітчастих конвеєрів, що визначає товщину виготовлених виробів.

Камера розділена шторами на теплові зони. До кожної з них приєднані газопроводи для подачі й відсмоктування теплоносія за допомогою теплотехнічного устаткування. Теплоносієм є топкові гази, які отримують в результаті спалювання палива і змішування продуктів згоряння з відпрацьованими газами. Теплотехнічне устаткування складається з топки з пальником, димососа, дуттьового вентилятора до пальника, газопроводів і регулювальної апаратури.

Верстат для оброблення килима складається з механізму поздовжнього різання, роликового конвеєра охолодження, ножа для поперечного різання і

приводу. Механізм для поздовжнього різання має обертовий вал з дисковими ножами, за допомогою яких килим розрізається на частини смуги завширшки по 500 мм чи на дві – по 100 мм. Ніж для поперечного різання гільйотинного тину з кривошипно-шатунним приводом рухомого ножа забезпечує різання смуг на плити завдовжки 1000 чи 500 мм. Розрізаний на плити килим надходить на роликівий конвеєр, де через нього проходить охолоджене повітря. Після охолодження плити надходять на похилу ділянку столу і знімаються з нього. Обрізки країв килима повертаються на переробку. Максимальна ширина килима становить 2100 мм.

Комплект устаткування призначений для виробництва мінераловатних плит щільністю 50...175 кг/м³. Комплект складається з багатовалкової центрифуги, камери волокноосадження, форматного верстата, підпресувальника, камери термообробки, теплової установки, подрібнювачів,.

Комплект устаткування порівняно з комплектами має поліпшені техніко-економічні показники, автоматизоване керування, безступеневе регулювання швидкості конвеєрів, підвищену надійність, продуктивність і призначений для заміни зазначених комплектів у разі реконструкції виробництва.

Наявність у комплекті стрікової пилки дає можливість різати килим. Подрібнювач забезпечує подрібнювання некондиційних плит і повернення подрібненої маси за допомогою пневмотранспорту в камеру волокноосадження.

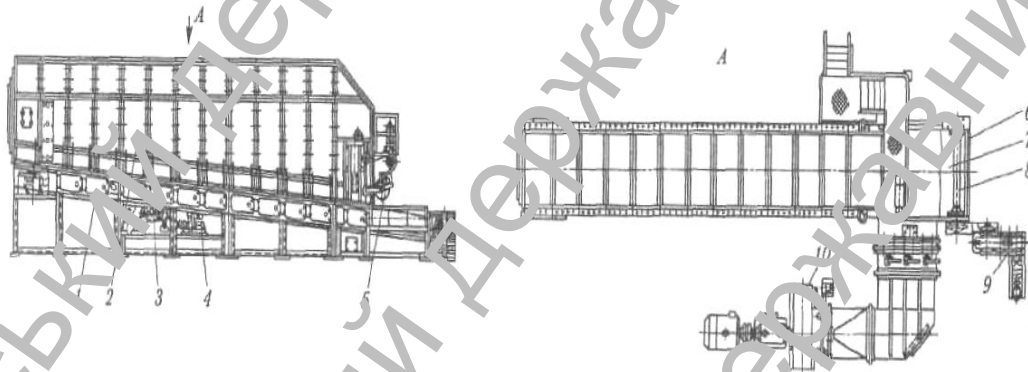


Рис. 1.3. Камера волокноосадження

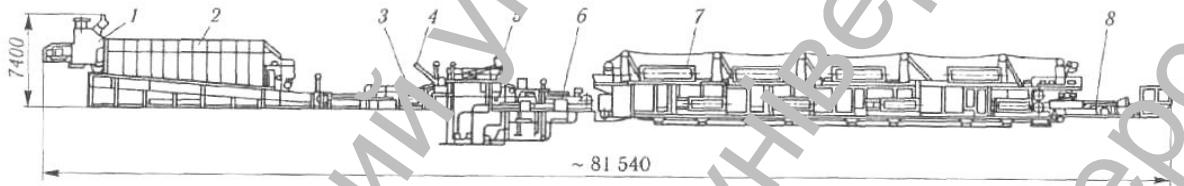


Рис. 1.6 Комплект устаткування для виробництва мінераловатних плит підвищеної жорсткості

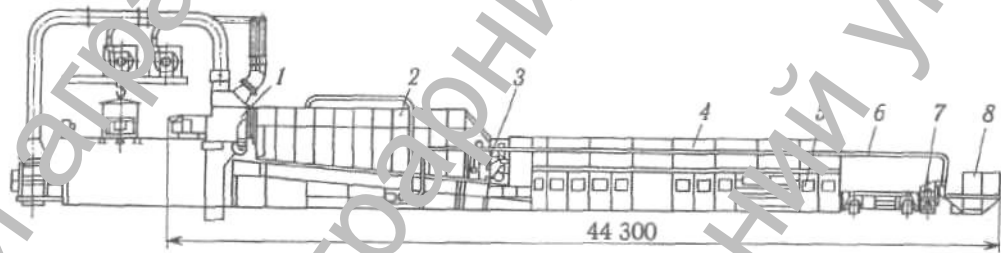


Рис. 1.7. Комплект устаткування для виробництва мінераловатних плит

Комплект устаткування для виробництва мінераловатних плит підвищеної твердості на синтетичних в'язучих матеріалах з гідромас (рис. 1.8) складається з багатовалкової центрифуги / марки, камери волокноосадження 2 марки СМТ-093, рулонувального автомата, двох проміжних конвеєрів 4 марки, гідрозмішувача 5 марки, розкладника 6 марки, камери полімеризації 7 марки, форматного верстата 8 марки і теплотехнічного устаткування.

Технологічний процес виробництва мінераловатних плит підвищеної жорсткості з гідромас складається з таких операцій: отримання мінерального волокна; осадження волокна в камері волокноосадження і формування мінераловатного килима, приготування і розкладання гідросуміші, теплової обробки й оброблення. Мінераловатне волокно отримують розпиленням струменя мінераловатного розпелу, що надходить на робочі органи центрифуги. Він вдувається в камеру волокноосадження і на її сітковому конвеєрі утворює мінераловатний килим.

Під час руху сіткового конвеєра килим переходить на конвеєр рулонувального автомата розрізається ножом для поперечного різання на

смуги, що надходять на проміжних конвеєрах у гідрозмішувач, куди одночасно насосом накачується розчин в'язучих матеріалів. Отримана в змішувачі гідромаса подається в розкладник, де розподіляється рівномірним шаром, калібрується і формується між нижнім і похилим верхнім конвеєрами з частковим зневоднюванням. Після вакуумування килим має вологість 30 %. Далі він надходить у камеру полімеризації, де відбувається твердіння в'язучих матеріалів у процесі просочування через килим гарячих газів із температурою 160...200 °С. Теплоносій готується і прокачується теплотехнічним устаткуванням. Висушений килим охолоджується і ріжеться на плити заданих розмірів. Камори волокноосадження і полімеризації мають індивідуальні регульовані приводи з електродвигунами постійного струму.

Лінія, скомпонована на основі цього комплексу устаткування, дає змогу випускати крім плит підвищеної жорсткості мінераловатні плити з просоченням мінераловатного килима методом пульверизації чи методом поливання з вакуумуванням, а також у разі потреби рулонувати і знімати сировату. У процесі виготовлення плит підвищеної жорсткості з гідромас перший проміжний конвеєр перебуває в опущеному стані, а другий – у піднятому. Якщо плити виготовляють не з гідромас, гідрозмішувач переносить у бік від лінії, проміжні конвеєри встановлюють у горизонтальне положення, а живильник знімають з розкладника, звільняючи килиму прохід до зливального лотка для просочування в'язучих матеріалів. При підняттю першому конвеєрі забезпечується рулонування і знімання сировати. Рулонувальний автомат і два проміжних конвеєри кінематично зв'язані з камерою волокноосадження, а розкладник і форматний верстак – з камерою полімеризації. Кінематичні зв'язки здійснюються шестірними і ланцюговими передачами.

До комплексу устаткування для виготовлення мінераловатних плит підвищеної жорсткості методом стрічкового формування (рис. 1.7) входить багатозалкова центрифуга, камера 2 волокноосадження, проміжний конвеєр

3, камера 4 термообробки, формальний верстат 8 марки, теплові установки 5 марки і подрібшовач 7 відходів.

Уведення синтетичних зв'язуючих матеріалів забезпечується методом розпилення в камері волокпоосадження. Обрізки подрібнюються і пневмотранспортом повертаються в камеру 2 волокпоосадження. Камера термообробки оснащена пристроями, що усувають вплив нерівномірності килима на процес термообробки. Під час проходження килима через камеру забезпечується його ущільнення й інтенсивне продування повітрям, підігрітим в установці до температур 453...523 К.

Довжина камери усього 3 м. Порівняно з комплектом устаткування, комплект має енергоємність, меншу в 1,5 раза, а масу - в 2 рази.

Комплект забезпечує випуск мінераловатних плит з об'ємною щільністю 150...250 кг/м³ і має продуктивність 60...75 тис. м³ плит за рік.

До комплекту устаткування для виробництва мінераловатних матів із вертикальною шаруватістю волокон входять механізм різання плит, структуроутворювач, пристрій нанесення бітуму, формувальник і механізм ролонування.

Для виготовлення мінераловатних матів з вертикальною шаруватістю використовують мінераловатні плити на синтетичних зв'язуючих матеріалах.

Плити, що подаються на стіл механізму для різання СМТ-235, торцюються і розрізаються дисковими ножами на смуги завдовжки 1000 мм, завширшки 40... 100 мм, що передаються на конвеєр структуроутворювача, де вони повертаються на 90°, зводяться впритул одна до одної і надходять на конвеєр формувальника. На шар смуг, що рухаються, подається покривний матеріал з нанесеним на його поверхню розплавленим бітумом. Далі покривний матеріал притискується верхнім конвеєром до шару смуг і при остиганні бітуму приклеюється до них. Після цього теплоізоляційний мат потрібної довжини відрізається і згортається в ролон механізмом ролонування.

1.5 Технічні характеристики мінеральної вати

1.5.1 Пожежна безпека та вогнестійкість

Дуже мала кількість ізолюючих матеріалів мають високу вогнестійкість. Основною сировиною для виробництва кам'яної вати є гірські породи габро-базальтної групи. Завдяки цьому вся продукція є негорючою. Температура плавлення волокон перевищує 1000 С, що дозволяє застосовувати продукцію з мінеральної вати в широких межах робочих температур.

Теплоізоляція мінеральною ватою володіє ще однією необхідною властивістю – вогнестійкістю.

Теплоізоляція мінеральною ватою утримує рід поширення тепла утвореного в результаті пожежі, і захищає будівельні конструкції від деформації і руйнування. Це дає додатковий час, необхідний для евакуації людей, документів і майна. Важливим фактором при виборі теплоізоляції є те, що при дії високих температур теплоізоляція мінеральної вати не виділяє шкідливих для здоров'я або отруйних речовин.

1.5.2 Теплопровідність

Кам'яна вата є високоефективним теплоізоляційним матеріалом. За термічної ефективності вона готова змагатися з етальонним теплоізолятором повітрям у нерухомому стані. Теплоізоляція складається з 99% повітря і 1% кам'яних волокон. У більш важких виробках зміст волокон в обсязі плити доходить до 5%.

Високий опір теплопередачі досягається за рахунок утримання великої кількості повітря у нерухомому стані всередині утеплювача, за допомогою тісно переплетених найтонших і гнучких волокон мінеральної вати.

Завдяки низькій теплопровідності та високому опорі теплопередачі, кам'яна вата дозволяє зберігати тепло і підтримувати бажану температуру в приміщеннях.

1.5.2 Гідрофобність

Наявність вологи в утеплювачі негативно позначається на його теплоізоляційних властивостях, терміні служби і мікрокліматі приміщення. У разі зволоження утеплювача потрібні дорогі і часозатратні заходи щодо усунення наслідків, які найчастіше полягають в заміні більшості елементів конструкції.

Матеріали мінеральної вати стійкі до впливу води, тому що створені з каменю. Всі мінераловатні вироби оброблені гідрофобізаційними добавками, що додають утеплювачу водовідштовхувальні властивості.

Маючи високу паропроникність, мінеральна вата не затримує в собі вологу, яка надходить з приміщення у вигляді пари, утвореного для життєдіяльності людини, і практично завжди залишається в сухому стані.

1.5.4 Паропроникність

У зв'язку з тим, що завжди існує перепад температур повітря всередині і зовні будівлі, і як наслідок, перепад тиску, то завжди існує дифузія водяної пари через захисну конструкцію у бік області більш низького тиску. Процес появи вологи та накопичення її в конструкції можна віднести до одного з найбільш шкідливих факторів, який призводить до руйнування конструкції, зниження теплозахисту, погіршення мікроклімату, появи цвілі, грибків і т. д.

У вітчизняних нормативних документах здатність матеріалу протистояти проникненню вологи характеризується паропроникністю μ , мг / (м год Па). Вона визначається кількістю водяної пари, що проходить протягом 1 год. через 1 м² площі матеріалу товщиною 1 м при різниці парціальних тисків на протилежних поверхнях 1 Па. На даний параметр слід звернути особливу увагу в умовах застосування сучасних будівельних матеріалів і технологій, встановлення металевих дверей з гумовими ущільнювачами, пластикових вікон і панелей, застосування вінілових шпалер, лакофарбових виробів, недостатнє поширення систем кондиціонування та примусової вентиляції.

Структура матеріалу мінеральної вати на 99% складається з повітря, що є основою паропроникності (стіни «дихають»). Водяні пари зільно просочуються крізь матеріал, не встигаючи конденсуватися в товщі.

Застосування гідрофобізаційних добавок матеріалу знижує змочуваність матеріалу, і запобігає потраданню вологи в структуру волокон. Причин появи вологи в приміщенні:

1. Приготування їжі, миття посуду і підлоги,
2. Кімнатні рослини, акваріум.
3. Життєздатність людини - під час сну в людини випаровується 45 г вологи в год., при фізичній роботі випаровування збільшується до 250 г
4. Перепади атмосферної вологості.

1.5.5 Міцність

У різних конструкційних матеріал сприймає різні навантаження за цілою, і напрямком та тривалості впливу. Опірність механічних дій - дуже важлива характеристика теплоізоляції, якщо матеріал не здатний зберегти форму (товщину) при експлуатації, то він не може забезпечити ні надійність механічного кріплення, ні закладчи при розрахунках теплотехнічні та звукоізоляційні показники конструкції. На кінцевому споживачі це може відбитися зменшенням рівня комфорту в приміщенні і подорожчанням витрат на оплату рахунків на опалення. Екології теж буде завдано шкоди - збільшення викидів вуглекислого газу CO_2 , спалюванням великої кількості палива. Міцність було б необхідно.

Висока стійкість матеріалів мінеральної вати до механічних навантажень забезпечується властивостями як волокна так і структурою мінеральної вати - чудово працює «каркас» з тіснопереплетених і хаотично орієнтованих в усіх напрямках волокон. Варіативність впливів навантажень і конкретна область застосування визначає потрібний параметр механічної міцності або їх сукупність від мінераловатного виробу - міцність на стиск, міцність на відрив шарів, міцність на зрушення (зріз), межа міцності.

1.5.6 Екологічність

Виробництво мінераловатного утеплювача - це складний комплекс різних технологічних процесів. Саме тому на заводах завжди приділялася і приділяється особлива увага кожній ланці цього ланцюжка: і якості вихідних сировинних ресурсів, і жорсткого дотримання всіх стадій виробничого процесу - це запорука високих споживчих властивостей кінцевого продукту.

Питання екології починаються на стадії підбору сировинних ресурсів. Основною сировиною для одержання мінерального волокна служить кам'яна сировина базальтової групи порід (базальт, порфірит, габро-дабази і т.п.). Воно є найпоширенішим класом мінералів, що входять до складу земної кори і являють собою не що інше, як застигла, що вийшла на поверхню або що залишилася в товщі землі, вулканічну лаву - це матеріал повністю природного походження.

1.5.7 Довговічність

Мінераловатна продукція відрізняється великим терміном зберігання експлуатаційних властивостей у будівельних конструкціях. Це зумовлено і характеристиками окремого волокна, і роботою всього конструктиву (каркаса з хаотично спрямованих переплетених між собою волокон (96 – 99%), скріплені сполучною (1 – 4%) теплоізоляційного матеріалу. Використання кам'яної сировини базальтового типу дозволяє домагатися показника модуля кислотності матеріалу не нижче 1.8, що, у свою чергу, забезпечує однорідність і пружність волокна, складовими якими є «склофази», без вторинних кристалічних вміщень. Застосування спеціальних добавок (гідрофобізатори, промотори адгезії волокон) суттєво збільшують показники довговічності матеріалу.

Офіційно визнаних методик визначення довговічності волокнистих теплоізоляційних матеріалів немає. Проте, світовий досвід застосування таких виробів дає можливість заявляти, що термін служби складає не менше п'ятдесяти років при дотриманні рекомендацій, пов'язаних з умовами експлуатації.

1.5.8 Аналіз номенклатури показників якості мінеральної вати

Призначення:

- 1) Функціональне призначення. Мінеральна вата дозволяє зберігати та підтримувати тепло в приміщенні.
- 2) Класифікаційне призначення. Згідно технічного призначення розрізняють таку класифікацію мінеральної вати:
 - В якості невантаженої теплової ізоляції в горизонтальних будівельних конструкціях.
 - Як утеплювач у легких огорожувальних конструкціях каркасного типу.
 - Як теплоізоляційний шар в тришарових бетонних і залізобетонних конструкціях, що обгорівають (плити з мінеральної вати типу А).
 - Для зовнішньої теплоізоляції стін з наступним оштукатурюванням або пристроєм захисно-покривного шару (плити з мінеральної вати типу А).

Надійність:

- 1) Довговічність:
Термін експлуатації – не менше 50 років.
- 2) Безвідмовність. Середній термін служби становить 15-20 років. Далі мінеральна вата замінюється в ході реконструкцій або ремонтів на більш новітній та модифікований варіант.
- 3) Ремонтоздатність. Через свою структуру, мінеральна вата не підлягає ремонту, адже використовується цілісно. При пошкодженнях необхідно замінювати частину площі теплоізоляційного матеріалу на нову.

Ергономічні властивості. Мінеральна вата досить проста та зручна при встановленні, що дозволяє швидко та якісно ізолювати приміщення.

Естетичні властивості. Вона не створює дискомфорту для людини, адже візуально її не видно – матеріал знаходиться під штукатуркою, або в між стінних перегородках тощо.

Екологічні властивості. Екологічна безпека кам'яної вати підтверджена повним пакетом обов'язкової документації (гігієнічними та санітарно-

епідеміологічними висновками), згідно з якими матеріали можуть застосовуватися зовні і всередині будь-яких типів приміщень (як житлових, так і промислових)

РОЗДІЛ 2 МЕТА РОБОТИ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

Отримати технічні характеристики властивостей мінераловатних матеріалів різної густини, які необхідні для розрахунків теплової ізоляції конструкцій будівель.

Задачі досліджень:

- дослідити вплив технологічних чинників на теплопровідність виробів
- дослідити вплив технологічних чинників на середню густину виробів
- дослідити вплив технологічних чинників на водопоглинання виробів
- дослідити вплив технологічних чинників на міцність при стиску виробів

За результатами випробувань зразків отримати середні, стандартні коефіцієнти варіації, а потім порівняти з ДСТУ Б В.2.7-107.

Об'єкт дослідження: мінераловатні плити, зразки з мінераловатних плит

Предмет дослідження: показники теплопровідності, середньої густини, водопоглинання зразків з мінераловатних плит.

2.1 Теоретичне обґрунтування

Суттєве подорожчання енергоносіїв в Україні вимагає від населення і підприємств переходу на енергозберігаючі технології. Одним з напрямків зберігання тепла в будівлях є теплоізоляції стін, перекриття та підлог. Найбільш ефективним теплоізолюючим матеріалом є базальтова мінеральна вата. В основу такого висновку взято її негорючість та довговічність в порівнянні з органічними теплоізолюючими матеріалами. Для ефективного використання мінеральної вати необхідно знати мінливість її характеристик у виробі. В відкритих літературних джерелах практично відсутні її характеристики мінливості матеріалу у виробі (плиті). Є загальна характеристика властивостей виробів (розміри, середня густина, теплопровідність, водопоглинання та інші характеристики, але відсутній розподіл цих характеристик по виробу. Крім того в державних стандартах відсутній такий важливий показник як коефіцієнт варіації властивостей, що не дає можливості розраховувати товщину теплоізоляції з забезпеченістю 0,95.

В зв'язку з вище наведеним у роботі було поставлене завдання з використанням методів математичної статистики визначити коефіцієнти варіації для таких властивостей (коефіцієнт теплопровідності, середня густина, міцність при 10% лінійній деформації, водопоглинання). Для цього необхідно використати програми «Excel» і «Statistica 12».

Для виконання поставленого завдання необхідно розробити методику досліджень, яка б надала інформацію про мінливість властивостей матеріалу виробу.

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика експериментального визначення коефіцієнта теплопровідності плит з мінеральної вати

Випробуємо мінеральну вату розміром 1200x600x50 мм на теплопровідність. Для цього нам необхідно 4 таких плити щоб закласти робочу зону морозильної камери. Ці 4 плити ми склеюємо між собою за допомогою монтажної піни (рис. 3.1.)



Рис. 3.1 Склеювання мінераловатних плит між собою

Кожну плиту розкреслюємо на сегменти розміром 200x200 мм з обох сторін (рис. 3.2), для подальшого розрізання плити на ці сегменти та точного розташування термопар та тепломіра. На кожній плиті створюємо 8 сегментів розміром 200x200 мм, робимо відступ від країв плити мінімум на 5 см для запобігання виникнення ефекту містка холоду. На 4 плитах в сумі отримано 32 сегменти. Ці сегменти є зоною дослідження теплопровідності.



Рис. 3.2 Розміщення плит на сегменти

Розміщені на сегменти плити монтуємо в робочу зону установки визначення теплопровідності (рис 3.3). Шви між стіною морозильної установи і плитами мінеральної вати заповнюємо монтажною піною (рис 3.4).

Для запобігання зсуву плит із заповнених швів використовуємо підпорки з обох сторін плит. Час тухнення монтажною піни складає 1.5 - 2 години, після чого можна убирати підпорки.



Рис. 3.3 Монітування зразків в робочу зону камери



Рис. 3.4 Запінення швів

Розмічені сегменти нумеруємо і прикріплюємо термопари із внутрішньої сторони установки. Прикріплення термопар виконуємо по середині кожного

сегмента як з середини так і зовні плит мінеральної вати. При знятті даних теплового потоку тепломір також прикріплюємо в кожній центр сегмента для одержання точніших результатів експерименту (рис.3.5).

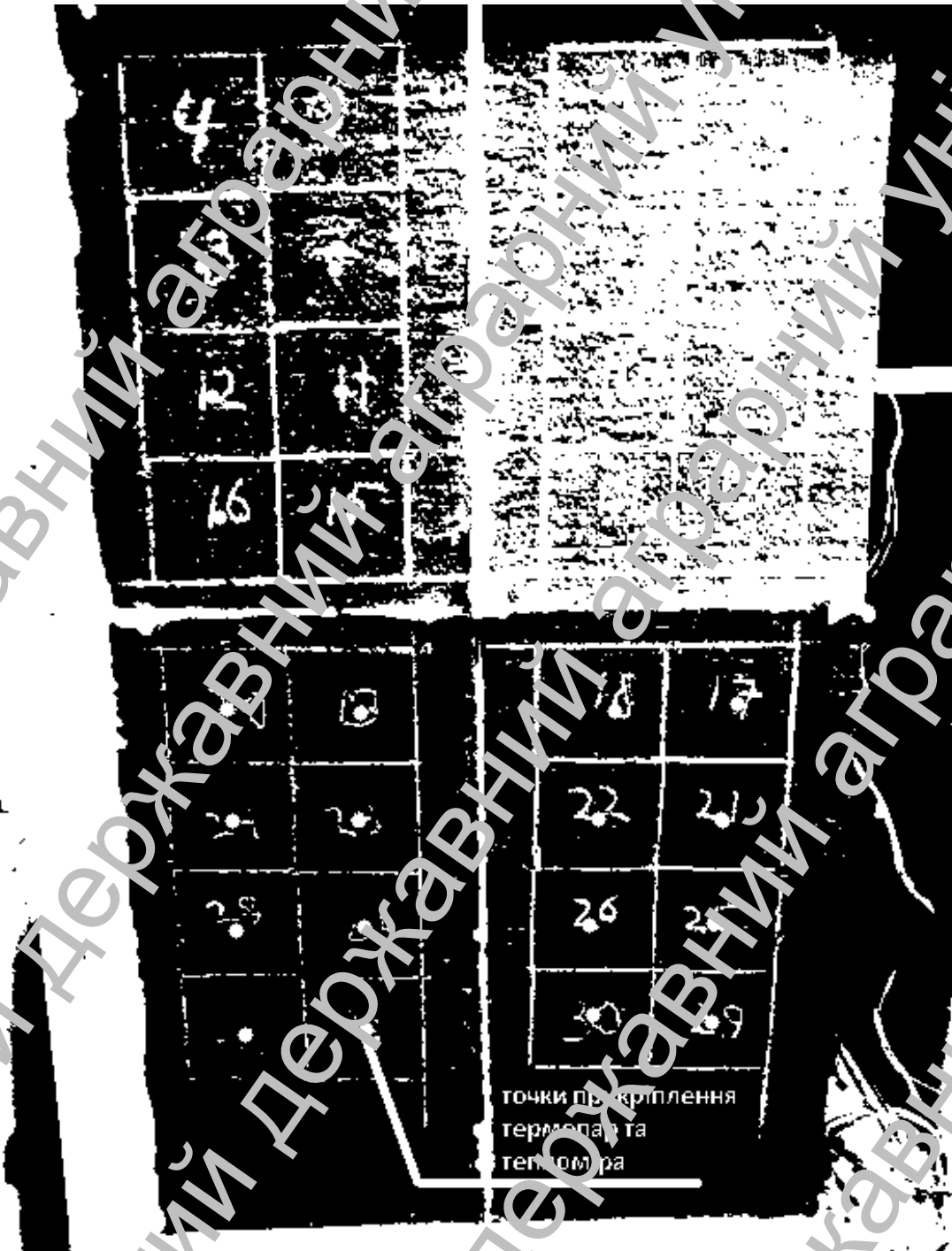


Рис.3.5 Прикріплення термопар до сегментів

Простір між стіною установки і плитами мінеральної вати закладаємо піною-істиролом для повної герметизації установки. Після повного затвердіння

монтажної піни запускаємо морозильну установку задати температуру -24°C
(рис. 3.6)

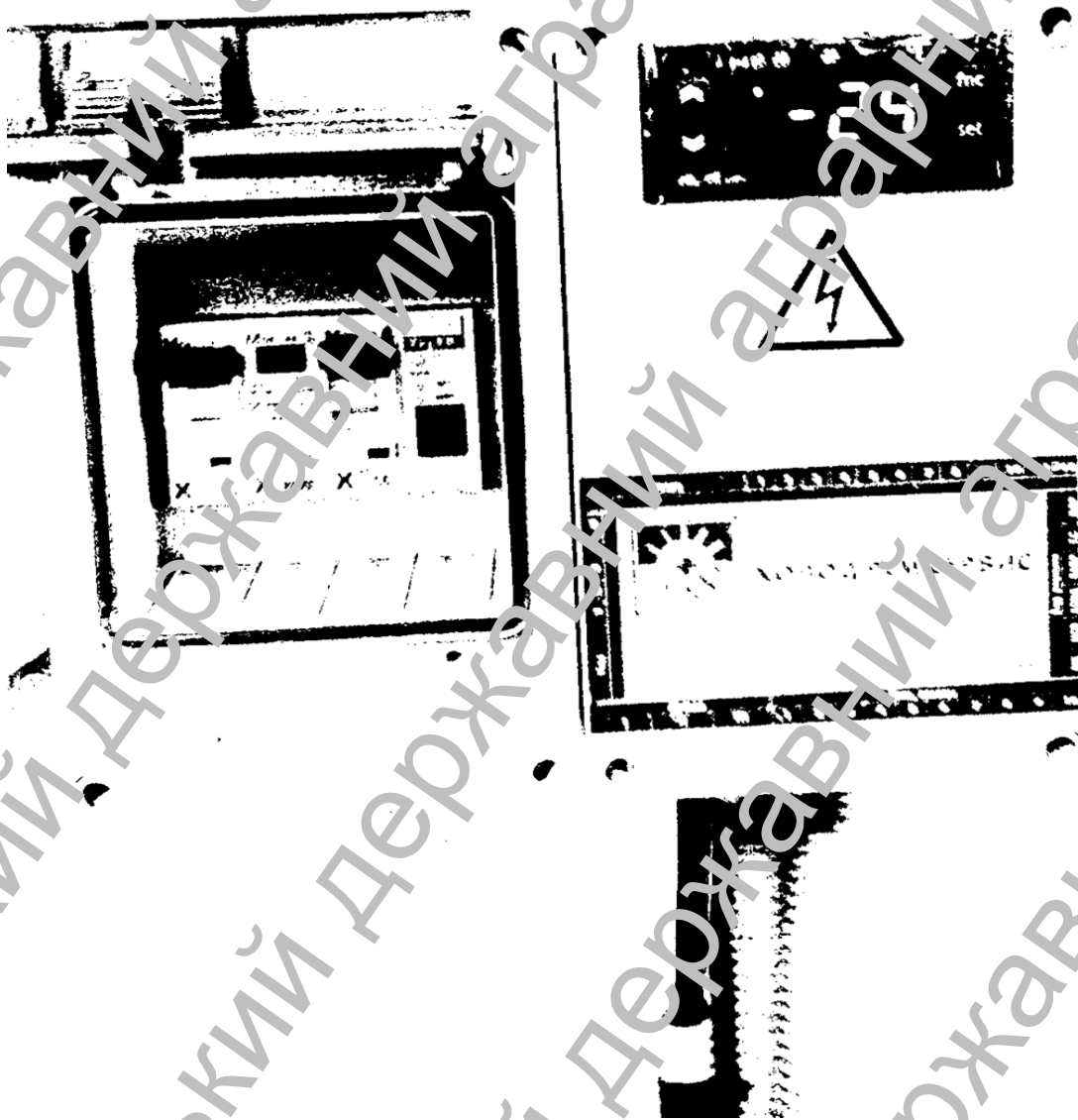


Рис. 3.6 Задання потрібних характеристик морозильній установці

Коли камера входить в робочий режим чекаємо 3 години для промерзання дослідних зразків. Після чого підключаємо термометри до приладу ПП-63 (рис. 3.8) який показує дані по кожній термопарі (рис. 3.7)



Рис. 3.7 Підключення термопар до приладу ПП-63



Рис. 3.8 Потенціометр постійної напруги ПП-63

Дочекавшись стабільних показників температури і теплового потоку знімаємо показники кожної термопарі із внутрішньої сторони мінеральних плит:

Після отримання даних температури внутрішніх сегментів приступаємо до зняття показників із зовнішньої сторони мінераловатних плит за допомогою термопар також (рис. 3.7).

Використовуючи тепломір досліджуємо теплові потоки на кожному сегменті із зовнішньої сторони. Коефіцієнти теплопровідності усіх досліджених зразків мінеральної вати обчислені в середовищі Excel. Результати вимірювань, обчислені температури, значення теплового потоку та отримані коефіцієнти теплопровідності для кожного зразка наведені в таблиці 5.3. Величина теплового потоку визначається множенням відліку по тепломіру на його константу, рівну 18,3. При нульовій температурі контрольного спару термопар температури робочих хромель-копелевих термопар обчислені за апроксимуючою формулою

$$T = 0,0118 * A^3 - 0,264 * A^2 + 15,3 * A + 0,11, \quad (3.1)$$

де T – температура в градусах Цельсія;

A – відлік по термопарі в мілівольтах.

Формула (3.1) отримана як ліній тренду в середовищі Excel і досить точно описує дані таблиці. Після одержання усіх даних вирізаємо плити із установки і розрізаємо їх на задані сегменти 200x200x50 мм для подальшого дослідження зразків по іншим експериментам.

3.2 Методика експериментального визначення середньої густини, вологості та водопоглинання

Для дослідження використані плити мінеральної вати розмірами 120x60 см товщиною 5 см. Відповідно до можливостей термокамери та наявного в лабораторії вимірювального обладнання випробувано 32 зразки, для кожного з яких встановлені такі характеристики:

- середня густина;
- водопоглинання за масою;
- коефіцієнт теплопровідності.

Нумерація зразків встановлена однаковою для усіх видів випробувань, що дозволяє провести порівняльний аналіз та встановити залежності між окремими технічними характеристиками. Розміри зразків вимірювалися лінійкою з цілою поділки 1 мм (рис.3.10)

Зважування виконувалося на технічних терезах з точністю до 0,01 г. Результати вимірювань та відповідні значення середньої густини обчислені та наведені в пункті 5.



Рис. 3.9 Зняття розмірів кожного сегмента

Зразки розміром 200x200x50 мм зважуємо на вагах для отримання в подальшому значення середньої густини мінеральної вати, обчислення проводимо в програмному середовищі Excel.

Сегменти розміром 200x200x50 мм розрізаємо на зрізки кубики розміром 50x50x50 мм для визначення міцності та водопоглинання (рис.3.10)



Рис. 3.10 Розрізання сегментів на кубики 50x50x50мм

Для визначення міцності кубиків необхідно визначити точний поперечний переріз за допомогою штангенциркуля (рис. 3.11)



Рис. 3.11 Визначення поперечного перерізу зразків

Дізнавши поперечний переріз усіх зразків випробовуємо їх на міцність при стиску на спеціальному приладі (рис. 3.12)



Рис. 3.12 Прилад для визначення міцності матеріалів

Після отримання даних виконуємо розрахунки в програмному середовищі Excel.

Після визначення міцності зразків приступаємо до визначення водопоглинання кубиків із мінеральної вати за масою та об'ємом.

Кубики у сухому стані зажуємо на точних в'їзках (рис. 3.13)



Рис. 3.13 Зважування зразків у сухому стані

Сухі зразки занурюємо у воду на 24 години для водонасичення, потім кубики у водонасиченому стані знову зважуємо на вагах для визначення водопоглинання дослідних зразків (рис. 3.14)



Рис. 3.14 Зважування зразків у водонасиченому стані

3.3 Методика статистичної обробки результатів експерименту

У результаті виконаних експериментальних досліджень для кожного зразка отримане конкретне значення вимірюваної величини. Усі ці значення мають певний розкид, обумовлений випадковими змінами структури матеріалу. Значення певної характеристики для окремого i -того зразка називається реалізацією випадкової величини і позначається X_i , а сукупність результатів для N випробуваних зразків вибіркою обсягом N .

Головне завдання статистичного аналізу даних полягає в розробленні ймовірнісних моделей, які описують досліджувані явища з урахуванням їх випадкової природи. Такі моделі дозволяють передбачати можливі значення випадкових величин, оцінювати рівень якості та надійності виробів. Статистичні методи також дозволяють встановлювати відсутність чи наявність зв'язку між випадковими величинами та отримувати залежності, що дають можливість прогнозувати значення одних величин через результати спостережень за іншими.

«Кінцевою метою статистичної обробки даних про теплофізичні характеристики випробуваних матеріалів є встановлення числових характеристик та закону розподілу випадкової величини за наявними дослідними даними. Статистичну обробку вибірок результатів випробувань виконуємо на персональному комп'ютері в середовищі табличного процесора EXCEL, який має вбудовані статистичні функції, які реалізують методику обробки та формули, наведені в [Гмурман і методички по МНД]».

Розмах вибірки задається найменшим X_{\min} і найбільшим X_{\max} значеннями величини. В EXCEL використовуються функції МИН(список) та МАКС(список).

Середнє значення, яке визначає положення центра розподілу випадкової величини, дорівнює

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

і в середовищі EXCEL обчислюється за функцією СРНАЧ(список).

Стандарт (середнє квадратичне відхилення) характеризує міру розкиду випадкової величини відносно центра розподілу й обчислюється за формулою

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - M)^2} \quad (2)$$

яка в середовищі EXCEL реалізована функцією СТАНДОТКЛОН(число).

Коефіцієнт варіації є відносною мірою розкиду випадкової величини і визначається за формулою

$$V = S/M \quad (3)$$

Величини, що входять до формул (1) – (3), пояснені вище; обсяг вибірки позначено через N , а кожен її елемент – через X_i .

Почною характеристикою випадкової величини є її закон розподілу, який задає залежність між значеннями випадкової величини та ймовірностями їх реалізації. Закон розподілу неперервної випадкової величини може задаватися у вигляді функції розподілу чи густини ймовірності.

Функція розподілу $F(x)$ дорівнює ймовірності того, що випадкова величина X прийме значення, менше від x :

$$F(x) = P\{X < x\} \quad (4)$$

де X і x – випадкова величина та її конкретне значення,

$P\{\cdot\}$ – ймовірність події, записаної у фігурних дужках.

Першу похідну функції розподілу називають густиною розподілу $f(x)$, яка вказує на ймовірність реалізації різних значень випадкової величини.

Статистичним еквівалентом густини розподілу випадкової величини є гістограма розподілу. Побудова гістограми розподілу розпочинається з визначення розміру вибірки як інтервалу між найменшим X_{\min} і найбільшим X_{\max} зі спостережених значень. Отримана таким чином область визначення випадкової величини розбивається на інтервали, кількість яких L вибирається залежно від обсягу вибірки N за рекомендацією наступної таблиці:

| | | | | | |
|-----|---------|----------|-----------|------------|-------------|
| N | 10 – 40 | 40 – 100 | 100 – 300 | 300 – 1000 | 1000 – 5000 |
| L | 4 – 6 | 5 – 8 | 6 – 10 | 8 – 15 | 10 – 25 |

Межі інтервалів C_j , $j = 0, \dots, L$ встановлюються, виходячи з довжини інтервалу, обчисленої за формулою

$$d = (X_{\max} - X_{\min}) / L \quad (5)$$

та округленою до зручного значення. Нижня межа першого інтервалу C_0 округлюється в менший бік, а верхня межа останнього C_L – у більший.

Побудова гістограми розподілу зводиться до підрахунку кількостей даних N_j , які належать до кожного з вибраних інтервалів. Це робиться в середовищі табличного процесора EXCEL за функцією ЧАСТОТА(список, C_j), яка обчислює кількість даних в області „список”, менших за задану межу j -того інтервалу C_j . Крайні інтервали, які містять мало даних, можна об'єднати. Довжина об'єднаного інтервалу дорівнює сумі довжин, а кількість даних – сумі кількостей даних для інтервалів, що об'єднуються. Бажано, щоб у кожному інтервалі було не менше ніж 3–5 даних.

Імовірності потрадання до кожного з інтервалів (частоти даних) P_j визначають діленням відповідних кількостей даних N_j на обсяг вибірки N :

$$P_j = N_j / N. \quad (6)$$

Густина ймовірності в кожному інтервалі є результатом ділення частоти P_j на довжину даного інтервалу $d_j = C_j - C_{j-1}$:

$$f_j = P_j / d_j = P_j / (C_j - C_{j-1}). \quad (7)$$

Числові характеристики та гістограма розподілу вибірки дозволяють описати дослідні дані теоретичним законом розподілу. Для цього необхідно вибрати вид теоретичного закону розподілу, визначити параметри та перевірити узгодженість із дослідною гістограмою.

Для опису технічних характеристик будівельних матеріалів звичайно використовується нормальний закон розподілу (розподіл Гауса), за яким бувають розподілені випадкові величини, які формуються в результаті впливу багатьох випадкових факторів. Графіки густини нормального розподілу мають симетричний пагорбоподібний вигляд і задаються формулою

$$f(x) = \frac{1}{S \sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(x-M)^2}{2S^2}\right], \quad (8)$$

де M і S – середнє значення й стандарт, одержані в результаті статистичної обробки вибірки за формулами (1) і (2).

Функція нормального розподілу $F(t)$ аналітичного виразу не має і визначається за таблицями [1, 2] залежно від нормованого значення випадкової величини $t = (x-M)/S$ або на комп'ютері з використанням статистичних функцій НОРМРАСП(X, M, S) і НОРМОБР(F, M, S) табличного процесора EXCEL.

Остаточне рішення щодо можливості застосування вибраного закону розподілу приймається за результатами перевірки його узгодженості з дослідними даними. Для цього використовуються критерій узгодженості Пірсона. Згідно з [1], статистика критерію Пірсона обчислюється за формулою

$$\chi^2 = N \sum_{j=1}^L \frac{(P_j - P_{jt})^2}{P_{jt}}, \quad (9)$$

де L – кількість інтервалів у гістограмі;

N – обсяг вибірки, з якою збудована гістограма розподілу;

P_j – емпірична ймовірність попадання випадкової величини до j -того інтервалу, визначена за гістограмою розподілу;

$P_{jt} = F(C_j) - F(C_{j-1})$ – теоретична ймовірність попадання випадкової величини до j -того інтервалу, визначена за обраним законом розподілу.

Обчислене за формулою вибіркоче значення статистики χ^2 порівнюється з критичним значенням $\chi_{cr}^2(\alpha, k)$, визначеним за таблицею розподілу Пірсона [1] залежно від рівня значимості α та кількості ступенів свободи k . В середовищі EXCEL використовують функцію ХІ2РАСП($X, k, 1$), котра дає рівень значимості, на якому вибраний закон розподілу не суперечить дослідним даним. Кількість ступенів свободи k дорівнює кількості інтервалів в гістограмі розподілу L , зменшеній на кількість параметрів вибраного теоретичного закону розподілу і ще на одиницю, тобто для нормального розподілу $k=L-3$. Якщо отримано рівень значимості $\alpha \geq 0,05$, або хоча б $\alpha \geq 0,01$,

вибраний закон розподілу можна використовувати для ймовірнісного опису досліджуваної випадкової величини.

Залежності між технічними характеристиками, які відображають різні властивості одного й того ж об'єкта (середню густину, пористість, водопоглинання, граничну міцність на стиск, коефіцієнт теплопровідності) можуть використовуватися для наближеного визначення однієї характеристики через іншу. Розглянемо дві випадкові змінні X і Y , отримані в результаті парного експерименту. Якщо між ними існує функціональна залежність, то кожному конкретному значенню X відповідає конкретне, точно визначене значення Y . Стохастична залежність полягає в тому, що конкретному значенню X відповідає ряд випадкових значень Y , які мають певний статистичний розкид. Якщо набір можливих значень випадкової величини Y змінюється при зміні значень X , такі випадкові величини називають залежними.

Результати парного експерименту можна зобразити графічно, відклавши вздовж однієї осі значення випадкової величини X , а вздовж іншої – значення Y . Кожна пара даних, яка характеризує один і той же об'єкт (наприклад, середня густина та межа міцності зразка), утворює на графіку одну точку. За таким графіком можна орієнтовно встановити наявність і характер залежності між проаналізованими величинами.

Статистичною мірою тісноти лінійного зв'язу між двома випадковими величинами є коефіцієнт кореляції, який обчислюється за формулою

$$R_{xy} = \frac{1}{(N-1) S_x S_y} \sum_{i=1}^N (X_i - M_x)(Y_i - M_y), \quad (10)$$

де N – обсяг кожної з вибірок;

X_i і Y_i – відповідні елементи вибірок, які відображають результати парного експерименту для одного і того ж об'єкта;

M_x і M_y – середні значення обох вибірок;

S_x і S_y – стандарти обох вибірок.

При статистичній обробці даних в середовищі табличного процесора EXCEL коефіцієнт кореляції зручно обчислювати з використанням функції КОРРЕЛ(масив_X; масив_Y).

За значенням коефіцієнта кореляції можна судити про наявність і характер зв'язку між випадковими величинами. Коефіцієнт кореляції незалежних випадкових величин наближається до нуля. Відмінність коефіцієнта кореляції від нуля свідчить про наявність зв'язку між випадковими величинами, а його близькість за модулем до одиниці – про близькість цього зв'язку до лінійного функціонального.

Якщо між проаналізованими величинами існує досить тісний зв'язок (при значеннях коефіцієнта кореляції $|R_{XY}| > 0,7$), залежність між ними можна описати рівнянням лінійної регресії виду

$$Y = A + B \times X . \quad (11)$$

Параметри A і B апроксимуючої лінійної функції (11) визначаються методом найменших квадратів, який забезпечує мінімум суми квадратів відхилень дослідних значень Y від апроксимуючої прямої (11). Для цього вони обчислюються за формулами

$$A = R_{XY} \cdot S_Y / S_X ; \quad B = M_Y - A \cdot M_X , \quad (12)$$

усі позначення яких відповідають формулі (10).

При використанні табличного процесора EXCEL параметри лінійного рівняння регресії (11) можна отримати на побудованій діаграмі типу „точечна”, виконавши команду „вставити лінію тренда”. Ця ж команда дозволяє стисувати нелінійні залежності, обравши на побудованій діаграмі типу „точечна” вид лінії тренду, яка задовільно описує залежність.

РОЗДІЛ 4

4 ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ

4.1 Характеристика розмірів мінераловатної плити М-150

Таблиця 4.1 Графічні відхилення розмірів мінераловатних плит М-150

| № плити | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------|---|---|---|---|
| Довжина, мм | | | | |
| Ширина, мм | | | | |
| Товщина, мм | | | | |
| Відхилення довжини, % | | | | |
| Відхилення ширини, % | | | | |
| Відхилення товщини, % | | | | |
| Норма довжини | | | | |
| Норма ширини | | | | |
| Норма товщини | | | | |

Згідно ДСТУ Б В.2.7-167 зразки мінеральної вати М-150 підлягають нормі.

Характеристики середньої густини зразків мінераловатних плит буде досліджено в розділі 5.1

4.2 Характеристики розмірів мінераловатної плити М-100

Таблиця 4.2 Граничні відхилення розмірів мінераловатних плит М-100

| № плити | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------------------|---|---|---|---|
| Довжина, мм | | | | |
| Ширина, мм | | | | |
| Товщина, мм | | | | |
| Відхилення довжини, % | | | | |
| Відхилення ширини, % | | | | |
| Відхилення товщини, % | | | | |
| Норма довжини | | | | |
| Норма ширини | | | | |
| Норма товщини | - | + | + | - |

Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 зразки мінеральної вати М-100 підлягають нормі.

РОЗДІЛ 5

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теплофізичні характеристики мінеральної вати

У цьому розділі викладені й узагальнені результати експериментальних досліджень основних технічних характеристик мінеральних ват різних марок за густиною. Визначені такі характеристики: середня густина, водопоглинання, коефіцієнт теплопровідності та міцність на стиск при 10% деформації. Експериментальне визначення характеристик виконане за методиками, описаними в розділі 3. З метою достовірного подання усі дослідження виконувались для декількох десятків зразків, що дало змогу описати їх результати у формі випадкових величин.

5.1 Мінеральна вата марки 150

5.1.1 Середня густина визначена за стандартною методикою описаною в підрозділі 3.2.

Таблиця 5.1 Результати визначення середньої густини зразків мінеральної вати марки 150

| Зразок | Розміри в мм | | | Маса в грамх | Густина кг/м ³ |
|--------|--------------|---|---|--------------|---------------------------|
| | A | B | C | | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |
| 7 | | | | | |
| 8 | | | | | |
| 9 | | | | | |
| 10 | | | | | |
| 11 | | | | | |
| 12 | | | | | |
| 13 | | | | | |
| 14 | | | | | |
| 15 | | | | | |
| 16 | | | | | |

Таблиця 5.1 Результати визначення середньої густини зразків мінеральної вати марки 150 (продовження)

| | | | | | |
|----|-----|-----|----|-----|--------|
| 17 | | | | | |
| 18 | | | | | |
| 19 | | | | | |
| 20 | | | | | |
| 21 | | | | | |
| 22 | | | | | |
| 23 | | | | | |
| 24 | | | | | |
| 25 | | | | | |
| 26 | | | | | |
| 27 | | | | | |
| 28 | | | | | |
| 29 | | | | | |
| 30 | | | | | |
| 31 | | | | | |
| 32 | 205 | 203 | 50 | 375 | 180,22 |

Проведені дослідження показали що середня густина випробуваних зразків змінюється від $123,78 \text{ кг/м}^3$ до $180,22 \text{ кг/м}^3$.

Таблиця 5.2 Побудова гістограми розподілу значень середньої густини зразків мінеральної вати марки 150

| X_j | N_j | P_d | f_d | f_T | P_T | X_j квадрат |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| 120 | | | | | | |
| 127 | | | | | | |
| 134 | | | | | | |
| 141 | | | | | | |
| 148 | | | | | | |

Таблиця 5.2 Гістограма розподілу значень середньої густини зразків мінеральної вати марки 150 (продовження)

| | | | | |
|-----|--|--|--|--|
| 155 | | | | |
| 162 | | | | |
| 169 | | | | |
| 176 | | | | |
| 183 | | | | |

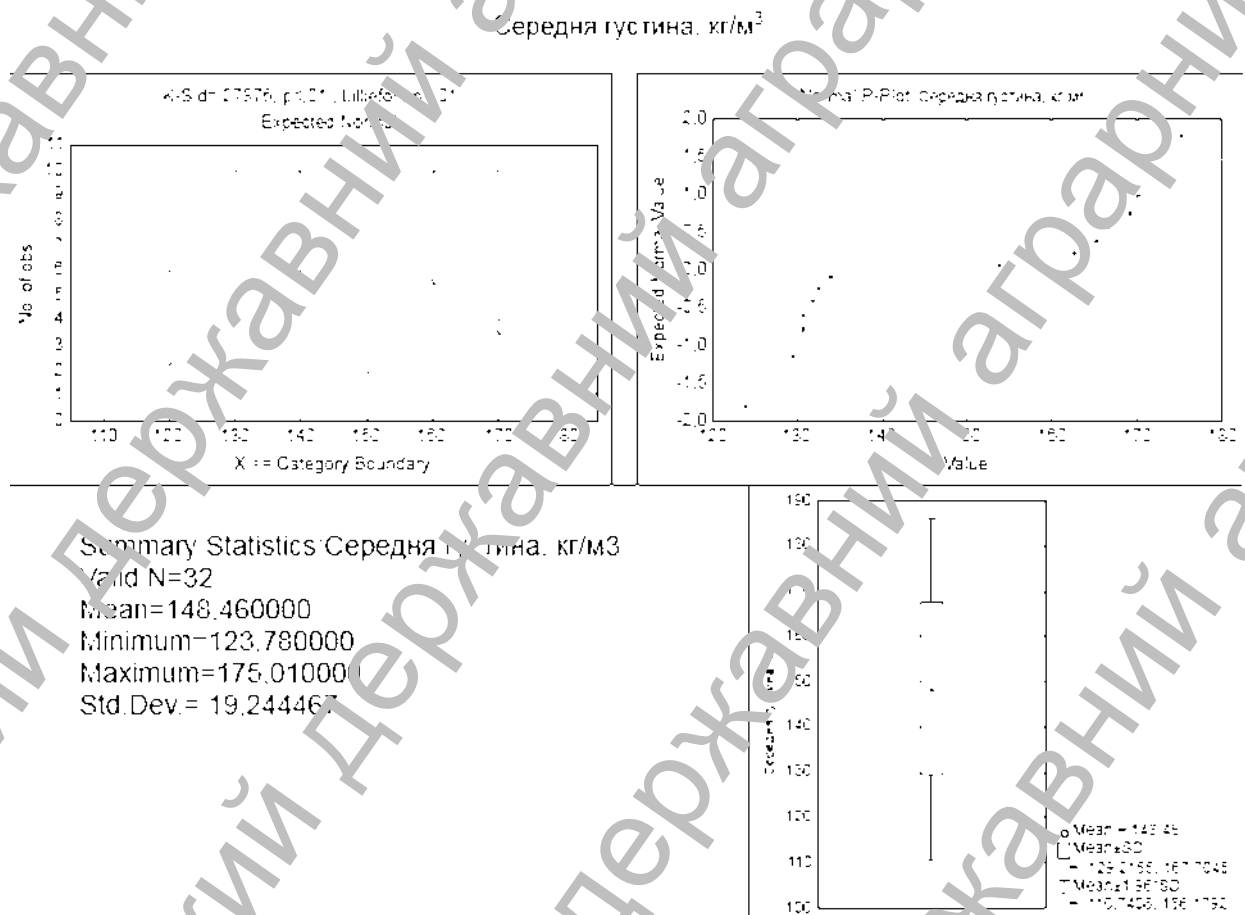


Рис. 5.1 Підсумкові графіки обробки результатів експерименту.

Аналіз результатів експерименту також виконаний у програмі «Statistica 12», показує що розподіл середньої густини зразків мінеральної вати відповідає

нормальному розподілу, при цьому коефіцієнт варіації середньої густини складає -13,4%. Підсумкові графіки наведені на рис. 5.1

Частота реалізації різних значень густини зображена на гістограм розподілу, що наведена на рисунку 5.1 (а). Уздовж осі абсцис відкладені можливі значення середньої густини, а вздовж осі ординат – значення густини розподілу, обчислені в таблиці 5.2 за методикою розділу 3.2. При цьому для підрахунку кількостей даних, що потрапило до кожного інтервалу, використана функція Excel ЧАСТОТА.

Рис.5.1(а) Гістограма густини зразків

5.1.2 Коефіцієнти теплопровідності М-150

Усі обчислення в таблиці 5.3 виконані за формулами, наведеними в ДСТУ та в розділі 3.2.

Таблиця 5.3 Результати вимірювань і визначення коефіцієнтів теплопровідності зразків мінеральної вати М-150

| № | Відліки термометра | | Тепломір | | Температури | | Тепловий потік | Коеф. теплопр |
|---|--------------------|------|----------|-------|-------------|------|----------------|---------------|
| | внутр | зовн | відлік | конст | внутр | зовн | | |
| 1 | -1.36 | 1.02 | | | | | | |
| 2 | -1.44 | 0.9 | | | | | | |
| 3 | -1.19 | 0.86 | | | | | | |
| 4 | -1.19 | 0.86 | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|----|-------|------|------|------|----------|----------|--------|----------|
| 5 | -1.32 | 0.98 | | | | | | |
| 6 | -1.4 | 0.68 | | | | | | |
| 7 | -1.35 | 0.87 | | | | | | |
| 8 | -1.12 | 1.02 | | | | | | |
| 9 | -1.22 | 1.05 | | | | | | |
| 10 | -1.22 | 1.05 | | | | | | |
| 11 | -1.23 | 1.06 | | | | | | |
| 12 | -1.31 | 1.04 | | | | | | |
| 13 | -1.27 | 1.04 | | | | | | |
| 14 | -1.25 | 1.04 | | | | | | |
| 15 | -1.24 | 1.08 | | | | | | |
| 16 | -1.35 | 1.07 | | | | | | |
| 17 | -1.12 | 1.14 | | | | | | |
| 18 | -1.14 | 1.1 | | | | | | |
| 19 | -1.17 | 1.1 | | | | | | |
| 20 | -1.14 | 1.11 | | | | | | |
| 21 | -1.21 | 1.09 | 2 | 18.5 | -19.4154 | 17.03362 | 36.6 | 0.050207 |
| 22 | -1.18 | 1.04 | 1.98 | 18.3 | -18.921 | 16.26973 | 36.234 | 0.051482 |
| 23 | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | |
| 32 | -1.15 | 1.01 | 1.63 | 18.3 | -18.4271 | 15.81085 | 29.829 | 0.043561 |

Проведені дослідження показали що коефіцієнти теплопровідності випробуваних зразків змінюються від 0,04356 Вт/(м×К) до 0,05236 Вт/(м×К). Середній коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати М-150 становить 0.04906 Вт/(м×°С).

Числові характеристики вибірки значень коефіцієнта теплопровідності λ , обчислені з використанням відповідних функцій Excel, дорівнюють:

$M=0.0491$ Вт/(м×К) – середнє значення;

$S=0.0022$ Вт/(м×К) – стандарт (середнє квадратичне відхилення).

Коефіцієнт варіації $V=S/M=0.044=4,4\%$ свідчить про досить високу однорідність теплоізолюючих властивостей випробуваних зразків.

Гістограма розподілу величини коефіцієнта теплопровідності побудована в таблиці 5.4. Узагальнені графіки обробки результатів експерименту наведені на рисунку 5.2. Методика побудови гістограми, описана в підрозділі 3.2, такою ж самою, як і для середньої густини.

Таблиця 5.4 Побудова гістограми розподілу значень коефіцієнта теплопровідності зразків мінеральної вати М-130

| X_j | N_j | P_d | f_d | f_T | P_T | Хі-квадрат |
|--------|-------|--------|-------|-------|----------|------------|
| 0.043 | 0 | 0 | 0 | 0.2 | 0.002719 | |
| 0.0445 | 1 | 0.0323 | 21.5 | 2.0 | 0.0155 | 0.01819 |
| 0.046 | | | | | | 0.000109 |
| 0.0475 | | | | | | 0.004911 |
| 0.049 | | | | | | 0.000157 |
| 0.0505 | | | | | | 0.00368 |
| 0.052 | | | | | | 0.021671 |
| 0.0535 | | | | | | 0.00018 |
| 0.055 | 0 | 0.0000 | 0.0 | 35.8 | 0.017678 | 0.017678 |

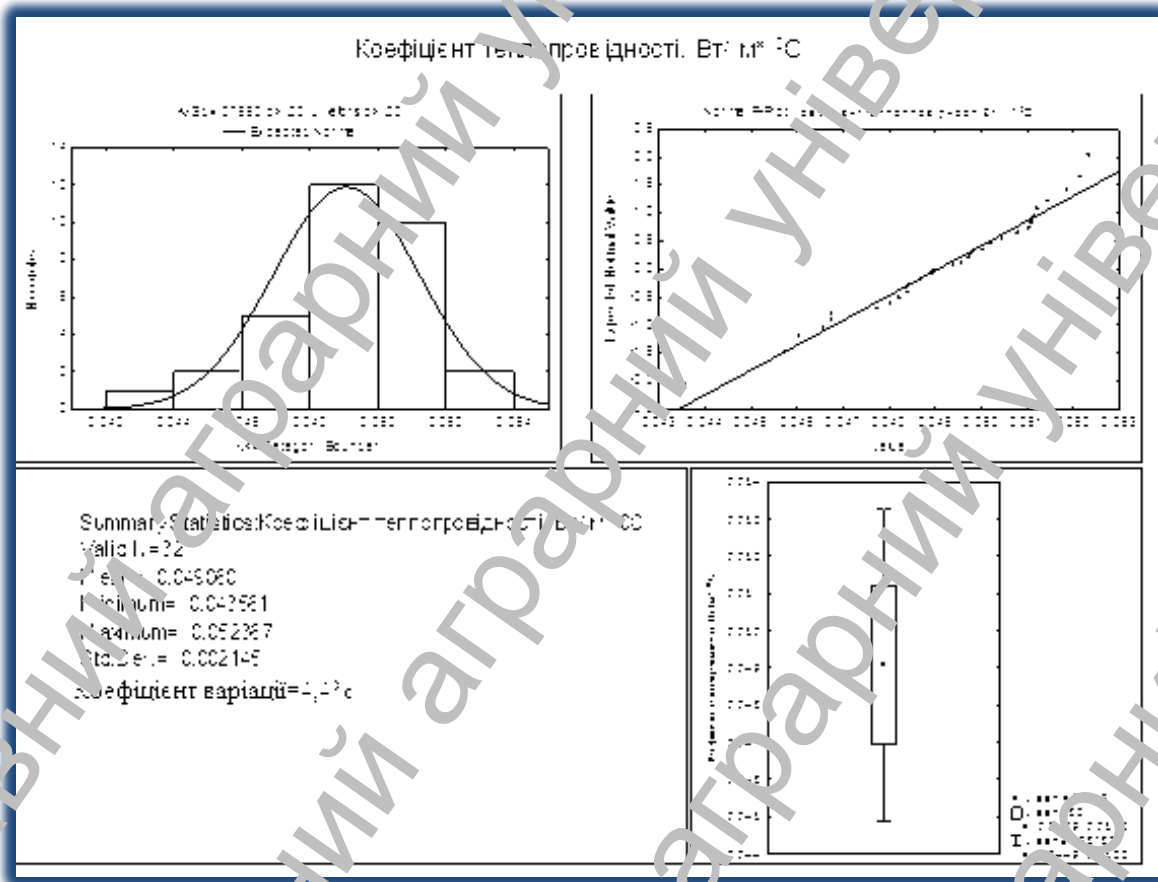


Рис. 5.2 Підумкові графіки обробки результатів експерименту

На рисунку 5.2 зображена дослідна гістограма нормального розподілу, обчислена не аналогії до середньої густини. З рисунка 5.2 видно, що зображена на ньому суцільною лінією крива нормального розподілу наближається до дослідної гістограми.

Досить високі рівні забезпеченості (імовірності того, що коефіцієнт теплопровідності не перевищує нормативних вимог) свідчать про достатньо високу якість випробуваних мінераловатних плит та про їх відповідність до вимог нормативних документів.

Отримані результати дозволяють встановити розрахункові значення коефіцієнта теплопровідності, що відповідають різним рівням забезпеченості. Розрахунковим будемо вважати найбільше значення $\lambda(P)$, яке не може бути перевищене з імовірністю P , рівною його забезпеченості. Виходячи з нормального закону розподілу, розрахункове значення дорівнює

$$\lambda(P) = M + t_p \times S, \quad (5.1)$$

де M_i , S – середнє значення й стандарт коефіцієнта теплопровідності, отримані за результатами статистичної обробки й наведені вище;
 t_p – аргумент функції нормального розподілу, визначений за таблицями або за функцією Excel НОРМОБР.

Результати розрахунків за формулою (5.2) наведені в таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 Розрахункові значення коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати М 150

| | | | | | | | |
|------------------|-------|--|--|--|--|--|--|
| Забезпеченість | 0.5 | | | | | | |
| Аргумент t_p | 0.000 | | | | | | |
| Коеф. теплопров. | 0.049 | | | | | | |

З таблиці видно, що при зростанні рівня забезпеченості розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності збільшується. При $r=0,5$ отримуємо середнє значення коефіцієнта теплопровідності. Зростання рівня забезпеченості, тобто упевненості в тому, що відповідне розрахункове значення не буде перевищене, призводить до істотного збільшення цього розрахункового значення. Ця залежність зображена на рисунку 5.3

Рис. 5.3 Залежність розрахункового значення коефіцієнта теплопровідності від заданого рівня забезпеченості

На рисунку 5.4 зображені експериментальні дані теплопровідності мінеральної вати М-150 у різних зонах морозильної камери.

Рис. 5.4 Теплопровідність сегментів у різних зонах камери
Середній коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати М-150 становить 0,049061 Вт/(м×К)

5.1.3 Міцність на стиск при 10 %-й лінійній деформації зразків мінеральної вати марки М-150

Міцність визначаємо за методикою розділу 3.1

Таблиця 5.6 Результати міцності на стиск перших зразків мінеральної вати М-150

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кг | Міцність, кг/д.м ² |
|----------|------------------------------------|------------------|-------------------------------|
| 1(1) | | | |
| 2(1) | | | |
| 3(1) | | | |
| 4(1) | | | |
| 5(1) | | | |
| 6(1) | | | |
| 7(1) | | | |
| 8(1) | | | |
| 9(1) | | | |
| 10(1) | | | |
| 11(1) | | | |
| 12(1) | 0.2511 | 0.705 | 2.807646 |
| 13(1) | 0.25 | 1.135 | 4.54 |

| | | | |
|-------|--|--|--|
| 14(1) | | | |
| 15(1) | | | |
| 16(1) | | | |
| 17(1) | | | |
| 18(1) | | | |
| 19(1) | | | |
| 20(1) | | | |
| 21(1) | | | |
| 22(1) | | | |
| 23(1) | | | |
| 24(1) | | | |
| 25(1) | | | |
| 26(1) | | | |
| 27(1) | | | |
| 28(1) | | | |
| 29(1) | | | |
| 30(1) | | | |
| 31(1) | | | |
| 32(1) | | | |

Рис. 5.5 Міцність на стиск перших зразків

Проведені дослідження показали що міцність зразків змінюється від 2.1372 кг/дм² до 6.8855 кг/дм², це пояснюється неоднорідністю матеріалу

В таблиці 5.7 наведені дані поперечного перерізу других зразків мінеральної вати, прикладене навантаження та міцність.

Таблиця 5.7 Результати міцності на стиск

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кг | Міцність, кг/дм ² |
|----------|------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 1(2) | | | |
| 2(2) | | | |
| 3(2) | | | |
| 4(2) | | | |
| 5(2) | | | |
| 6(2) | | | |
| 7(2) | | | |
| 8(2) | | | |
| 9(2) | | | |
| 10(2) | | | |
| 11(2) | | | |
| 12(2) | | | |
| 13(2) | | | |
| 14(2) | | | |
| 15(2) | | | |
| 16(2) | | | |
| 17(2) | | | |
| 18(2) | | | |
| 19(2) | | | |
| 20(2) | | | |
| 21(2) | | | |
| 22(2) | | | |
| 23(2) | | | |
| 24(2) | | | |
| 25(2) | | | |
| 26(2) | | | |
| 27(2) | | | |
| 28(2) | 0.2712 | 1.69 | 3.851308 |
| 29(2) | 0.2548 | 1.17 | 3.456311 |
| 30(2) | | | |
| 31(2) | | | |
| 32(2) | | | |

На рисунку 5.6 зображена гістограма таблиці 5.7

Рис. 5.6 Міцність других зразків на стиск

Проведені дослідження показали що міцність зразків змінюється від 2.501 кг/дм² до 5.8259 кг/дм²

В таблиці 5.8 наведені дані поперечної перерізу третіх зразків мінеральної вати, прикладене навантаження та міцність.

Таблиця 5.8 Результати міцності на стиск третіх зразків мінеральної вати М-150

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кг | Міцність, кг/дм ² |
|----------|------------------------------------|------------------|------------------------------|
| 1(3) | | | |
| 2(3) | | | |
| 3(3) | | | |
| 4(3) | | | |
| 5(3) | | | |
| 6(3) | | | |
| 7(3) | | | |
| 8(3) | | | |
| 9(3) | | | |
| 10(3) | | | |
| 11(3) | | | |
| 12(3) | | | |
| 13(3) | | | |
| 14(3) | | | |
| 15(3) | | | |
| 16(3) | | | |
| 17(3) | | | |
| 18(3) | | | |
| 19(3) | | | |
| 20(3) | | | |

| | | | |
|-------|--|--|--|
| 21(3) | | | |
| 22(3) | | | |
| 23(3) | | | |
| 24(3) | | | |
| 25(3) | | | |
| 26(3) | | | |
| 27(3) | | | |
| 28(3) | | | |
| 29(3) | | | |
| 30(3) | | | |
| 31(3) | | | |
| 32(3) | | | |

На рисунку 5.7 зображена підсумкові графіки міцності на стиск для 96 зразків.

Рис. 5.7 Міцність 96 зразків мінеральної вати на стиск

В цьому підрозділі було досліджено мінеральну вату марки М-150 на деформативність, в результаті чого було отримано експериментальні дані 96 зразків по яким були проведені розрахунки для визначення міцності та деформативності зразків.

5.1.4 Водопоглинання зразків мінеральної вати марки М-150

Методика визначення водопоглинання наведена в розділі 3.1.

У таблиці 5.9 наведені дані експерименту по визначенню водопоглинання перших зразків розміром 5x5x5 см.

Таблиця 5.9 Дані експерименту визначення водопоглинання перших зразків

| № зразка | маса сухих, г | маса насич. водою, г | водопоглинання, % |
|----------|---------------|----------------------|-------------------|
| 1(1) | | | |
| 2(1) | | | |
| 3(1) | | | |
| 4(1) | | | |
| 5(1) | | | |
| 6(1) | | | |
| 7(1) | | | |
| 8(1) | | | |
| 9(1) | | | |
| 10(1) | | | |
| 11(1) | | | |
| 12(1) | | | |
| 13(1) | | | |
| 14(1) | | | |
| 15(1) | | | |
| 16(1) | | | |
| 17(1) | | | |
| 18(1) | | | |
| 19(1) | | | |
| 20(1) | | | |
| 21(1) | | | |
| 22(1) | | | |
| 23(1) | | | |
| 24(1) | | | |
| 25(1) | | | |
| 26(1) | | | |
| 27(1) | | | |
| 28(1) | | | |
| 29(1) | | | |
| 30(1) | | | |
| 31(1) | | | |
| 32(1) | | | |

На рисунку 5.8 зображена гістограма водопоглинання перших зразків.

Рис. 5.8 Водопоглинання перших зразків

Проведені дослідження показали, що водопоглинання зразків змінюється від 224.8% до 645.63%, це обумовлено неоднорідністю матеріалу.

Таблиця 5.10 Дані експерименту визначення водопоглинання других зразків

| № зразка | маса сухого, г | маса насич водою, г | водопоглинання, % |
|----------|----------------|---------------------|-------------------|
| 1(2) | | | |
| 2(2) | | | |
| 3(2) | | | |
| 4(2) | | | |
| 5(2) | | | |
| 6(2) | | | |
| 7(2) | | | |
| 8(2) | | | |
| 9(2) | | | |
| 10(2) | | | |
| 11(2) | | | |
| 12(2) | | | |
| 13(2) | | | |
| 14(2) | | | |
| 15(2) | | | |
| 16(2) | | | |
| 17(2) | | | |
| 18(2) | | | |
| 19(2) | | | |
| 20(2) | | | |
| 21(2) | | | |
| 22(2) | | | |
| 23(2) | 17.72 | 88.1 | 397.1783 |
| 24(2) | 25.93 | 89.73 | 246.047 |

| | | | |
|-------|--|--|--|
| 25(2) | | | |
| 26(2) | | | |
| 27(2) | | | |
| 28(2) | | | |
| 29(2) | | | |
| 30(2) | | | |
| 31(2) | | | |
| 32(2) | | | |

Згідно таблиці 5.10 будемо гістограму водопоглинання.

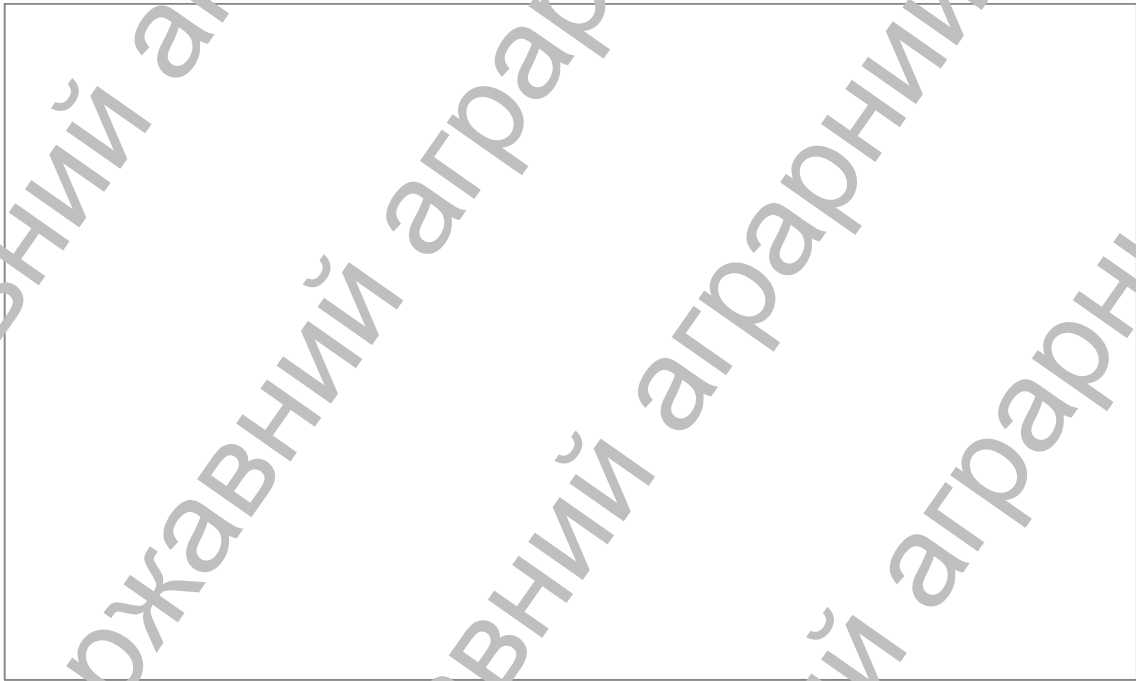


Рис. 5.9 Водопоглинання других зразків

Проведені дослідження показали що водопоглинання змінюється від 246.04 % до 605.51%, це обумовлено неоднорідністю зразків.

Таблиця 5.11 Дані експерименту визначення водопоглинання третіх зразків

| № зразка | маса сухого, г | маса насиченою водою, г | водопоглинання, % |
|----------|----------------|-------------------------|-------------------|
| 1(3) | 21.09 | 101.28 | 380.2276 |
| 2(3) | | | |
| 3(3) | | | |
| 4(3) | | | |
| 5(3) | | | |

| | | | |
|-------|-------|-------|----------|
| 6(3) | | | |
| 7(3) | | | |
| 8(3) | | | |
| 9(3) | | | |
| 10(3) | | | |
| 11(3) | | | |
| 12(3) | | | |
| 13(3) | | | |
| 14(3) | | | |
| 15(3) | | | |
| 16(3) | | | |
| 17(3) | | | |
| 18(3) | | | |
| 19(3) | | | |
| 20(3) | 21.17 | 97.28 | 559.5182 |
| 21(3) | 14.35 | 98.53 | 536.6202 |
| 22(3) | 19.06 | 98.29 | 415.6873 |
| 23(3) | | | |
| 24(3) | | | |
| 25(3) | | | |
| 26(3) | | | |
| 27(3) | | | |
| 28(3) | | | |
| 29(3) | | | |
| 30(3) | | | |
| 31(3) | | | |
| 32(3) | | | |

Згідно таблиці 5.11 будемо гистограму водопоглинання.

Рис. 5.10 Водопоглинання третіх разків

Проведені дослідження показали, що водопоглинання змінюється від 247.7% до 586.62%.

Згідно отриманих даних визначимо середнє водопоглинання 96 зразків мінеральної вати М-150.

Таблиця 5.12 Водопоглинання усіх зразків

| № | водопоглинання | № | водопоглинання | № | водопоглинання |
|-----|----------------|-----|----------------|-----|----------------|
| 1. | | 33. | 303.9027 | 65. | 330.2276 |
| 2. | | 34. | 449.9366 | 66. | 447.9876 |
| 3. | | 35. | | 67. | |
| 4. | | 36. | | 68. | |
| 5. | | 37. | | 69. | |
| 6. | | 38. | | 70. | |
| 7. | | 39. | | 71. | |
| 8. | | 40. | | 72. | |
| 9. | | 41. | | 73. | |
| 10. | | 42. | | 74. | |
| 11. | | 43. | | 75. | |
| 12. | | 44. | | 76. | |
| 13. | | 45. | | 77. | |
| 14. | | 46. | | 78. | |
| 15. | | 47. | | 79. | |
| 16. | | 48. | | 80. | |
| 17. | | 49. | | 81. | |
| 18. | | 50. | | 82. | |

| | | | |
|-----|--|-----|-----|
| 19. | | 51. | 86. |
| 20. | | 52. | 84. |
| 21. | | 53. | 85. |
| 22. | | 54. | 86. |
| 23. | | 55. | 87. |
| 24. | | 56. | 88. |
| 25. | | 57. | 89. |
| 26. | | 58. | 90. |
| 27. | | 59. | 91. |
| 28. | | 60. | 92. |
| 29. | | 61. | 93. |
| 30. | | 62. | 94. |
| 31. | | 63. | 95. |
| 32. | | 64. | 96. |

Визначаємо середнє водопоглинання усіх зразків:

$$W_c = \Sigma(n_1 \dots n_{96})/96 \quad (5.2)$$

$$W_c = 406.33\%$$

Отже, середнє водопоглинання мінеральної вати М-150 становить 406.33%.

На рисунку 5.11 зображений графік водопоглинання усіх зразків мінеральної вати М-150.



Рис. 5.11 Водопоглинання усіх зразків

5.2 Мінеральна вата марки М-100

5.2.1 Середня густина визначена за стандартною методикою описаною в під розділі 3.1. Результати вимірювань та відповідні значення середньої густини обчислені та наведені в таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 Результати визначення середньої густини зразків мінеральної вати марки 100

| Зразок | Розміри в мм | | | Маса в грамах | Густина кг/м ³ |
|--------|--------------|-----|---|---------------|---------------------------|
| | Д | В | С | | |
| 1 | | 199 | | 260 | |
| 2 | | 201 | | 255 | |
| 3 | | 200 | | 220 | |
| 4 | | 200 | | 215 | |
| 5 | | 196 | | 200 | |
| 6 | | 200 | | 220 | |
| 7 | | 196 | | 220 | |
| 8 | | 201 | | 235 | |
| 9 | | 203 | | 245 | |
| 10 | | 203 | | 220 | |
| 11 | | 200 | | 215 | |
| 12 | | 200 | | 205 | |
| 13 | | 200 | | 230 | |
| 14 | | 200 | | 215 | |
| 15 | | 199 | | 225 | |
| 16 | | 200 | | 235 | |

Проведені дослідження показали що середня густина випробуваних зразків змінюється від 101,53 кг/м³ до 128,72 кг/м³. Частота реалізації різних

значень густини відображена на гістограмі розподілу, що наведена на рисунку 5.12. Уздовж осі абсцис відкладені можливі значення середньої густини, а вздовж осі ординат – значення густини розподілу, обчислені в таблиці 5.14 за методикою підрозділу 3.2. При цьому для підрахунку кількостей даних, що потрапило до кожного інтервалу, використана функція Excel ЧАСТОТА.

Таблиця 5.14 Побудова гістограми розподілу значень середньої густини зразків мінеральної вати марки 115

| X_j | N_j | P_d | f_d | f_T | P_T | Хі-квадрат |
|-------|-------|-------|--------|--------|----------|------------|
| 101 | 0 | 0 | 0.0000 | 0.0146 | 0.057062 | |
| 105 | 2.00 | | | | | |
| 109 | 3.00 | | | | | |
| 113 | 3.00 | | | | | |
| 117 | 3.00 | | | | | |
| 121 | 3.00 | | | | | |
| 125 | 0.00 | | | | | |
| 129 | 2.00 | | | | | |
| 133 | 0.00 | | | | | |

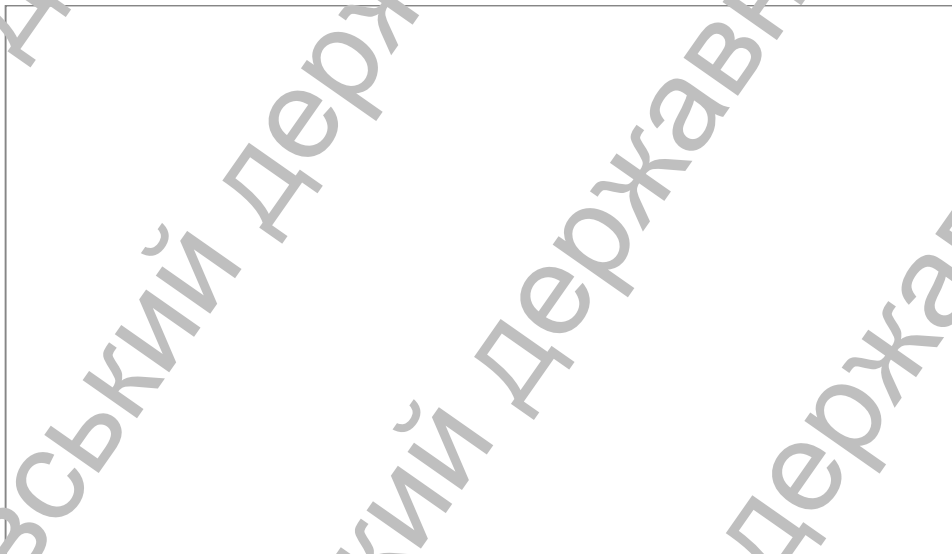


Рис.5.12 Гістограма розподілу середньої густини

| | | | | | | | |
|----|-------|------|--|--|--|--|--|
| 3 | -1.26 | 1.03 | | | | | |
| 4 | -1.39 | 1.16 | | | | | |
| 5 | -1.1 | 1.13 | | | | | |
| 6 | -1.2 | 1.19 | | | | | |
| 7 | -1.18 | 1.02 | | | | | |
| 8 | -1.22 | 1.14 | | | | | |
| 9 | -0.99 | 1.1 | | | | | |
| 10 | -1.01 | 1.1 | | | | | |
| 11 | -1.28 | 1 | | | | | |
| 12 | -1.34 | 1.03 | | | | | |
| 13 | -1.35 | 1.19 | | | | | |
| 14 | -1.28 | 1.15 | | | | | |
| 15 | -1.39 | 1.12 | | | | | |
| 16 | -1.36 | 1.15 | | | | | |

Проведені дослідження показали що коефіцієнти теплопровідності випробуваних зразків змінюються від 0.039338 Вт/(м×К) до 0.055291 Вт/(м×К). Середній коефіцієнт теплопровідності мінеральної вати М-100 становить 0.048041 Вт/(м×К).

Числові характеристики вибірки значень коефіцієнта теплопровідності λ , обчислені з використанням відповідних функцій Excel, дорівнюють:

$M=0.0480$ Вт/(м×К) – середнє значення;

$S=0.0041$ Вт/(м×К) – стандарт (середнє квадратичне відхилення).

Коефіцієнт варіації $V=S/M=0.085$ свідчить про досить високу однорідність теплоізолюючих властивостей випробуваного зразка.

Гістограма розподілу величини коефіцієнта теплопровідності побудована в таблиці 5.16 і зображена на рисунку 5.13. Методика побудови гістограми, описана в підрозділі 3.2, є такою ж самою, як і для середньої густини.

Таблиця 5.16 Побудова гістограми розподілу значень коефіцієнта теплопровідності зразків мінеральної вати М-100

| X_j | N_j | P_d | f_d | f_T | P_T | Хі-квадрат |
|-------|-------|-------|-------|-------|----------|------------|
| 0.039 | 2 | 0 | 0 | 26 | 0.013832 | |

| | | | | | | |
|-------|---|--------|-------|------|----------|----------|
| 0.041 | 1 | 0.0667 | 33.3 | 8.6 | 0.029345 | 0.047465 |
| 0.043 | 1 | 0.0667 | 33.3 | 22.3 | 0.066569 | 1.43E-07 |
| 0.045 | 1 | 0.0667 | 33.3 | 45.7 | 0.119659 | 0.023468 |
| 0.047 | 1 | 0.0667 | 33.3 | 71.8 | 0.170444 | 0.065187 |
| 0.049 | 6 | 0.4000 | 200.0 | 94.1 | 0.192399 | 0.224003 |
| 0.051 | 3 | 0.2000 | 100.0 | 94.5 | 0.172113 | 0.004518 |
| 0.053 | 2 | 0.1333 | 66.7 | 75.0 | 0.122013 | |
| 0.055 | 0 | 0.0000 | 0.0 | 46.9 | 0.058544 | |



Рис. 5.13 Гістограма розподілу коефіцієнта теплопровідності

На рисунку 5.13 зображена дослідна гістограма нормального розподілу, обчислена по аналогії до середньої густини. З рисунка 5.13 видно, що зображена на ньому суцільною лінією крива нормального розподілу наближається до дослідної гістограми.

За функцією Excel=CHI2.РАСП(НІ;К) встановлено, що при $\chi^2=5.44$ та кількості ступенів свободи $K=5-3=2$ (кількість інтервалів гістограми, зменшена на 3) рівень значимості критерію становить $\alpha=0,56 > 0,05$. Це свідчить, що нормальний закон розподілу не суперечить дослідній гістограмі і він може використовуватися для імовірнісного опису коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати.

Таблиця 5.17 Розрахункові значення коефіцієнта теплопровідності мінеральної вати М-100

| | | | | | | |
|-------------------|--------|--------|--|--|--|--|
| Забезпеченість | 0.5 | 0.8 | | | | |
| Аргумент τ_p | 0.000 | 0.842 | | | | |
| Коеф. теплопров. | 0.0480 | 0.0515 | | | | |

З таблиці видно, що при зростанні рівня забезпеченості розрахункове значення коефіцієнта теплопровідності збільшується. При $P=0,5$ отримуємо середнє значення коефіцієнта теплопровідності. Зростання рівня забезпеченості, тобто упевненості в тому, що відповідне розрахункове значення не буде перевищити, призводить до істотного збільшення цього розрахункового значення. Ця залежність зображена на рисунку 5.14



Рис. 5.14 Залежність розрахункового значення коефіцієнта теплопровідності від заданого рівня забезпеченості

Отриманий результат показує, що для більш відповідальних будівель теплотехнічні розрахунки огорожувальних конструкцій необхідно виконувати з урахуванням більших значень коефіцієнта теплопровідності, встановлених за таблицею 5.17 чи рисунком 5.14. При цьому буде отримана більша товщина утеплювача, що і забезпечить більш високий рівень теплової надійності та відповідно меншу ймовірність виникнення теплових відмов.

На рисунку 5.15 зображені експериментальні дані теплопровідності мінеральної вати М-100 у різних зонах морозильної камери.



Рис. 5.15 Теплопровідність сегментів у різних зонах камери

5.2.3 Міцність на стиск при 10% лінійній деформації зразків мінеральної вати М-100

Міцність визначаємо за методикою розділу 5.1. В таблиці 5.18 наведені дані поперечного перерізу кубиків з мінеральної вати розміром 5x5x5 см та прикладене зусилля для деформації 10% від початкової товщини зразків. На рисунку 5.16 зображена гістограма таблиці 5.18

Таблиця 5.18 Результати міцності на стиск перших зразків мінеральної вати М100

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кгс | Міцність, кгс/см ² |
|----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1(1) | 0.25549 | | |
| 2(1) | 0.27665 | | |
| 3(1) | 0.237105 | | |
| 4(1) | 0.23809 | | |
| 5(1) | 0.241572 | | |
| 6(1) | 0.25433 | | |
| 7(1) | 0.27144 | | |
| 8(1) | 0.27508 | | |
| 9(1) | 0.27083 | | |
| 10(1) | 0.26502 | | |
| 11(1) | 0.2625 | | |
| 12(1) | 0.25222 | | |
| 13(1) | 0.27083 | | |
| 14(1) | 0.25898 | | |
| 15(1) | 0.25 | | |
| 16(1) | 0.24381 | | |



Рис. 5.16 Міцність на стиск перших зразків

Проведені дослідження показали що міцність зразків змінюється від 6.38 кгс/см² до 8.76 кгс/см²

В таблиці 5.19 наведені дані поперечного перерізу других зразків мінеральної вати, прикладене навантаження та міцність

Таблиця 5.19 Результати міцності на стиск других зразків мінеральної вати

M-100

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кгс | Міцність, кгс/см ² |
|----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1(2) | | | |
| 2(2) | | | |
| 3(2) | | | |
| 4(2) | | | |
| 5(2) | | | |
| 6(2) | | | |
| 7(2) | | | |
| 8(2) | | | |
| 9(2) | | | |
| 10(2) | | | |
| 11(2) | | | |
| 12(2) | | | |
| 13(2) | | | |
| 14(2) | | | |
| 15(2) | | | |
| 16(2) | | | |

На рисунку 5.17 зображена гістограма таблиці 5.19

Рис. 5.17 Міцність друтих зразків на стиск

Проведені дослідження показали що міцність зразків змінюється від 6.35 кгс/дм² до 8.48 кгс/дм²

В таблиці 5.20 наведені дані поперечного перерізу третіх зразків мінеральної вати, прикладене навантаження та міцність.

Таблиця 5.20 Результати міцності на стиск третіх зразків мінеральної вати М-100

| № зразка | Поперечний переріз, м ² | Навантаження, кгс | Міцність, кгс/см ² |
|----------|------------------------------------|-------------------|-------------------------------|
| 1(3) | 0.2331 | | |
| 2(3) | 0.25 | | |
| 3(3) | 0.23265 | | |
| 4(3) | 0.2369 | | |
| 5(3) | 0.255 | | |
| 6(3) | 0.23856 | | |
| 7(3) | 0.25349 | | |
| 8(3) | 0.258 | | |
| 9(3) | 0.2533 | | |
| 10(3) | 0.23661 | | |
| 11(3) | 0.25 | | |
| 12(3) | 0.22318 | | |
| 13(3) | 0.24599 | | |
| 14(3) | 0.23469 | | |
| 15(3) | 0.2667 | | |
| 16(3) | 0.2445 | | |

На рисунку 5.18 зображена гістограма таблиці 5.20

Рис. 5.18 Міцність 48 зразків мінеральної вати на стиск

Проведені дослідження показали що міцність зразка змінюється від 8.143 кгс/дм² до 8.486 кгс/дм².

В цьому підрозділі було досліджено мінеральну вату марки М-100 на деформативність, в результаті чого було отримано експериментальні дані 48 зразків по яким були проведені розрахунки для визначення міцності та деформативності зразків, середня міцність М-100 становить 7.404 кгс/дм².

5.2.4 Водопоглинання зразків мінеральної вати М-100

Методика визначення водопоглинання наведена в розділі 3.1.

У таблиці 5.21 наведені дані експерименту по визначенню водопоглинання перших зразків розміром 5х5х5 см.

Таблиця 5.21 Дані експерименту визначення водопоглинання перших зразків

| № зразка | маса сухих, г | маса насиченою водою, г | водопоглинання, % |
|----------|---------------|-------------------------|-------------------|
| 1(1) | | | |
| 2(1) | | | |
| 3(1) | | | |
| 4(1) | | | |
| 5(1) | | | |
| 6(1) | | | |
| 7(1) | | | |

| | | | |
|-------|-------|--------|----------|
| 8(1) | 14.89 | 106.72 | 616.7226 |
| 9(1) | 17.24 | 75.5 | 337.935 |
| 10(1) | 15.75 | | |
| 11(1) | 14.75 | | |
| 12(1) | 13.35 | | |
| 13(1) | 15.26 | | |
| 14(1) | 14.56 | | |
| 15(1) | 14.08 | | |
| 16(1) | 13.45 | | |

На рисунку 5.19 зображена гістограма водопоглинання перших зразків.

Рис. 5.19 Водопоглинання перших зразків

Проведені дослідження показали що водопоглинання змінюється від 319.58% до 639.02%

Таблиця 5.22 Дані експерименту визначення водопоглинання других зразків

| № зразка | маса сухого, г | маса насич. водою, г | водопоглинання, % |
|----------|----------------|----------------------|-------------------|
| 1(2) | 14.74 | | |
| 2(2) | 17.33 | | |
| 3(2) | 12.25 | | |
| 4(2) | 11.95 | | |
| 5(2) | 12.8 | | |
| 6(2) | 14.89 | | |
| 7(2) | 16 | | |
| 8(2) | 14.76 | | |
| 9(2) | 15.48 | | |
| 10(2) | 13.98 | | |
| 11(2) | 12.95 | | |
| 12(2) | 11.43 | | |
| 13(2) | | | |
| 14(2) | | | |
| 15(2) | | | |
| 16(2) | | 77.18 | 475.5406 |

Згідно таблиці 5.22 будуюмо гістограму водопоглинання

Рис. 5.20 Водопоглинання других зразків

Проведені дослідження показали що водопоглинання змінюється від 303.05% до 607.81%.

Таблиця 5.23 Дані експерименту визначення водопоглинання третіх зразків

| № зразка | Маса сухого, г | маса насич. водою, г | водопоглинання, % |
|----------|----------------|----------------------|-------------------|
| 1(3) | 13.38 | | |
| 2(3) | 17.19 | | |
| 3(3) | 12.75 | | |
| 4(3) | 13.03 | | |
| 5(3) | 12.35 | | |
| 6(3) | 13.84 | | |
| 7(3) | 14.15 | | |
| 8(3) | 15.63 | | |
| 9(3) | 14.57 | | |
| 10(3) | 12.23 | | |
| 11(3) | 13.37 | | |
| 12(3) | 11.07 | | |
| 13(3) | 15.16 | | |
| 14(3) | 14.83 | | |
| 15(3) | 15.21 | | |
| 16(3) | 13.2 | | |

Згідно таблиці 5.23 будуюмо гістограму водопоглинання.



Рис. 5.21 Водопоглинання третіх зразків

Проведені дослідження показали що водопоглинання змінюється від 290.25% до 620.24%. По отриманим даним визначимо середнє водопоглинання 48 зразків мінеральної води М-100.

Таблиця 5.24 Водопоглинання усіх зразків

| № | водопоглинання | № | водопоглинання | № | водопоглинання |
|-------|----------------|-------|----------------|-------|----------------|
| 1(1) | | | | | |
| 2(1) | | | | | |
| 3(1) | | | | | |
| 4(1) | | | | | |
| 5(1) | | | | | |
| 6(1) | | | | | |
| 7(1) | | | | | |
| 8(1) | | | | | |
| 9(1) | | | | | |
| 10(1) | | | | | |
| 11(1) | | | | | |
| 12(1) | | | | | |
| 13(1) | | | | | |
| 14(1) | | | | | |
| 15(1) | | | | | |
| 16(1) | 620.3717 | 16(2) | 475.5406 | 16(3) | 572.5758 |

Визначимо середнє водопоглинання усіх зразків:

$$W_c = \sum(n_1 \dots n_{48})/48$$

$$W_c = 506.69\%$$

Отже, середнє водопоглинання мінеральної вати М-100 становить 506,69%.

На рисунку 5.22 зображений графік водопоглинання усіх зразків мінеральної вати М-100.

рис. 5.22 Водопоглинання усіх зразків

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Вимоги безпеки та охорони довкілля, утилізація

Залежно від сировинного складу за параметрами горючості вироби виготовляють негорючими або горючими відповідно до класифікації, наведеної в нормативному документі на конкретний вид продукції згідно з ДСТУ Б В.2.7-19.

Сировинні матеріали при постачанні повинні супроводжуватись паспортами безпеки і бути дозволені до використання центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я України.

Сировинні матеріали необхідно зберігати в призначених для цього приміщеннях із дотриманням вимог безпеки, передбачених супровідними документами на ці матеріали та використовувати за дотримання вимог супровідних документів.

Виготовляти вироби необхідно відповідно до ДСТУ 3273 за дотримання загальних вимог до повітря робочої зони згідно з ГОСТ 12.1.005.

Вироби і сировинні матеріали для їх виготовлення не повинні виділяти в повітря робочої зони шкідливих речовин у кількостях, що перевищують гранично-допустимі концентрації (ГДК).

Контроль концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони, а також у приміщеннях при експлуатації виробів здійснюють відповідні уповноважені служби центрального органу виконавчої влади України в системі охорони здоров'я відповідно до чинних методичних документів.

При виконанні виробничих операцій, які супроводжуються виділенням у повітряне середовище шкідливих речовин, необхідно застосовувати засоби індивідуального захисту [12]:

- рукавиці;
- респіратори;
- захисні окуляри;

- взуття;
- спецодяг.

Ефективна сумарна гігієна активність природних радіонуклідів у сировинних матеріалах природного походження не повинна перевищувати норм, встановлених ДБН В.1.4-1.01. Клас сировинних матеріалів природного походження за радіологічним станом повинен бути встановлений у нормативних документах на конкретні вироби відповідно до призначення та умов застосування.

Радіологічний контроль сировинних матеріалів природного походження виробники повинні здійснювати відповідно до ДБН В.1.4-2.01. Результати контролю повинні бути засвідчені у супровідних документах до відповідних сировинних матеріалів.

Загальні вимоги безпеки при виготовленні виробів повинні відповідати вимогам.

За пожежною безпекою виробничі приміщення повинні відповідати ДБН В.1.1-7, НАПБ А.01.001.

Виробничі приміщення повинні бути обладнані системами припливно-втяжної вентиляції, аспірації та опалення, водопрохідною системою та каналізацією.

Рівень шуму у виробничих приміщеннях не повинен перевищувати допустимих норм.

При виготовленні виробів необхідно дотримуватись вимог та правил переміщення вантажів.

Мікроклімат виробничих приміщень повинен відповідати санітарним нормам.

Стічні води необхідно скидати в каналізаційну систему із дотриманням вимог.

Вироби повинні відповідати вимогам.

Вироби, призначені для використання в житловому і громадському будівництві, не повинні виділяти в навколишнє середовище шкідливих речовин у концентраціях, вищих за середньодобові гранично-допустимі викиди регламентовані ДСП 201.

Викиди шкідливих речовин в атмосферу не повинні перевищувати гранично-допустимих викидів, встановлених ДСП 201.

При виготовленні виробів відходи сировинних матеріалів, придатні для використання, повертають до технологічного циклу для повторної переробки.

Відходи виробництва, що не підлягають повторній переробці, та відходи засобів пакування складають у спеціально відведених для цього місцях і утилізують.

РОЗДІЛ 7

Висновки та рекомендації за результатами досліджень

В даній магістерській роботі було досліджено дві марки мінераловатних плит М-150, М-100 за такими показниками як:

- теплопровідність;
- середня густина;
- міцність на стиск;
- водопоглинання

7.1 Мінеральна вата М-150

Проведені дослідження показали що

1. Коефіцієнти теплопровідності випробуваних зразків змінюються від 0,04356 Вт/(м×К) до 0,05236 Вт/(м×К). Середня теплопровідність мінеральної вати М-150 за даними дослідів дорівнює 0.049061 Вт/(м×К). Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 теплопровідність мінеральної вати М-150 відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації теплопровідності мінеральної вати-4,4%

2. Середня густина випробуваних зразків змінюється від 123,78 кг/м³ до 180,22 кг/м³. Середня густина мінеральної вати М-150 за даними дослідів дорівнює 147.99 кг/м³. Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 середня густина мінеральної вати М-150 відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації середньої густини зразків мінеральної вати-13,4%

3. Міцність зразків змінюється від 0,02 до 0,068 МПа. Середня міцність на стиск мінеральної вати М-150 за даними дослідів дорівнює 0,04138 МПа. Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 середня міцність на стиск мінеральної вати М-150 не відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації міцності зразків мінеральної вати 24,4%

7.2 Мінеральна вата М-100

Встановлено дослідженнями що:

1. Коефіцієнти теплопровідності випробуваних зразків змінюються від 0,039338 Вт/(м×К) до 0,055291 Вт/(м×К). Теплопровідність мінеральної вати М-100 за даними дослідів дорівнює 0,048041 Вт/(м×К). Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 теплопровідність мінеральної вати М-100 відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації теплопровідності мінеральної вати-8,5%

2. Середні густини випробуваних зразків змінюються від 101,35 кг/м³ до 128,72 кг/м³. Середня густина мінеральної вати М-100 за даними дослідів дорівнює 112,89 кг/м³. Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 середня густина мінеральної вати М-100 відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації середньої густини зразків мінеральної вати-6,7%.

3. Міцність зразків змінюється від 0,006 до 0,009 кг/дм². Середня міцність на стиск мінеральної вати М-100 за даними дослідів дорівнює 0.0074 МПа. Згідно ДСТУ Б В.2.7-167:2008 середня міцність на стиск мінеральної вати М-100 не відповідає вимогам.

Коефіцієнт варіації міцності зразків мінеральної вати-8,7%.

Рекомендації з використання мінеральної вати:

Необхідно враховувати при розрахунках опору теплопередачі огорожуючої конструкції вливість теплопровідності у виробі, взявши за основу коефіцієнт варіації теплопровідності мінеральної вати-8%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Орлів А. И. Прикладна статистика. Підручник. – М.: Іспит, 2006. – 671 с.
2. Норман Дрейпер, Гарі Сміт. Прикладний регресійний аналіз. Множинна регресія = Applied Regression Analysis. – 3-є вид. – М.: «Діалектика», 2007. – С. 912.
3. Белецький В.С., Кравченко О.П. Теплоізоляційні матеріали. Властивості, структура, застосування. – Київ: Будівельник, 2018. – 312 с.
4. Андрієнко В.М. Дослідження технічних характеристик будівельних матеріалів. – Харків: ХНУМГ, 2016. – 204 с.
5. Мельник П.А. Енергозберігаючі технології в будівництві. – Львів: Будівництво ЛНУ, 2019. – 280 с.
6. Петренко І.Г., Литвич В.С. Дослідження теплофізичних властивостей мінеральної вати в умовах експлуатації // Будівельні матеріали. – 2020. – №2. – С. 45-52.
7. Ковальчук Н.М., Гринь В.В. Аналіз методів визначення технічних характеристик теплоізоляційних матеріалів // Інженерно-будівельний журнал. – 2019. – №4. – С. 67-73.
8. Савчук С.В., Іваненко А.В. Експериментальні дослідження водопоглинання мінеральної вати // Технології та матеріали в будівництві. – 2021. – №1. – С. 85-90.
9. Офіційний сайт ДП «УкрНДТеплопроект»: <https://ukrnditeploproject.gov.ua>.
10. Міністерство розвитку громад та територій України. Нормативно-правові акти у сфері будівництва: <https://minregion.gov.ua>.
11. Асоціація виробників теплоізоляційних матеріалів: <https://apcm.com.ua>.
12. О.Г.Левченко, О.І. Полукаров, В.В.Зацарний, Ю.О. Полукаров, О.В. Землякська Охорона праці та цивільний захист: підручник, Київ: Основа. 2019 – С. 472
13. ДСТУ 3518-97 Термометрія. Терміни та визначення.

14. ДСТУ Б В.2.167:2008 Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному звязуючому.
15. ДСТУ Б EN 13162:2012 Теплоізоляційні вироби для будівель. Вироби з мінеральної вати (MW), виготовлені на заводі. Технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Конструкції будинків і споруд. Теплоізоляція будівель.
17. ДСТУ ISO 9229:2016. Матеріали та вироби для теплоізоляції. Терміни та визначення понять.
18. ASTM International. (2016). *Standard Test Methods for Mineral Wool Thermal Insulation*. ASTM C612-16. West Conshohocken, PA: ASTM International.
19. European Committee for Standardization. (2013). *Thermal Insulation Products for Buildings – Factory Made Mineral Wool (MW) Products – Specification*. EN 13162:2012+A1:2015. Brussels: CEN.
20. ISO. (2015). *Thermal Insulation Materials – Determination of Thermal Resistance and Thermal Conductivity*. ISO 8301:2015. Geneva: International Organization for Standardization.
21. Boriskin, V., & Kuznetsov, I. (2020). *Statistical Modeling in Construction Material Science. Case Study of Mineral Wool*. Journal of Building Materials, 45(7), 324–337.
22. Selvaraj, R., & Chandran, A. (2021). *Thermal and Acoustic Performance of Mineral Wool Panels*. Journal of Thermal Insulation and Building Envelopes, 28(3), 210–225.
23. Xiang, L., & Zhang, Y. (2019). *Effect of Fiber Structure on the Performance of Mineral Wool Insulation*. Journal of Construction and Building Materials, 202(5), 1120–1132.
24. Ilomäki, A., & Koskela, M. (2020). *Sustainability in the Production and Use of Mineral Wool Insulation*. Materials Science and Engineering, 36(1), 88–95.
25. Nguyen, T., & Reddy, V. (2023). *Advances in Mineral Fiber Insulation Technology*. Progress in Construction Materials Research, 12(2), 34–50.