

## Розділу 1

### Загальна характеристика роботи

#### **Актуальність теми.**

Привести будівлю до належного стану, який відповідає сучасним тенденціям, нормам та покриває вимоги свого призначення. Цех з виготовлення залізобетонних конструкцій це багатопверхова будівля, де на першому поверсі зосереджене виробництво виробів на другому знаходяться приміщення лабораторних досліджень та впливів на вироби та офісні приміщення, В проєкті розглядаються заходи які покликані для збільшення/розширення лабораторних, офісних та допоміжних приміщень. Створення окремого блоку чистих приміщень для роботи з мікроорганізмами.

Передбачаються роботи з повного демонтажу перегородок, покриття підлоги та стелі.

Існує потреба влаштуванню якісного теплоізоляційного шару на підлогу, щоб знизити виробничий шум, адже приміщення лабораторії в більшості розташовані на 3-му поверсі 6-и поверхової будівлі.

Завдання, яке стоїть в роботі це дослідження технічних характеристик будівельних матеріалів і виробів, їх взаємодії з експлуатаційним середовищем при влаштуванні теплоізоляційного шару підлоги.

Існують стандартні матеріали для утеплення підлоги керамзит, екструдований пінополістирол, базальтова вата, кожен з цих матеріалів має основне завдання – теплоізоляція і як додатковий ефект ми отримуємо звукоізоляцію, однак існує матеріал, який надає характеристики утеплення та звукоізоляції разом, 2 в одному, це напіляємий пінополіуретан.

#### **Мета і завдання дослідження (розроблення).**

Завдання, яке стоїть в роботі це дослідження технічних характеристик будівельних матеріалів і виробів, їх взаємодії з експлуатаційним середовищем при влаштуванні теплоізоляційного шару підлоги з напіляємого пінополіуретану.

Перелік завдань:

- дослідження властивостей матеріалу напиляемого пінополіуретану фізичних та хімічних;
- порівняння властивостей матеріалу, фізичних та хімічних, який застосовується при виконанні тепло-ізоляційних робіт, таких як екструдований пінополістирол, базальтова вата та напиляемий пінополіуретан.
- порівняння методів застосування матеріалів та їх нанесення на основу підлоги при виконанні теплоізоляційних робіт, таких як екструдований пінополістирол, базальтова вата та напиляемий пінополіуретан.
- опис та дослідження для модернізації нанесення напиляемого пінополіуретану, що спрямоване на пришвидшення виконання будівельно-монтажних робіт та зменшенню термінів проведення загально будівельних робіт.

#### **Об'єкт дослідження**

Ефективність використання напиляемого пінополіуретану для влаштування теплоізоляції підлоги в порівнянні з іншими матеріалами, такими як екструдований пінополістерол та базальтова вата. Наукова робота досліджує доцільність використання даного матеріалу.

#### **Методи дослідження.**

Системний структурний аналіз матеріалів та методів їх застосування при влаштуванні робіт з тепло-звукоізоляції підлоги.

Моделювання графіку при обробці експериментальних даних.

Створення та опис методів застосування напиляемого пінополіуретану при виконанні теплоізоляційних робіт

#### **Наукова та технічна новизна одержаних результатів.**

- в отриманні подальшого розвитку теорій вибору матеріалу для теплоізоляції

- в модернізації існуючих рішень з теплоізоляції підлоги для скорочення термінів виконання робіт

**Практичне значення одержаних результатів.**

Створено структурний аналіз вибраних матеріалів. Розглянуто варіанти монтажу, та порівняння часу монтажу різними способами вибраних матеріалів.

Створені технічні рекомендації що до монтажу напиляемого пінополіуретану.

Наведені підтвердження впровадження та використання у будівництві.

## Розділу 2

### Архітектурно-будівельні та конструктивні рішення будівлі

Заходи які покликані для збільшення/розширення лабораторних, офісних та допоміжних приміщень лабораторії мікробіологічного контролю та створення окремого блоку чистих приміщень для роботи з мікроорганізмами.

Адміністративно-побутовий корпус побудований в 1990 році. Корпус являє собою 6-поверхову будівлю з розмірами в плані 54,0x18,0 м.

Висота поверхів – 4,2 м і 3,6 м.

Площа забудови 1399 м<sup>2</sup>, будівельний об'єм будівлі 27349 м<sup>3</sup>, висота будівлі 22,6 м, загальна площа – 7503 м<sup>2</sup>.

Під частиною будівлі знаходиться підвал. Евакуація з приміщень забезпечується коридорами, які ведуть до сходових кліток.

Каркас будівлі запроектований з збірних залізобетонних конструкцій за серією ИИ-04 (в'язевий варіант). Підвал виконаний з збірних залізобетонних конструкцій за серією У-01-02.

Фундаменти під колони – забивні палі, з монолітними залізобетонними ростверками виготовлені з бетону класу С15/20. Фундаменти під стіни – збірні залізобетонні фундаментні балки з обпиранням на фундаменти колон.

Колони – збірні, залізобетонні одно- та двоконсольні прямокутного перерізу з розмірами 400x400 мм по серії ИИ-04, виготовлені з бетону класу С15/20. Робоча арматура колон прийнята з гарячекатаної арматурної сталі періодичного профілю класу А-III марки 35ГС. Поперечна арматура колон прийнята з гарячекатаної гладкої арматури класу А-I, марки С-3

Зовнішні стіни – навісні, керамзитобетонні панелі товщиною 300 мм виготовлені з бетону класу С15/20. Ділянки з цегляного мурування товщиною 380 мм виконані з глиняної звичайної цегли марки М75 на розчині марки М50. В підвальних приміщеннях, ліфтових шахтах, сходових клітинах стіни виконані монолітні залізобетонні товщиною 400 мм. В рамках попередніх проектів було виконано утеплення фасаду 250 мм мінеральної вати та влаштовано алюмінієвий навісний фасад.

Перегородки цегляні товщиною 120 мм виконані з глиняної звичайної цегли марки М75 на розчині марки М50, бетонні перегородки виконані з бетону класу С15/20 та гіпсокартоні виконані з гіпсокартону по каркасу з металопрофілю.

Покриття та перекриття – збірні залізобетонні круглопустотні плити по серії ИИ-04 з монолітними ділянками, виготовлені з бетону класу С15/20, армовані плоскими каркасами із арматури класу А-II, А-III та арматурною сіткою. Плити спираються на збірні, залізобетонні ригелі таврового перерізу та несучі стіни.

Покрівлі – плоска рулонна м'яка виконана з 3 шарів руберойду на бітумній мастиці, армована цементно-піщана стяжка – 25 мм (арматура А-III ВрI, крок 150x150 мм), утеплювач – 60 мм, обмазка гарячим бітумом за 2 рази.

Сходові марші та площадки – збірні, залізобетонні по серії ИИ-03-02.

### **Передбачені роботи**

В рамках проекту по збільшенню/розширенню лабораторних, офісних та допоміжних приміщень лабораторії мікробіологічного контролю та створення окремого блоку чистих приміщень для роботи з мікроорганізмами передбачено виконання наступного видів робіт:

- виконати демонтаж існуючих перегородок, дверних блоків та підвісних стель (разом з світильниками, повітророзподільувачами, каркасом) на 3 поверсі в осях 2-8/А-Г;

- виконати демонтаж покриття підлоги та підстилаючих шарів до плит перекриття на 3 поверсі в осях 2-8/А-Г;

- виконати демонтаж існуючих інженерних мереж (повітропроводів, трубопроводів, кабелів та ін.) на 3 поверсі в осях 2-8/А-Г;

- виконати влаштування нових дверних пройомів та розширення існуючих в цегляних стінах та перегородках;

- виконати влаштування підсилення перекриття в місцях влаштування отворів в залізобетонному перекритті та влаштування армованої бетонної стяжки підлоги на 3 поверсі в осях 2-8/А-Г;

- виконати роботи по влаштуванню приміщення для розміщення систем HVAC (приміщення 27) на другому поверсі в осях 4-6/А-Б. В рамках робіт по даному приміщенню передбачається виконати демонтаж існуючих перегородок та дверних блоків, демонтаж існуючого покриття підлоги, заміна вхідних дверей, вигородження приміщення форкамери (Перегороди та підвісна стеля приміщення форкамери (приміщення 28) виконується з промислових сендвіч-панелей товщиною 100 мм. Підлога в даному приміщенні додатково утеплюється напиляємим пінополіуретном 50 мм); влаштування дверей до форкамери, оздоблення стін та стелі приміщення шляхом шпаклювання та пофарбування латексними фарбами, встановлення трапу, влаштування цементної стяжки з ухилами в бік трапу, влаштування покриття підлоги з лінолеуму;

- виконати влаштування металевої рами на покрівлі корпусу для встановлення чиллеру;

- виконати монтаж приточно-витяжної установки, чиллеру, витяжних вентиляторів з влаштуванням мереж підключення та дистрибуції;

- влаштувати теплоізоляцію підлоги з напиляемого пінополістеролу 50 мм в приміщенні термокімнати (приміщення 17). Влаштувати цементно-піщану стяжку поверху утеплювача товщиною 50 мм;

- влаштувати отвори в перекритті під вентиляційні повітропроводи та їх обрамлення металевими кутиками;

- влаштування магістральних повітропроводів системи вентиляції та кондиціонування на 3 поверсі в осях 2-8/А-Г;

- прокладання магістральних трубопроводів, електричних лотків, лотків для слабострумних систем та ін.;

- влаштувати вигородження приміщень класів чистоти «М» та «L» перегородами з гіпсокартонних листів на металевому каркасі. Існуючі цегляні стіни та перегородки облицьовуються гіпсокартонними пристінними конструкціями на металевому каркасі. Поверхні перегородок, колон, стін шпаклюються та фарбуються водоемульсійними латексними водостійкими фарбами. При влаштуванні перегородок та обшивок стін виконується

прокладання електричних кабелів, встановлення щитів, розподільчих та монтажних коробок;

- виконати монтаж дверних блоків та передавальних шаф;
- влаштувати перегороди приміщення термокімнати (приміщення 17) з сендвіч-панелей товщиною 100 мм;
- влаштування перегородок блоку чистих приміщень класу D з встановленням дверних блоків, передавальних шаф, витяжних колон;
- виконати влаштування підвісних стель з встановленням та підключенням до мереж пленум-боксів, фільтр-боксів, світильників, пожежних датчиків. Підвісні стелі в лабораторних приміщеннях виконуються касетними з системою прихованого монтажу типу «Clip In»;
- виконати влаштування покриття підлоги з гомогенного лінолеуму. В «чистих» приміщеннях лінолеум заводиться на стіни. В приміщеннях класів чистоти «M» та «L» влаштовуються ПВХ плінтуси;
- встановлення вимикачів та розеток;
- встановлення обладнання та підключення до інженерних систем;
- силіконення швів в перегородках та стелях «чистих» приміщень;
- виконати пусконаладку систем та обладнання.

Будівля обладнана всім необхідним інженерним обладнанням. Проектом передбачено встановлення додаткового кліматичного та вентиляційного обладнання, що розміщується у приміщенні 27 на другому поверсі.

Архітектурно-технологічні планувальні рішення не перешкоджають подальшій експлуатації всієї будівлі та забезпечують виконання вимог діючих норм, а за своїм складом відповідають вимогам замовника.

Приймаючи до уваги містобудівну ситуацію забудови прилеглої території та вимог користувача, запроектована лабораторія займає частину 3 поверху адміністративно - побутового корпусу (корпус №8) на відм. +7.200 та частину 2 поверху для розміщення машинної зали HVAC на відм. +3.600.

Планувальні рішення лабораторії та їх розташування в будівлі, забезпечує максимальне використання відведених площ 2-го та 3-го поверхів з додержанням технології і економічності робіт.

Архітектурно - планувальні рішення базуються на технологічній схемі, яка передбачає зонування приміщень по класам чистоти, відповідність регламенту та послідовності технологічних процесів, з урахуванням виключення ризиків виникнення перехресної контамінації за рахунок перетину матеріальних потоків та потоків персоналу.

Планування лабораторії передбачає розміщення всіх необхідних виробничих процесів на 3-му поверсі будівлі. Задіяна частина 3-го поверху має вихід на дві сходові клітини в осях 1-2 та 5-6, що забезпечують безпечну евакуацію в разі виникнення пожежі.

Будівля обладнана всім необхідним інженерним обладнанням. Проектом передбачено встановлення додаткового кліматичного та вентиляційного обладнання, що розміщується у сервісному приміщенні на 2-го поверсі в осях 4-6 та А-Б.

В основу планувальних рішень лабораторії покладено технологічну концепцію, що забезпечує виконання правил GMP ЕС, GLP та діючих в Україні стандартів, норм та правил.

Навколишнє середовище приміщень, з огляду на всі заходи для захисту виробництва, має становити мінімальний ризик у плані контамінації матеріалів або продукції.

Після демонтажу існуючих перегородок та підлоги, виконується улаштування бетонної армованої стяжки, що слугує основою під влаштування нової підлоги з наступним влаштуванням вирівнюючого шару для досягнення певних параметрів горизонтальності підлоги лабораторії, організацію «чистих приміщень» з «сандвіч-панелей», монтажем чистої підлоги (з антистатичним покриттям), установкою обладнання, розведенням комунікацій і виконання підвісних стель.

Вигородження приміщень класів чистоти «М» та «L» виконується перегородами з гіпсокартонних листів на металевому каркасі. Існуючі цегляні стіни та перегородки облицьовуються гіпсокартонними пристінними конструкціями на металевому каркасі. Поверхні перегородок, колон, стін

шпаклюються та фарбуються водоемульсійними латексними водостійкими фарбами.

### **Дверні блоки**

Дверні блоки для лабораторних приміщень виконуються металевими з оцинкованого металу з порошковим покриттям. Колір дверей білий (RAL 9016). Наповнення внутрішньої порожнини - мінеральна вата. Двері в рамках проекту встановлюються одностулкові та двостулкові. Конструктивно виконані без порогу, з застосуванням глухих вікон. Вікно в дверях виконується розмірами 400x920 мм. Склопакет виконується тим чином, щоб лицювався з обох сторін дверного полотна. Стички між склопакетом і дверним полотном заповнені герметиком. Дверна конструкція виконується гладкою без важкодоступних місць. Двері обладнуються дотягувачами з фіксацією відкривання. В обумовлені приміщення передбачено встановлення металевих протипожежних дверей.

### **Стелі**

Підвісні стелі в приміщеннях виконуються касетними з системою прихованого монтажу типу «Clip In». Підвісна стеля складається з касет і несучого растру. Металеві касети кріпляться закладанням в спеціальний самозакріплюваний профіль. Таке кріплення дозволяє проводити демонтаж будь-якої касети з растру підвісної стелі і забезпечити доступ в міжстелевий простір. Розміри касет 625x625 мм. Касети виконуються з листів оцинкованого металу товщиною 0,8-1 мм, які покриті спеціальною ПХВ фарбою стійкою до дії дезінфікуючих розчинів. Конструкція підвісної стелі дозволяє вбудовувати в неї світильники, повітророзподільчі насадки, сервісні касети.

### **Покриття підлог**

Покриття підлоги в лабораторних приміщеннях виконується з антистатичного гомогенного лінолеуму. По периметру влаштовуються ПВХ плінтуси. В приміщенні 6 (Приміщення мийки та деконтамінації) покриття підлоги виконується з керамогранітної плитки.

Перегороди та підвісна стеля приміщення термокімнати (приміщення 17) виконується з сендвіч-панелей товщиною 100 мм. Підлога в даному

приміщенні додатково тепло-звукоізолюється напиляємим пінополіуретаном 50 мм.

Перегороди та підвісна стеля приміщення форкамери (приміщення 27) виконується з промислових сендвіч-панелей товщиною 100 мм. Підлога в даному приміщенні додатково тепло-звукоізолюється напиляємим пінополіуретаном 50 мм.

Для блоку чистих приміщень передбачено використати систему конструкцій чистих приміщень компанії "ForClean" (Словаччина), що входить до складу компанії «Block a.s.» (Чехія). Система ForClean для чистих приміщень складається з металевих панелей типу сендвіч товщиною 60 мм, легкої металевої підвісної стелі або панельної підвісної стелі, фармацевтичного скління, дверей з косяками, світильників, фільтрувальних і вентиляційних насадок та інших компонентів.

Панелі перегородок («сендвіч-панелі») складаються з двох листів рівної оцинкованої сталі товщиною 0,8-1 мм, які покриті спеціальною ПХВ фарбою стійкою до дії дезінфікуючих розчинів. Простір між листами заповнюється жорсткою мінеральною ватою. В конструкцію панелі входять ребра жорсткості та кріпильні елементи. Колір стінових панелей – білий (RAL 9016). Панелі виконані суцільними. Всі стики між панелями ретельно загерметизовані.

Дверні блоки виконуються по товщині перегородок з оцинкованого металу з порошковим покриттям. Колір білий (RAL 9016). Наповнення внутрішньої порожнини - мінеральна вата. Для чистих приміщень застосовуються двері одинарні, конструктивно виконані без порогу, з вікном та глухі. Вікно в дверях виконується розмірами 400x920 мм. Склопакет виконується тим чином, щоб лицювався з обох сторін дверного полотна. Стики між склопакетом і дверним полотном заповнені герметиком. Дверна конструкція виконується гладкою без важкодоступних місць. Для зменшення перетоку повітря між приміщеннями в нижній зоні дверей передбачено влаштування випадаючого порога. Двері обладнуються дотягувачами з фіксацією відкривання.

Підвісні стелі в «чистих» приміщеннях виконуються касетними з системою прихованого монтажу типу «Clip In». Підвісна стеля складається з касет і несучого растру. Металеві касети кріпляться заклацуванням в спеціальний самозажимний заклацуваний профіль. Таке кріплення дозволяє проводити демонтаж будь-якої касети з растру підвісної стелі і забезпечити доступ в міжстелевий простір. Розміри касет 625x625 мм. Касети виконуються з листів оцинкованого металу товщиною 0,8-1 мм, які покриті спеціальною ПХВ фарбою стійкою до дії дезінфікуючих розчинів. Конструкція підвісної стелі дозволяє вбудовувати в неї світильники, фільтрувальні насадки (фільтр-бокси), сервісні касети. В кутах між сендвіч-панелями перегородок та підвісною стелею влаштовуються алюмінієві скруглення (фабіони), що пофарбовані порошковою фарбою. Радіус скруглення 35 мм.

В «чистих приміщеннях» фільтр-бокси припливної вентиляції встановлені в підвісній стелі. Фільтр-бокси припливної вентиляції розраховані на встановлення НЕРА-фільтрів (Н-11 для чистих приміщень класу чистоти «D»). Заміна фільтрів проводиться зі сторони «чистого» приміщення. У коробах припливної вентиляції після фільтра встановлено повітряний розподільувач у вигляді перфорованої решітки або розсіювача, коробка витяжної вентиляції оснащена жалюзійною решіткою. Конструкція витяжних та припливних коробів передбачає можливість регулювання кількості повітря, що забирається або подається у приміщення.

Для освітлення «чистих приміщень» використані LED світильники. Світильники встановлено в герметичних коробах в підвісній стелі. Короба світильників закриваються знизу рамкою з гартованим склом товщиною 4 мм. Обслуговування світильників здійснюється з середини приміщення.

Покриття підлоги в чистих приміщеннях виконується з антистатичного гомогенного лінолеуму з заведенням на стіну на висоту 150 мм.

Для контролю за станом дверей (відкриті чи закриті) в сан. пропускниках використовують систему світлозвукової сигналізації.

Для передачі сировини та матеріалів між приміщеннями різних класів використовують передавальні шлюзи з обдувом.

Приміщення слід бережно експлуатувати й обслуговувати, гарантуючи, що ремонт і експлуатація не будуть становити ніякої небезпеки для якості продукції. Приміщення слід прибирати і дезінфікувати відповідно до докладних письмових методик.

Освітлення, температура, вологість і вентиляція відповідають і не чинять несприятливого впливу (прямого або непрямого) ні на лікарські засоби під час їхнього виробництва, аналізування і зберігання, ні на точність функціонування обладнання.

Для забезпечення потреби обладнання та технологічних процесів в енергоресурсах проектом передбачається підведення необхідних інженерних мереж до обладнання та приміщень (вода очищена, стиснене повітря, вода пом'якшена, каналізація, холодна і гаряча вода та ін.).

### **Будівельний Генеральний План**

На території окрім будівлі цеху з виготовлення залізобетонних конструкцій розташовано складські, адміністративні, допоміжні, інженерні та технічні будівлі (котельня, трансформаторні, насосні та ін.), відкриті автостоянки та ін. Територія підприємства по периметру огорожена. Територія в нічний час освітлюється наявним вуличним освітленням та прожекторами. Основні будівлі та споруди, що знаходяться на території підприємства відображені на план-схемі розміщення будівель та споруд.

Кліматичні умови ділянки будівництва прийняті згідно [1].

Територія, де розміщено будівлі виробництва відноситься до 6-го району за сніговим навантаженням та до 2-го вітрового району.

Розрахункова температура зовнішнього повітря  $-22^{\circ}\text{C}$ .

Характеристичне значення снігового навантаження  $-1800\text{ Па}$  ( $184\text{ кгс/м}^2$ ).

Характеристичне значення вітрового навантаження  $-450\text{ Па}$  ( $46\text{ кгс/м}^2$ ).

У відповідності з [2] майданчик будівництва відноситься до I кліматичного району з наступними характеристиками:

середньорічна температура  $+8,0^{\circ}\text{C}$ ;

середньомісячна максимальна температура найбільш жаркого місяця +19,8 °С;

середньомісячна мінімальна температура найбільш холодного місяця - 4,7 °С.

Нормативна глибина промерзання ґрунту – 1,2 м.

Сейсмічність району – не сейсмічний.

Транспортне обслуговування будівель передбачено з вулиці, що дозволяє влаштувати пожежні об'їзди навколо будівель.

Відведення атмосферних вод з ділянки передбачається поверхневим способом до міської системи дощової каналізації.

Транспортне обслуговування будмайданчика здійснюється з існуючих проїздів підприємства. Для супроводу та маневрування автотранспорту призначаються сигнальні знаки.

Місце вантажних робіт улаштовується, як показано на будгенплані.

Розвантаження автомобілів і горизонтальне переміщення будівельних матеріалів та конструкцій по поверхах будівлі, до місця укладки, здійснюється вручну.

Переміщення будівельних матеріалів та конструкцій на поверхні будівлі передбачається вручну та, за допомогою вантажних ліфтів.

Розвантаження з автомобіля крупно-габаритних вантажів передбачається автомобільним краном СК-3575 (чи іншим з подібними характеристиками), який встановлюється, як вказано на будгенплані. Крім того для підвезення необхідних матеріалів, конструкцій та їх розвантаження може застосовуватись вантажний автомобіль з маніпулятором.

Будівельне сміття від демонтажу конструкцій по поверхах будівлі виноситься в мішках на зовні будівлі (з другого та третього поверхів сміття вручну по сходах виносять на зовні будівлі або складається на палети і за допомогою роули переміщується та ліфтом спускається на перший поверх і вивозиться на зовні, де завантажується на автосамоскид) та складається в очікуванні транспорту чи вручну вантажиться на автосамоскиди для

вивезення. Складування сміття на вулиці більше ніж на 1 годину забороняється.

Побутові приміщення улаштовуються, як показано на будгенплані. Побутові приміщення встановлюються на існуючу заасфальтовану площадку. При встановленні побутових приміщень необхідно вжити всіх заходів по недопущенню пошкодження існуючого асфальтобетонного покриття. Підключення побутових приміщень до мереж електроживлення, водопостачання і водовідведення розроблюється в ПВР. Зовнішнє освітлення території побутового містечка виконується за рахунок існуючої системи зовнішнього освітлення території.

Електрозабезпечення та водозабезпечення від існуючих мереж підприємства.

## Розділ 3

### Дослідження ефективності та екологічної придатності застосування набризного утеплювача пінополіуретану на відміну від мінеральної вати та пінополістиролу в системах теплоізоляції будівельних конструкцій, а саме підлоги

Історія теплоізоляції будівель включає в себе розвиток технологій і матеріалів для збереження тепла та підвищення енергоефективності будівель.



Рисунок №1 Утеплення будівлі

Цей розділ містить огляд основних етапів історії матеріалів утеплення. Протягом всієї історії будівництва використовувалися різні ізоляційні матеріали, включаючи соломку, шерсть і цукрову тростину. Цими матеріалами заповнювали підлоги, стіни та дахи щоб зменшити втрати тепла.

#### Розвиток ізоляційних матеріалів

У XIX-XX століттях стали використовуватись нові матеріали, як-от мінеральна вата та глінобіт. Вони забезпечували вищий рівень теплоізоляції та виявилися значно ефективнішими порівняно з традиційними варіантами.

## Роль нафтопродуктів

У середині ХХ століття з'явилися нові ізоляційні матеріали, створені на основі нафтопродуктів, зокрема пінополістирол і пінополіуретан. Завдяки своїй легкості, високим теплоізоляційним характеристикам та простоті монтажу, ці матеріали швидко набули популярності та почали широко застосовуватися.



Рисунок №2 Утеплення підлоги керамзитобетоном

### Енергетичні кризи та розвиток енергоефективності:

У 1970–1980-х роках енергетичні кризи стали потужним поштовхом до впровадження технологій теплоізоляції. У відповідь на виклики того часу країни почали активно розробляти стандарти енергоефективності для будівель, щоб скоротити споживання енергоресурсів.

### Утеплення в сучасному будівництві:

Застосування утеплення перетворилося на обов'язкову практику при зведенні нових будівель. Використання ізоляційних матеріалів закріплено у будівельних нормах багатьох держав, що дозволяє значно зменшити тепловтрати та підвищити енергоощадність.

Сучасні технології:

Сучасні технології утеплення ґрунтуються на впровадженні інноваційних рішень, таких як енергоефективні вікна, вентилязовані фасади, теплові насоси та інші розробки, спрямовані на максимальне збереження енергії.

Підхід до сталого розвитку та екологічності дедалі більше набирає популярності у сфері утеплення. З'являються новітні екологічно чисті матеріали та технології, які задовольняють потреби сучасного будівництва, зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище.

Історія утеплення будівель демонструє постійний прогрес у забезпеченні енергоефективності та спрямованість на підтримку принципів сталого будівництва.

Серед найпоширеніших матеріалів для утеплення в Україні можна виділити:

Мінеральна вата — один із найбільш популярних утеплювачів, який виготовляється з базальтових мінералів або скловолокон. Цей матеріал має чудові теплоізоляційні властивості й зазвичай пропонується у формі матів або плит.

Пінопласт (пінополістирол) — ще один популярний вибір для утеплення стін. Він відзначається легкістю, ефективністю у теплоізоляції та доступною ціною. Пінопластові плити легко піддаються обробці та монтажу, що робить їх практичним рішенням для багатьох проєктів.

Пінополіуретан у вигляді плит активно використовується для утеплення. Завдяки високим теплоізоляційним властивостям, він є ефективним вибором, особливо в умовах обмеженого простору.

Екструдований пінополістирол (XPS) виділяється своєю стійкістю до вологи, що робить його оптимальним для утеплення стін, дахів і підлог.

Оптимальний вибір утеплювача залежить від специфіки проєкту, доступного бюджету та екологічних критеріїв. Рекомендується консультиватися з фахівцями, враховувати місцеві будівельні норми і

стандарти, а також використовувати енергоефективні технології. Переважно враховувати кліматичні особливості регіону для досягнення найкращого результату.

### **Фізичні та хімічні якості напиляємого пінополіуретану**

Напилюваний пінополіуретан (ППУ) – це ефективний тепло-звукоізоляційний матеріал, який утворюється в результаті реакції хімічних компонентів, що формують пористу структуру. Його фізико-хімічні властивості забезпечують високу ефективність в якості теплоізоляції. Наведемо ключові характеристики цього матеріалу.

Фізичні властивості:

- **\*\*Щільність\*\***: Пориста структура ППУ дозволяє варіювати його щільність у межах від 25 до 300 кг/м<sup>3</sup> залежно від технології виробництва та призначення.
- **\*\*Теплопровідність\*\***: Матеріал характеризується низькою теплопровідністю, що забезпечує мінімальні теплові втрати. Для закритопористих комірок цей показник становить 0,022 Вт/м·К, для відкритопористих — 0,034 Вт/м·К.
- **\*\*Міцність\*\***: ППУ має достатній рівень міцності на стиск — у середньому 0,18 Н/мм<sup>2</sup>, залежно від щільності та складу.
- **\*\*Газопроникність\*\***: Завдяки своїй структурі матеріал дозволяє зберігати ефективну теплоізоляцію.
- **\*\*Гнучкість і розтяжність\*\***: Напиляний ППУ адаптується до різних поверхонь завдяки своїй частковій еластичності.
- **\*\*Знижена горючість\*\***: У порівнянні з іншими ізоляційними матеріалами, ППУ є менш горючим.
- **\*\*Водонепроникність\*\***: Матеріал стійкий до вологи, що виключає необхідність додаткових шарів пароізоляції.
- **\*\*Морозостійкість\*\***: Експлуатація можлива при температурах від -100°C до +130°C без втрати властивостей.
- **\*\*Мала вага\*\***: Легка конструкція не створює додаткових навантажень на будівельні елементи.

- **\*\*Висока адгезія\*\***: ППУ надійно кріпиться до більшості поверхонь, включаючи бетон, метал і дерево.

- **\*\*Безшовність\*\***: Ізоляційний шар повністю монолітний, що виключає утворення "містків холоду".

- **\*\*Довговічність і ремонтпридатність\*\***: Матеріал може використовуватися як для новобудов, так і для ремонту старих будівель.

Хімічні властивості:

- **\*\*Стійкість до вологи\*\***: Матеріал добре витримує експлуатацію у вологому середовищі.

- **\*\*Стійкість до хімічних факторів\*\***: Завдяки хімічній інертності ППУ не реагує з більшістю агресивних речовин.

- **\*\*Стійкість до ультрафіолету\*\***: Деякі формули матеріалу стійкі до впливу УФ-променів, що робить його придатним для зовнішніх робіт.

- **\*\*Зберігання властивостей у часі\*\***: Завдяки застосуванню спеціальних стабілізаторів матеріал залишається ефективним тривалий час.

- **\*\*Стійкість до кислотних опадів і вуглеводнів\*\***: ППУ зберігає свої теплоізоляційні властивості навіть за дії слабокислотних середовищ та промислових вуглеводнів.

Основні переваги:

- Формування безшовного ізоляційного шару на поверхнях будь-якої конфігурації.

- Зниження енерговитрат через ефективну теплоізоляцію.

- Скорочення витрат на обслуговування і ремонт утеплених споруд.

- Подовження терміну експлуатації будівель.

- Збереження властивостей у діапазоні температур від -150°C до +140°C.

- Антикорозійний та електростатичний захист.

- Низьке водопоглинання завдяки закритопористій структурі.

- Висока технологічність під час монтажу та транспортування.

Жорсткі пінополіуретани є одними з найпоширеніших будівельних матеріалів у Європі.

## Основні властивості пінополіуретану:

Теплопровідність матеріалу становить у межах 0,019-0,035 Вт/м·К, залежно від його щільності. Щільність варіюється у діапазоні 40-120 кг/м<sup>3</sup>. Максимальна руйнівна напруга при стисненні сягає 200 кПа, а міцність при стисненні – 0,18 Н/мм<sup>2</sup>. Для визначення міцності при вигині показник становить 0,59 Н/мм<sup>2</sup>. Водопоглинання матеріалу не перевищує 1-1,5% від загального обсягу.

Матеріал відповідає класу займистості В2 та класу вогнестійкості Г2. Паропроникність становить 0,1%, що свідчить про його низьку здатність до передачі водяної пари. Температурний діапазон нанесення розпочинається з +10°C, а температурний режим експлуатації коливається від -150°C до +150°C. Зміст закритих осередків у структурі досягає 96%, а спінювання матеріалу здійснюється з використанням CO<sub>2</sub>.

Матеріал характеризується високою стійкістю до впливу вологи та агресивних середовищ, хоча деякі розчинники та концентровані кислоти можуть спричинити пошкодження. Термін ефективної служби становить 35-50 років. Пінополіуретан також вирізняється відмінною хімічною стійкістю, за винятком окремих зазначених обмежень.

Таблиця №1

Хімічне з'єднання	Реакція ППУ
Морська вода, мильна піна	Стійок
Бензол, толуол, ксилол, бензин, гас	Стійок
Рослинні олії та тваринні жири	Стійок
Метиленхлорид, чотирихлористий вуглець	Набухає
Спирт, ацетон, стирол, етилацетат	Набухає
Концентрована соляна кислота	Набухає
Концентрована сірчана, азотна кислоти	Розчиняється



Рисунок №3 Утеплення залізобетонного каркасу будівлі



Рисунок №4 Утеплення цокольної частини будівлі



Рисунок №21 Влаштування утеплення стін з напиляемого пінополіуретану



Рисунок №22 Влаштування утеплення стін з напиляемого пінополіуретану



Рисунок №23 Влаштування утеплення стін з напіляємого пінополіуретану

Теплоізоляція підлоги пінополіуретаном є одним із перспективних напрямків у сфері енергозбереження. Завдяки своїм високим теплоізоляційним характеристикам і довговічності, ППУ дедалі ширше застосовується у сучасному будівництві. Хоча в даний момент не так багато компаній пропонують послуги з наплення пінополіуретану, але в світі зростання попиту на цей вид утеплення буде рости.

Однією з ключових переваг пінополіуретану є його універсальність у застосуванні. Матеріал легко напілюється на будь-які поверхні, незалежно від їхньої форми чи стану. Це може бути старий бетон, нерівно встановлені панелі перекриття або інші недосконало вирівняні основи. Завдяки цьому пінополіуретан гарантує створення суцільного безшовного шару утеплення та гідроізоляції, що унеможлиблює протікання і дозволяє безпечно заливати мокру бетонну стяжку без ризику затоплення нижніх приміщень. Крім того, завдяки його високим теплоізоляційним характеристикам немає потреби збільшувати рівень підлоги до значної висоти. Наприклад, шар ППУ товщиною всього 5 см замінює 10 см традиційного пінопласту. Це значно

спрощує процес монтажу, дозволяючи одночасно облаштовувати температурні шви на стінах приміщення.

Варто зазначити, що багато традиційних теплоізоляційних матеріалів мають суттєві недоліки. Серед них – утворення щілин у процесі монтажу, генерація відходів плитних утеплювачів, додаткові витрати на їхню утилізацію, низька вологостійкість і недостатній рівень звукоізоляції. Усі ці проблеми повністю виключені при використанні пінополіуретану.

Утеплення відбувається швидко: двоє спеціалістів здатні за одну 8-годинну зміну обробити площу 150–200 квадратних метрів.

**Для порівняння характеристик наливного пінополіуретану розглянемо такі матеріали як мінеральна вата та екструдований пінополістирол**

### **Мінеральна вата**

Використання мінеральної вати для звукоізоляції

Особливу увагу заслуговують високі звукоізоляційні властивості мінеральної вати. Вона ефективно поглинає зовнішні звуки і чудово підходить для використання як звукоізоляційний матеріал усередині приміщення.

- Чим нижча щільність мінеральної вати й чим м'якшою та пухкішею вона є, тим краще вона справляється зі звукоізоляцією так званих повітряних шумів, тобто тих, що передаються через повітря.

- Проте для ізоляції ударних шумів, які поширюються через стіни та перекриття, доцільніше використовувати жорстку вату з високою щільністю або ж інші матеріали, наприклад, екструдований пінополістирол.

Продукти з мінеральної вати широко представлені на ринку у формі плит і рулонних матеріалів (матів) із різною щільністю, що використовуються для теплоізоляції різних будівельних конструкцій, таких як стіни, перекриття, перегородки й покрівлі.

Серед найпоширеніших видів мінеральної вати можна виділити дві основні категорії:

- Кам'яна вата (базальтова).
- Скловолокниста вата (скловата).

Кам'яна вата виробляється через плавлення базальтової породи вулканічного походження при температурі понад 1000 °С. У процесі її створення розплавлений базальт обробляється за спеціальною технологією, яка перетворює його на волокна кам'яної вати.

Скловолокниста вата виготовляється з таких компонентів, як пісок, сода й вапняк. До основної сировини додається значна частка вторинного скла — від 60 до 70%. Ці компоненти розплавляються й витягуються у волокна.

На наступному етапі обробки, спрямованому на створення теплоізоляційного матеріалу (на основі волокон каменю чи скла), додаються синтетичні смоли, які забезпечують виробу необхідну стабільність і цілісність

структури. Як сполучні речовини можуть використовуватися фенолформальдегідні смоли, проте їхній вміст мінімальний і становить приблизно у 20 разів менше, ніж це характерно для високоякісних деревостружкових плит європейського виробництва. Крім того, до складу можуть додаватися спеціальні добавки — олії для зменшення пилу та водовідштовхувальні речовини.

Основні переваги мінеральної вати:

- Негорючість та безпечність під час експлуатації у складних умовах.
- Щільне прилягання до утеплюваної поверхні чи каркасу без утворення зазорів, що мінімізує тепловтрати.
- Простота обробки й монтажу.
- Висока паропроникність, що сприяє природній регуляції вологості.
- Відмінні звукопоглинальні властивості, що дозволяють значно зменшити рівень шуму.

Серед недоліків мінеральної вати слід зазначити:

- Значне зниження теплоізоляційних характеристик під впливом вологи. Тому важливо забезпечити якісний захист теплоізоляційного шару від можливого накопичення вологи під час монтажу.
- Низьку стійкість до високих механічних навантажень.
- Ризик ущільнення та осідання матеріалу вниз при низькій щільності.
- Утворення шкідливого для здоров'я пилу, особливо під час монтажу чи різання матеріалу. Через це рекомендується використовувати мінеральну вату або зовні будівель, або всередині конструкцій, де вона буде ізольована від прямого контакту з людьми.
- Подразнюючу дію волокон і пилу на шкіру. Щоб уникнути негативних наслідків під час роботи з матеріалом, слід використовувати спеціальні засоби захисту, такі як рукавиці, довгий одяг або спецодяг.

## Кам'яна вата

Базальтові матеріали відзначаються підвищеною вогнестійкістю, що пояснюється їхніми властивостями вогнезахисту. Це зумовлено хаотичним розташуванням волокон кам'яної вати, які щільно переплітаються як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. Таке структурування сприяє збереженню жорсткості та стабільності форми виробів протягом тривалого періоду експлуатації. Завдяки цьому теплоізоляційні матеріали не піддаються деформаціям з часом, уникнувши їх ущільнення, а товщина ізоляційного шару залишається незмінною, що підтверджує високу деформаційну стійкість цих продуктів.



Рисунок №7 Кам'яна вата

Недоліки: боїться замочування, велика щільність - велика ціна.

## Характеристики

Таблиця №13

Показник, од. вим.	Скатні дахи, мансарди, каркасні стіни, перегородки і перекриття по лагам	Колодязна кладка	Вентильовані фасади	Штукатурні фасади	Підлоги по грунту, плаваючі підлоги
Середня щільність, кг/м <sup>3</sup>	30-38	45	80-90	130-145	80-185
Міцність на стиск при 10% деформації, кПа	-	-	10-20	45	12-50

Теплопровідність при 25 °С, Вт/(м·°С)		0,037-0,039	0,037	0,036-0,037	0,038-0,039	0,036-0,040
Теплопровідність Вт/(м·°С)	λ <sub>A</sub>	0,039-0,040	0,038-0,039	0,038	0,040	0,037-0,044
	λ <sub>B</sub>	0,041	0,040	0,040	0,042	0,041-0,047
Водопоглинання, за об'ємом, %		1,5-2,0	1,5	1,5	1,0-1,5	1,5
Вміст органічних речовин, %		2,0-4,0	2,5-4,0	3,0-4,5	4,5	4,5
Паропроникність, мг/(м·год·Па)		0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Вологість по масі, %		0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5
Стисливість, %		20-30	8-15	-	-	-

### Скловолокниста вата



Рисунок №8 Скловолокниста вата

Мати із скловолокна низької щільності (до 15 кг/м<sup>3</sup>) мають схильність осідати в нижній частині стіни, що утворює містки холоду. Крім того, через низьку стійкість до деформацій вони легко продуваються вітром, що знижує їхню ефективність як утеплювача.

Сучасна скловолокниста вата значно комфортніша у використанні, адже майже не подразнює шкіру. На відміну від її попередніх версій, старі матеріали мали товсті волокна, які проникали в шкіру, викликаючи дискомфорт.

Серед істотних недоліків такого утеплювача варто зазначити високе водопоглинання, що може негативно позначитися на його ізоляційних властивостях.

## Характеристики

Таблиця №3

Застосування		Мати		Плити			
		щільність, кг/м <sup>3</sup>					
		11	15	15	20	30	60
Скатні дахи			+	+			
Зовнішні стіни	Тришарові стіни				+	+	
	Стіни з навісним вентиляваним фасадом				+	+	
	Каркасні стіни	+	+	+	+		
	Внутрішні облицювання	+	+	+			
Перегородки	Каркасно-обшивні перегородки	+	+	+			
	Перегородки з каменів і блоків		+	+			
Перекриття, підлоги	Підлоги по лагам	+		+			
	Підвісні стелі			+			
	Підлоги по жорсткій основі						+



Рисунок №9 Мінеральна вата



Рисунок №10 Утеплення підлоги мінеральною ватою



Рисунок №11 Горище утеплене мінеральною ватою



Рисунок №12 Горище утеплене мінеральною ватою

### **Базальтова вата**

Кожен прагне, щоб його житло було теплим, затишним і при цьому безпечним для здоров'я. Сучасні технології пропонують широкий вибір утеплювальних матеріалів, проте далеко не всі з них є придатними для використання в умовах, де перебувають люди. Це часто пов'язано зі вмістом хімічних компонентів у складі деяких ізоляційних матеріалів, які можуть виділяти шкідливі речовини, що негативно впливають на організм. У цьому контексті базальтова вата вигідно вирізняється на тлі інших утеплювачів завдяки своєму екологічно чистому складу.

Базальтова вата виробляється з базальтових гірських порід, які є природними матеріалами, а не результатом хімічного синтезу. Завдяки цьому її можна безпечно використовувати як для утеплення житлових приміщень, так і для інших об'єктів, де важлива екологічність та безпека. Технічні характеристики цього матеріалу роблять його унікальним серед теплоізоляційних рішень. Численні позитивні властивості базальтової вати забезпечують їй популярність на ринку утеплювачів.

Однією з головних переваг матеріалу є його надзвичайно низька теплопровідність. Саме через цю особливість базальтова вата ефективно утримує тепло всередині приміщення, перешкоджаючи виходу нагрітого повітря назовні, а також зводить до мінімуму проникнення холодного повітря ззовні. Ця характеристика робить її незамінною для забезпечення енергоефективності будинків.

Ще однією значущою перевагою є висока вологостійкість. Базальтова вата практично не поглинає воду, що дозволяє зберігати її ізолювальні властивості навіть у приміщеннях із підвищеною вологістю, таких як ванні кімнати, кухні або підвали. Завдяки цьому її ефективність залишається незмінною у вологих умовах, де інші матеріали могли б швидко втратити свої властивості.

Негорючість матеріалу також заслуговує окремої уваги. В процесі виробництва базальтових волокон гірська порода плавиться при надзвичайно високих температурах, що робить готовий матеріал стійким до полум'я. Це означає, що він не лише не згорає, але й ефективно запобігає поширенню вогню, створюючи додатковий рівень захисту для будинку.

Ще однією важливою характеристикою базальтової вати є її висока паропроникність, яка сприяє створенню "дихаючого" ефекту. Завдяки цій властивості матеріал забезпечує природний повітрообмін у приміщенні, запобігаючи накопиченню зайвої вологи та появі конденсату на внутрішніх поверхнях.

Окрім тепло- і вологоізоляції, базальтова вата надає чудову звукоізоляцію. Її активно використовують для шумоізоляції житлових приміщень, що дозволяє знизити рівень зовнішнього шуму та створити комфортне акустичне середовище в будинку чи квартирі.

Додатковою перевагою є стійкість до грибкових утворень і плісняви. Базальтова вата не створює сприятливого середовища для розмноження мікроорганізмів, а також є несприятливою для гризунів та комах. Ця властивість особливо важлива для тривалого використання матеріалу у складних умовах.

Матеріал підходить навіть для людей із чутливою шкірою та схильністю до алергій, оскільки він не викликає подразнень під час монтажу і не містить алергенних компонентів.

Базальтова вата, хоча й має певні недоліки, виглядає практично бездоганно на тлі своїх численних переваг, що робить ці мінуси майже непомітними та, відповідно, ніяк не впливає на її високу популярність серед споживачів. Щодо вартості, вона дійсно коштує трохи дорожче порівняно з іншими матеріалами для утеплення. Проте ця цінова різниця легко компенсується вражаючою довговічністю цього матеріалу, адже період його експлуатації суттєво перевищує аналогічні показники багатьох конкурентів.

### **Пінополістерол (пінопласт)**

Повсюдне застосування пінопласту в будівництві, теплоізоляції, виробництві та зберіганні різноманітних продуктів зумовлене передусім його економічною доступністю. Листи пінополістиролу коштують значно дешевше порівняно з іншими сучасними матеріалами такого ж типу. Проте його популярність не обмежується виключно фінансовим чинником — цей матеріал має унікальний набір характеристик, що забезпечують його незамінність у багатьох сферах застосування.

Водночас деякі властивості пінополістиролу обмежують його функціональність або потребують суворого дотримання правил експлуатації. Важливо детально дослідити фізико-хімічні характеристики цього матеріалу, щоб визначити оптимальні сфери його використання та з'ясувати, коли доцільніше обирати альтернативні утеплювальні матеріали.

Перші зразки пінопласту були створені у Німеччині ще в 1839 році. З того часу він став невіддільною частиною будівельної та індустріальної сфери в усьому світі. У 1951 році була розроблена технологія виробництва безпресового пінополістиролу, або стиропору, який сьогодні є одним із найпоширеніших матеріалів у будівельній галузі.

Пінополістирол є газонаповненим матеріалом з полістиролу, що складається з мікроскопічних осередків. Він характеризується низькою вагою,

плавучістю, а також високими тепло-, звуко- та електроізоляційними властивостями. Його експлуатаційні показники залежать від рівня спінювання, структури осередків і хімічного складу полімеру.

З точки зору хімічної структури, пінопласт можна віднести до екологічно чистих матеріалів, оскільки він утворений лише з вуглецю і водню. Його хімічна формула представлена як  $[-CH_2-C(C_6H_5)N]_n-$ . Якість готового матеріалу та його сфери застосування значною мірою залежать від початкових характеристик гранул сировини. Наприклад, найщільніші листи отримуються з гранул мінімального розміру. Водночас додавання вторинної сировини може вплинути на кінцевий продукт.

Розмір гранул не лише впливає на щільність пінопласту, а й визначає його міцність. Чим дрібніші гранули, тим щільнішою і якіснішою стає готова продукція. При цьому використання вторинної сировини іноді знижує показники експлуатаційної надійності матеріалу. Процес виготовлення пінопласту передбачає кілька етапів.

Технологія виробництва пінопласту включає кілька ключових стадій:

1. **\*\*Попереднє спінювання\*\***: Під дією високотемпературного пару під тиском полістирол насичується фреоном і значно збільшується в об'ємі — приблизно в 50 разів. У результаті утворюються газонаповнені гранули.

2. **\*\*Кондиціонування\*\***: Отримані гранули витримуються в силосах при спеціальному температурному режимі та інтенсивному продуванні повітрям. Це дозволяє стабілізувати розмір і щільність частинок.

3. **\*\*Формування блоків\*\***: Гранули пресуються в блок-форми, після чого блоки охолоджуються за допомогою вентиляційних систем.

4. **\*\*Нарізка\*\***: Сформовані блоки кондиціонують і розкроюють на потрібні листи заданої товщини та розміру.

Загалом пінопласт є багатофункціональним матеріалом, який завдяки своїм властивостям залишається одним із найпопулярніших рішень для промислових і побутових потреб. Однак його використання потребує врахування обмежень і специфічних

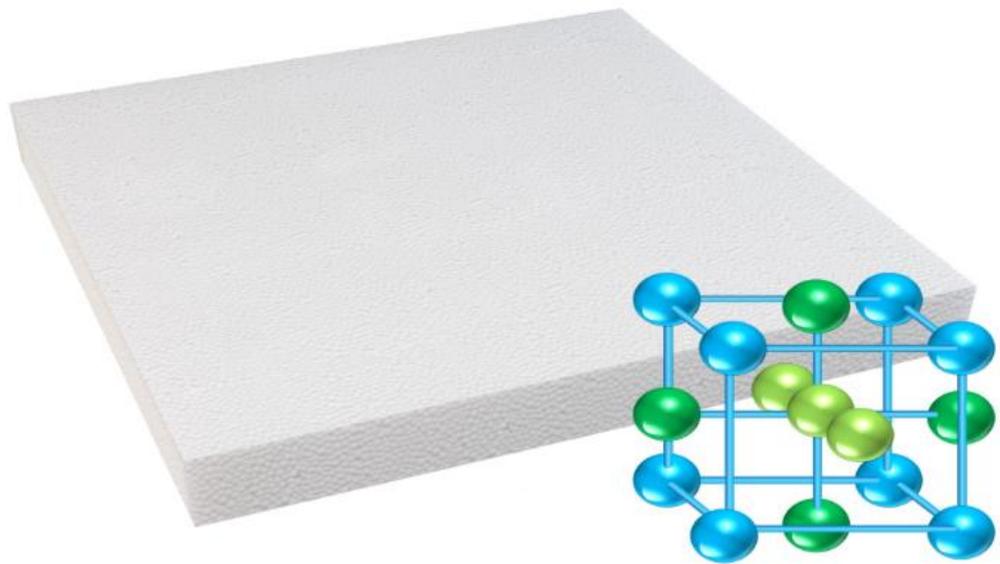


Рисунок №13 Пінополістирол

### Фізико-механічні властивості

#### Вологостійкість

Протягом перших 24 годин пінопласт демонструє здатність поглинати рідину в об'ємі приблизно 1-2% від загальної маси матеріалу. У цей період вода заповнює відкриті осередки, які утворюються на зрізах пінопласту. Однак із завершенням цієї доби процес водопоглинання суттєво уповільнюється і надалі протягом тридцяти днів фактично сходить нанівець, забезпечуючи мінімальне насичення матеріалу вологою.

#### Теплоізоляція

Особливість теплоізоляційних властивостей пінопласту пояснюється його структурою: на 98% він складається з повітря, замкненого у тонких полістирольних гранулах. Завдяки цьому повітря залишається нерухомим всередині мікроосередків, що дозволяє матеріалу зберігати стабільно високі показники теплоізоляції. Коефіцієнт теплопровідності пінопласту за температури 20°C становить від 0,033 до 0,038 Вт/м·К, залежно від конкретної марки матеріалу.

#### Звукоізоляція

Пінопласт також часто застосовується в будівництві та ремонті для покращення звукоізоляції приміщень. Його ефективність особливо помітна в умовах помірному шумового фону, наприклад, при приглушенні звуків від сусідніх приміщень. Проте варто зазначити, що пінопласт не є чудовим

захисником від екстремально високого шуму, такого як рівень звуку на стадіоні під час гучної підтримки вболівальників. Більш детально про акустичні властивості цього матеріалу можна дізнатися з інших спеціалізованих матеріалів.

#### Міцність на стиснення

Пінопласт характеризується високою механічною міцністю, особливо при навантаженнях короткої чи середньої тривалості. Завдяки цій властивості він успішно використовується у різноманітних конструкціях, де потрібен легкий, але достатньо міцний матеріал.

#### Пожежна безпека

За показниками пожежної безпеки пінопласт можна віднести до категорії відносно безпечних будівельних матеріалів. Він не підтримує активного горіння та запалюється лише за умови прямого контакту з вогнем при температурі 346°C. Для самозаймання йому потрібна ще вища температура — 491°C. Важливою перевагою є здатність матеріалу самостійно згасати протягом 4 секунд після припинення впливу вогню. Однак за умов тривалого нагрівання понад 100°C пінопласт може розм'якшуватися і деформуватися, хоча короткотривалі температурні навантаження він витримує значно краще, наприклад, під час склеювання гарячим бітумом.

#### Стійкість до утворення грибків

Завдяки сухому внутрішньому середовищу та специфічній хімічній структурі пінополістирол не створює сприятливих умов для розвитку грибків або інших мікроорганізмів. Ця властивість забезпечує його довговічність навіть у вологих умовах експлуатації.

#### Довговічність

Середній термін служби пінопласту становить не менше 50 років за умови належної експлуатації. Завдяки поєднанню стійкості до зовнішніх факторів і міцності цей матеріал залишається ефективним протягом усього періоду використання.

#### Зведена таблиця фізико-механічних властивостей пінопласту

Підсумкові характеристики включають усі наведені вище параметри, які роблять пінопласт одним із найпопулярніших матеріалів для тепло- та звукоізоляції, а також для широкого спектра будівельних і побутових

Таблиця №4

Середня щільність	до 35 кг/м <sup>3</sup>
Теплопровідність	0,33-0,38 Вт/м*К
Міцність на стискання	0,05-0,25 МПа
Опір теплопередачі	від 2,564 м <sup>2</sup> К/Вт
Звукоізоляція (повітряний шум)	более 53 Дб
Час до самостійного згасання	не більше 4 с
Опір повітропроникності (плити товщиною 50-100 мм)	79 м <sup>2</sup> *ч*Па/кг
Водопоглинання за добу	до 2% від загального об'єму листа
Вологість	до 12%
Паропроникність	до 0,12 мг/м*ч*Па

#### Хімічні властивості матеріалу

Пінопласт є матеріалом, що відзначається високою стійкістю до дії більшості хімічних сполук, включаючи багато кислот, лугів та інших агресивних середовищ. Завдяки своїм властивостям, він зберігає свою структуру навіть при тривалому контакті зі звичайними хімічними чинниками. Однак слід обережно ставитися до можливих ризиків взаємодії з певними типами речовин. Наприклад, контакту з органічними розчинниками, такими як бензол або ацетон, а також із деякими типами фарб, потрібно уникати. Ці

речовини можуть спричиняти розшарування або руйнування матеріалу, що призведе до втрати його міцності й функціональності. Подібне стосується і агресивних хімікатів, здатних викликати серйозні пошкодження поверхні пінопласту.

Для зручності аналізу та точного розуміння хімічної стійкості цього матеріалу існують спеціалізовані таблиці, в яких детально вказані реакції пінопласту на різні хімікати. Тому при виборі умов експлуатації або використанні цього матеріалу варто звертатися до таких довідників, щоб уникнути помилок та гарантувати тривалий термін служби виробу.

Таблиця №5

Речовина	Стійкість
Розчини солі, морська вода	+
Мило, відбілювачі (гіпохлорид, хлорована вода)	+
Розведені кислоти	+
Соляна кислота (35%), нітратна к-та (50%)	+
Сірчана к-та, мурашина к-та і інші безводні кислоти	-
Нашатирний спирт (водний розчин аміаку)	+
Органічні розчинники (ацетон, розчинники лаку, бензол і ін.)	-
Дизпаливо, бензин	-
Спирти, парафінові масла	+/- (Може не витримати тривалого впливу)

### Екструдований пінополістирол

Екструдований пінополістирол є високотехнологічним синтетичним матеріалом, який відзначається винятковими теплоізоляційними

властивостями та широко використовується в різних галузях будівництва. Його створення стало можливим завдяки зусиллям інженерів компанії The Dow Chemical Company у Сполучених Штатах упродовж 1950-х років.

Ця інновація реалізована через новаторський підхід до процесу екструзії, під час якого використовувався ретельно розроблений полімерний склад. Технологія передбачає спінювання спеціального багатокомпонентного полімерного «коктейлю», який піддається видавлюванню через фільтри, що забезпечує необхідну щільність, структуру та ізоляційні характеристики матеріалу.

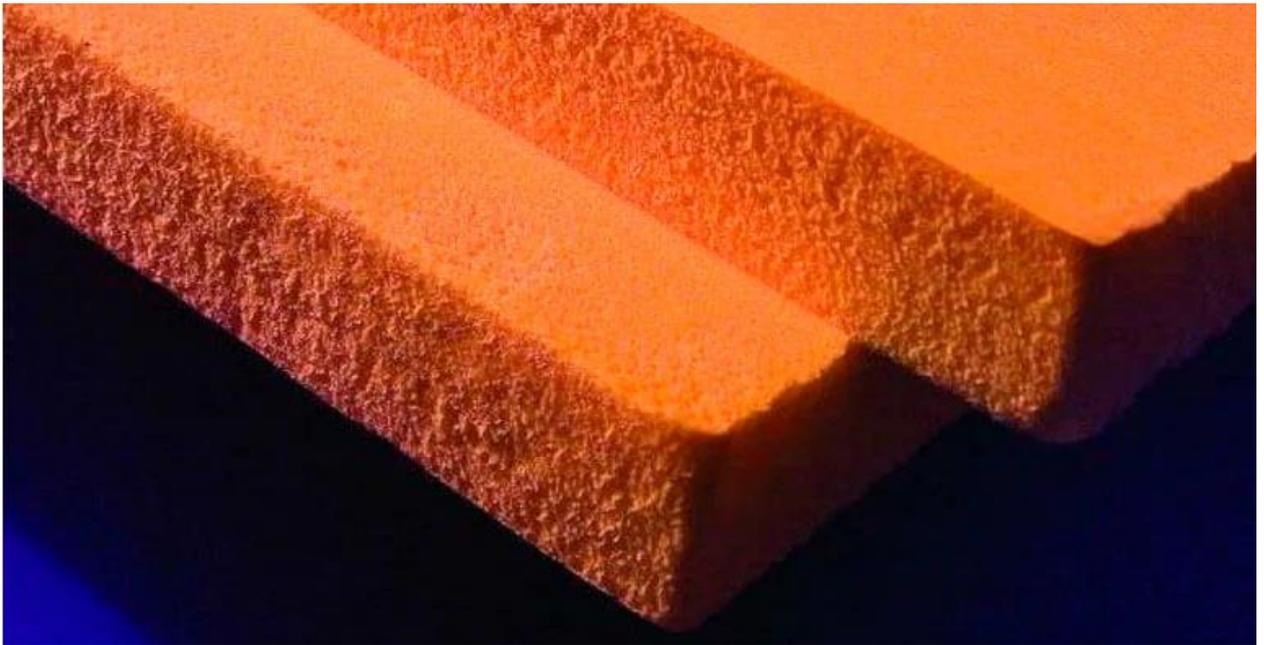


Рисунок №14 Екструдований пінополістирол

На початкових етапах експериментів як пінюючий реагент використовували комбінацію вуглекислого газу з фреоном. Проте в 1999 році від цієї технології поступово почали відмовлятися, адже було встановлено, що фреон суттєво шкодить озоновому шару, що призводить до загострення екологічних проблем планети. У зв'язку з цим виробники перейшли на безфреонові методи виготовлення пінополістиролу, які є більш дружніми до навколишнього середовища і водночас зберігають високі стандарти якості матеріалу.

Екструдований пінополістирол має значний перелік переваг, які роблять його незамінним у багатьох сферах будівництва і утеплення. Серед основних його переваг можна виділити такі:

1. **\*\*Висока паропроникність\*\***. Матеріал характеризується надзвичайно низьким показником паропроникності, що складає лише 0,013. Це забезпечує ефективний захист поверхонь від проникання водяної пари.

2. **\*\*Ефективна теплоізоляція\*\***. Завдяки своїй структурі, пінополістирол надійно запобігає витоку тепла крізь підлогу, що значно підвищує енергоефективність будь-якого приміщення. При цьому він також сприяє покращенню гідроізоляційних властивостей підлогових покриттів, утворюючи додатковий бар'єр проти надмірної вологи.

3. **\*\*Низьке водопоглинання\*\***. Матеріал практично не вбирає вологу завдяки своїм хімічним і фізичним властивостям. Навіть у середовищах з високим рівнем вологості він зберігає свої чудові теплоізоляційні характеристики, що значно подовжує термін експлуатації

4. **\*\*Легка структура\*\***. Завдяки наявності закритих капсул із повітрям у своїй структурі, екструдований пінополістирол має малу питому вагу. Це не тільки полегшує роботу з ним на етапі монтажу чи встановлення, але й знижує витрати на транспортування та логістику.

5. **\*\*Простота у транспортуванні та роботі\*\***. Через свою невелику масу матеріал зручно завантажувати й розвантажувати, що значно спрощує процес роботи як для професіоналів, так і для тих, хто займається утепленням власноруч.

Отже, сукупність цих характеристик ставить екструдований пінополістирол у ряд високоякісних і універсальних матеріалів, які успішно застосовуються в сучасному будівництві, забезпечуючи функціональність, довговічність та екологічну безпеку конструкцій.

Монтаж утеплювача з екструдованого пінополістиролу відрізняється своєю простотою, що робить його доступним навіть для тих, хто не має значного досвіду в будівельно-ремонтних роботах. Цей матеріал має високі показники міцності й здатний витримувати навантаження до 400 кілограмів на один квадратний метр поверхні. Для особливих випадків, таких як утеплення злітно-посадкових смуг аеродромів, існують спеціальні види цього

утеплювача з підвищеним рівнем міцності, що дозволяє використовувати його в умовах інтенсивної експлуатації.

Очевидно, що екструдований пінополістирол має безліч переваг, які роблять цей матеріал справжньою знахідкою для утеплення різних типів конструкцій.

## Способи монтажу

### Мінеральна вата

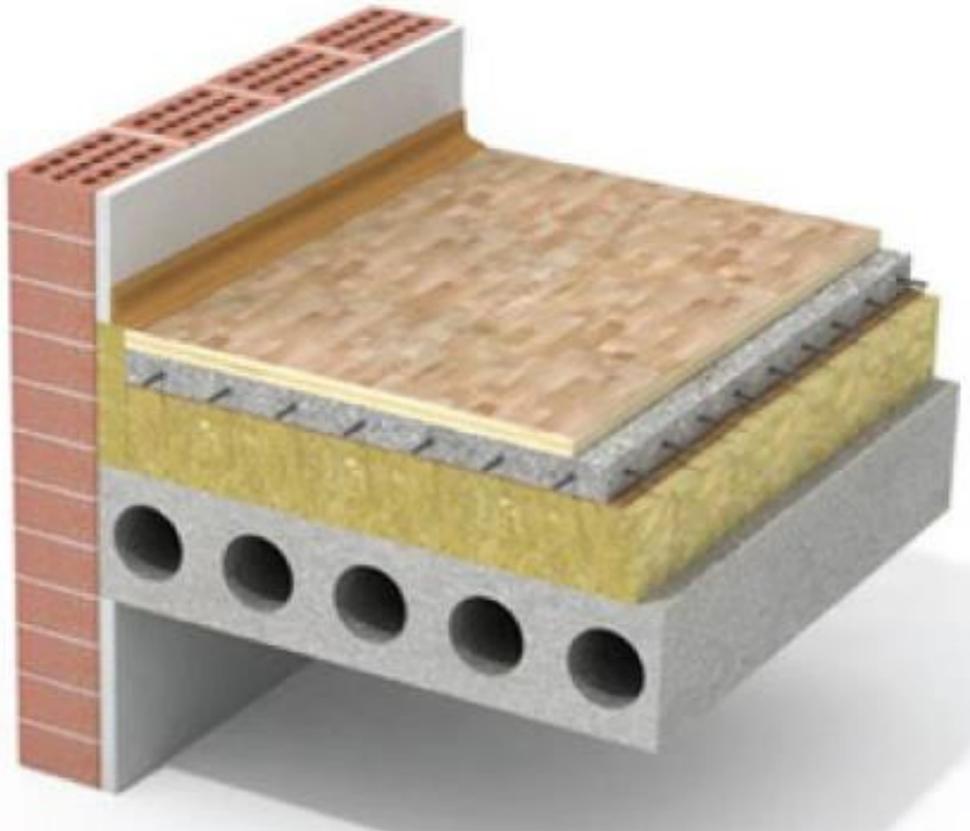


Рисунок №15 Утеплення мінеральною ватою з покриттям з бетону

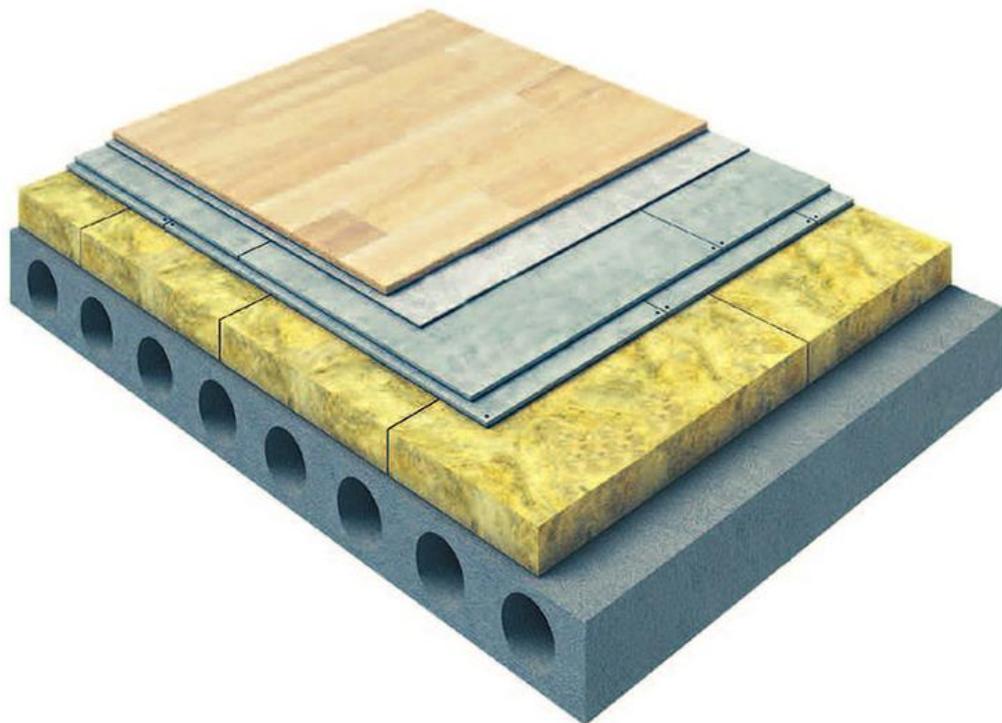


Рисунок №16 Утеплення мінеральною ватою з влаштуванням настилу по ваті

## Техніка утеплення підлоги

Базальтові плити укладаються на бетонну поверхню підлоги. Перед укладанням слід обезпилити та за потреби знежирити поверхню чорнової підлоги. Якщо основа має ухил, чи вибоїни, або ж нерівності більше 4 мм слід виконати попередню заливку основи підлоги з цементно-піщаної суміші класу не менше М150, це потрібно, щоб наступний шар не пошкодився в процесі влаштування підлоги та під час експлуатації конструкції.

Наступним шаром є гідроізоляційна плівка, яка захищає утеплювач та конструкцію від проникнення вологи. Плівка накладається одна на одну з нахлестом не менше ніж 150 мм та повинна бути проклеєна спеціальним водонепроникним скотчем.

Наступним шаром є мінеральна вата відповідної товщини. Плити мінеральної вати вкладають в розбіжку щільно підсовуючи одну до одної. Пли фіксуються на підлозі за допомогою клей-піни, чи клейової суміші, клеєва суміш наноситься під гребінку, щоб зберегти рівномірний клеєвий шар на всій підлозі.

Згори наноситься армована стяжка, що забезпечує рівність і міцність основи для подальшого монтажу покриття підлоги. Армована стяжка має мінімальну ширину 50 мм та армується арматурною сіткою, що в'яжиться або кладочною сіткою. В стяжку додають фібру для покращення фізичних властивостей.

На стяжку влаштовується чистова підлога, залежно від її виду наступні шари будуть різні для кожного типу підлоги.



Рисунок №17 Влаштування плит мінеральної вати



Рисунок №18 Проклеювання шару пароізоляції

Таблиця №6

**Висновок:**

Найменування	Технологічні паузи	Спеціалізація робітника	Спеціальне обладнання	Мінімальна кількість шарів до чистової підлоги	Орієнтовна ціна 1м <sup>2</sup>	Потреба в часі на 10 м <sup>2</sup>
Мінеральна вата	+	-	-	3	320 грн	25 годин

## Монтаж пінополістиролу (екструдований пінополістирол)



Рисунок №19 Влаштування плит екструдованого пінополістиролу

Для утеплення бетонної підлоги найчастіше використовують метод укладання плит пінополістиролу безпосередньо на чисту бетонну основу. Після цього поверхня заливається стяжкою, що забезпечує додаткову міцність і рівність підлоги. За бажанням можна встановити дерев'яні лаги між шарами утеплювача та стяжки, в такому випадку бетонна основа може втратити частину своїх унікальних характеристик.

Перед тим як розпочати процес монтажу утеплювача, важливо підготувати всі потрібні матеріали та обладнання. Ось що знадобиться для якісного утеплення підлоги:

- Плити екструдованого пінополістиролу відповідного типу та розміру, які стануть основним теплоізоляційним шаром;
- Рідкі цвяхи або спеціальний клей для кріплення утеплювача до основи;
- Армуюча сітка для підвищення міцності майбутньої стяжки;
- Пісок і цемент для приготування розчину стяжки;

- Наливна підлога, зокрема для стартового вирівнювання та фінішного покриття поверхні;
- Гідроізоляційна ґрунтовка, що забезпечує захист від вологи й покращує адгезію матеріалів;
- Поліетиленова плівка для створення додаткового шару гідроізоляції.

Інструменти та обладнання потрібне для монтажу:

- рулетка;
- будівельний рівень;
- електродріль.
- пістолет для герметика;
- перфоратор;
- олівець;
- гострі ножі;
- шуруповерт (можна замінити звичайною викруткою);
- електродріль.

Підготовка бетонної підлоги складається з кількох послідовних етапів:

1. Видалення старого підлогового покриття аж до оголеного бетону.
2. Повне очищення поверхні від сміття, бруду та пилу.
3. Нанесення ґрунтовки згідно з рекомендаціями виробника.
4. Після повного висихання ґрунтовки перевіряється рівність підлоги за допомогою будівельного рівня. Якщо перепади висоти перевищують 5 мм, їх необхідно вирівняти за допомогою вирівнюючої суміші.

Наступний етап передбачає один із двох варіантів:

- заливка фінішної наливної підлоги шаром товщиною 30–50 мм; або
- укладання геотекстильного полотна щільністю близько 300 г/м<sup>2</sup>.

Обидва методи ефективно усувають дрібні нерівності поверхні, забезпечуючи стабільну основу для подальших робіт.



Рисунок №20 Влаштування плит екструдованого пінополістиролу

Хоча для первинного схоплювання цементно-піщаного розчину потрібно орієнтовно 8 годин (з можливими межами від 6 до 10 годин), виконання подальших робіт можна розпочинати не раніше, ніж через 48 годин після завершення заливання.

#### Монтаж плит із екструдованого пінополістиролу

Процес укладання теплоізоляційного матеріалу ділиться на декілька послідовних етапів, кожен з яких вимагає ретельного виконання для забезпечення технологічної надійності та довговічності.

1. **\*\*Проклеювання демпферної стрічки\*\***. Уздовж усього периметру кімнати в нижній частині стіни проклеюється демпферна стрічка. Її функція полягає у компенсації температурного розширення матеріалів, що особливо важливо для уникнення деформацій із часом.

2. **\*\*Нанесення шару гідроізоляції\*\***. Поверх основи приміщення необхідно покласти шар гідроізоляційного матеріалу. Найчастіше використовується поліетиленова плівка високої щільності, яка ефективно запобігає проникненню вологи всередину системи. Гідроізоляція виконується з нахлестом полотен на 10-15 сантиметрів, а краї плівки піднімаються на стіну до рівня товщини всього теплоізоляційного шару ("пирога").

3. **\*\*Укладання плит з екструдованого пінополістиролу\*\***. Використовується матеріал щільністю не менше 100 мкм, який укладається

вручну. Плити обладнані спеціальними монтажними гребневими з'єднаннями на торцях, що полегшує процес стикування деталей. Укладання виконується без зазорів — стик в стик, і немає потреби у використанні додаткових кріплень. У тих випадках, коли потрібна обрізка матеріалу, це можна зробити звичайним будівельним ножом.

4. **\*\*Закладення швів\*\***. Якщо при монтажі плит виникли невеликі щілини, їх слід обов'язково заповнити монтажною піною, щоб забезпечити теплоізоляційну ефективність конструкції.

5. **\*\*Укладання пароізоляційної плівки\*\***. Поверх утеплювача стелиться шар пароізоляційного матеріалу, знову ж таки з нахлестом полотен на 10-15 сантиметрів і аналогічним випуском на стіни. Для герметизації всіх стиків використовується монтажний скотч високої якості.

Важливо звернути увагу на те, що всі елементи укладаються максимально щільно, оскільки навіть невеликі зазори можуть стати причиною втрати теплоізоляційних властивостей системи.

#### Укладання бетонної стяжки

Для завершення робіт по утепленню підлоги необхідно виконати заливку бетонної стяжки. Ось основні етапи цього процесу:

1. **\*\*Монтаж армуючої сітки\*\***. Поверх укладеного шару пароізоляції монтується армована металева сітка. Вона сприяє підвищенню міцності конструкції та покращує зчеплення бетону.

2. **\*\*Заливка бетонної стяжки\*\***. Використовується бетонна суміш товщиною від 30 до 50 мм, яка може бути підготовлена самостійно шляхом змішування піску та цементу у стандартному співвідношенні 3:1, або придбана у готовому вигляді. Заливка проводиться рівномірно по всій поверхні для створення ідеально рівного шару.

Після виконання всіх етапів необхідно дочекатися повного висихання бетону перед укладанням фінішного підлогового покриття (наприклад, лінолеуму чи ламінату). Роботи з фінішним оздобленням слід проводити лише тоді, коли бетонна основа повністю висохне, інакше технологічна міцність покриття не достатня.



Рисунок №21 Влаштування екструдованого пінополістиролу на підлогу

Таблиця №7

**Висновок:**

Найменування	Технологічні паузи	Спеціалізація робітника	Спеціальне обладнання	Мінімальна кількість шарів до чистової підлоги	Орієнтовна ціна 1м <sup>2</sup>	Потреба в часі на 10 м <sup>2</sup>
Екструдований пінополістирол	+	-	-	3	300 грн	25 годин

## **Влаштування набригногo утеплювача пінополіуретану на покриття підлоги**

Утеплення підлоги за допомогою пінополіуретану вважається однією з найефективніших технологій теплоізоляції. Проте для досягнення оптимального результату цей процес потрібно виконувати в умовах сприятливої температури. Рекомендована температура повітря повинна знаходитися в межах від +12 °С до +25 °С, без сильного вітру та вологи. Якщо ж роботи проводяться при низьких температурах, склад пінополіуретану спінюється менш ефективно, що призводить до підвищення витрат матеріалу та зниження теплоізоляційних властивостей.

Процес нанесення пінополіуретану (ППУ) включає кілька важливих етапів, які забезпечують якісну ізоляцію та довговічність отриманого шару. Роботи виконуються наступним чином:

1. Підготовка обладнання: перш за все, фахівці підключають спеціальне електрообладнання до мережі, перевіряють його працездатність і готують до експлуатації. Водночас вони одягають захисний спецодяг, який включає маски та окуляри для захисту від дрібних частинок піни.

2. Попередня підготовка поверхонь: перед початком напилення ППУ демонтуються всі зайві елементи на підлозі, вентиляційні решітки й інші подібні об'єкти. Поверхня очищається від пилу, бруду, нестійких частин і відшарувань. Також видаляються всі щілини або тріщини. За необхідності поверхню знежирюють для забезпечення кращого прилягання матеріалу. Елементи, які неможливо прибрати закриваються папером або спеціальними захисними матеріалами.

3. Монтаж додаткових конструкцій: якщо на підлогу у подальшому планується ставити обладнання з високою вагою.

4. Нанесення пінополіуретану: розпилення пінополіуретану виконується рівномірним шаром за допомогою спеціального розпилювача. Матеріал швидко застигне і утворює щільний ізолюючий шар, який готовий до подальшої обробки.

5. Фінішна обробка: після застигання ППУ можна негайно розпочати завершальні роботи.



Рисунок №5 Утеплення підлоги



Рисунок №6 Утеплення підлоги

Таблиця №8

**Висновок:**

Найменування	Технологічні паузи	Спеціалізація робітника	Спеціальне обладнання	Мінімальна кількість шарів до чистової підлоги	Орієнтовна ціна 1м <sup>2</sup>	Потреба в часі на 10 м <sup>2</sup>
Напиляємий пінополіуретан	-	+	+	2	400 грн	9 годин

# Порівняння характеристик Мінеральної вати, пінополістиролу та напиляємого пінополіуретану

## Порівняємо теплотехнічні характеристики утеплювачів

**Мета:** Для порівняння матеріалів виконаємо теплотехнічний розрахунок з використанням методики описаній в нормативній документації, будемо вважати, що утеплюється не панель перекриття, а панель покриття в суміщеному даху. Розрахувати товщину утеплення, що дасть мінімальний допустимий коефіцієнт теплопровідності конструкції стіни.

Нормативний опір теплопередачі:

- для суміщеного покриття по залізобетонному покриттю  $R_{\text{ТР}}^0=4,9$   $\text{м}^2 \cdot \text{°К}/\text{Вт}$ ,
- Зона експлуатації будівлі - II

### Розрахункова схема зовнішньої стіни

1 – Плівка паробар'єру  $\delta_1=0.002\text{м}$ ,  $\lambda_4=0.81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

2 – Утеплювач:

- Мінеральна вата -  $\delta_2= 0,2 \text{ м}$   $\lambda_1=0.036 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$   $\gamma_1= 132 \text{ кг}/\text{м}^2$

- Пінополістерольна плита -  $\delta_2= 0,2 \text{ м}$   $\lambda_1=0.029 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

- Набризаний пінополіуретан -  $\delta_2= 0,2 \text{ м}$   $\lambda_1=0.019 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

3- Клейовий шар на основі бітума для приклеювання мінераловатних плит  $\delta_1=0.010\text{м}$ ,  $\lambda_4=0.81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

4- Гідроізоляційна плівка  $\delta_1=0.002\text{м}$ ,  $\lambda_4=0.81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

5- Залізобетонна плита покриття  $\delta_1=0.220\text{м}$ ,  $\lambda_4=0.81 \text{ Вт}/\text{м} \cdot \text{°С}$

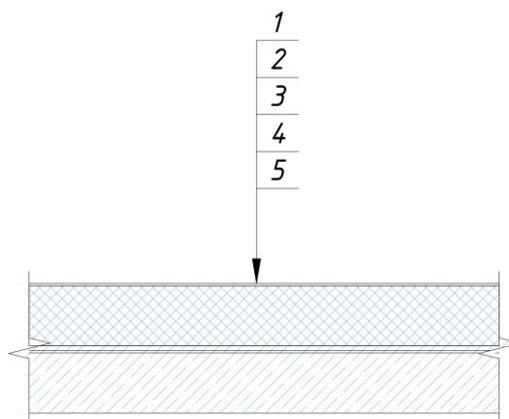


Рисунок № 21 Схема перерізу суміщеного покриття по залізобетонному покриттю

Для забезпечення теплозахисних якостей огорожуючих конструкцій повинна виконуватися умова  $R_0 \geq R_0^{TP}$ .

Для чотиришарової стінової конструкції маємо:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_H};$$

Для стінової огорожуючої конструкції  $\alpha_B = 8.7$ ,  $\alpha_H = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°С}$ .

Шукаємо товщину утеплювача, що дасть коефіцієнт теплопровідності конструкції стіни 4,2

Мінеральна вата:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.2}{0.036} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 6,04$$

Пінополістероліні плити:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.2}{0.029} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 7,38$$

Набризаний пінополіуретан:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.2}{0.019} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 11,01$$

Визначимо мінімально необхідну товщину утеплювача

Мінеральна вата:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.16}{0.036} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 4,93$$

Пінополістероліні плити:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.13}{0.029} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 4,97$$

Набризаний пінополіуретан:

$$R_0 = \frac{1}{8.7} + \frac{0.22}{0.81} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{0.01}{0.21} + \frac{0.09}{0.019} + \frac{0.002}{0.81} + \frac{1}{23} \geq R_{TP}^0 = 5,22$$

**Висновок:** Наведений нижче в таблиці

Таблиця №9

	Мінеральна вата	Пінополістероліні плити	Набризаний пінополіуретан
Коефіцієнт теплопровідності	0,034	0,029	0,019
Товщина утеплювача	0,2	0,2	0,2
Результат теплотехнічного розрахунку	6,04	7,38	11,01
Відсоткове співвідношення	0%	22,21%	82,33%
Ширина утеплювача, яка забезпечує нормативні вимоги	160 мм	130 мм	90 мм

## Висновок

Загальний аналіз порівняння матеріалів утеплення

Таблиця №10

Характеристика	Од. вим	Мінеральної вати,	Пінополістиролу	Пінополіуретану
Теплопровідність	Вт/м*К	0,034	0,029	0,019
Мінімально допустима ширина (умовно однакова конструкція)	мм	160	130	90
Проведення мокрих процесів	Так/ні	так	так	так
Потреба у вирівнюванні поверхні стіни	Так/ні	так	так	ні
Виконання підготовчих робіт (влаштування маяків, стержнів)	Так/ні	ні	ні	ні
Технологічні паузи	год	+	+	-
Спеціалізація робітника	-	низька	низька	висока
Спеціальне обладнання	-	Не потребує	Не потребує	Потребує
Мінімальна кількість шарів до чистової підлоги	шт	3	3	2
Орієнтовна ціна	1 м <sup>2</sup>	320	300	400
Потреба в часі на	10 м <sup>2</sup>	25	25	9

Напилований пінополіуретан є надзвичайно ефективним матеріалом, який знаходить широке застосування в умовах масової забудови завдяки своїм унікальним властивостям. У порівнянні з основними конкурентами, такими як мінеральна вата та пінополістирол, цей матеріал демонструє явні переваги практично у всіх ключових аспектах. Зокрема, пінополіуретан забезпечує кращу теплоізоляцію, відмінну стійкість до вологи, довговічність і високу екологічну безпеку, що робить його незамінним у сучасному будівництві.

Такий стратегічний вибір сприяє підвищенню енергоефективності будівель, зниженню витрат на утримання та покращенню умов проживання мешканців.

Провівши аналіз матеріалів можна зробити наступний висновок, використовуючи напіляємий пінополіуретан для утеплення підлоги процес створення чорнової підлоги, після чого можна продовжувати роботу в 3 рази менший за аналоги, що зумовлено відсутністю деяких етапів проведення робіт, таких як вирівнювання основи під утеплення.

Ціна проведення робіт не є суттєвою, що робить даний метод утеплення доступним для більшості людей.

При нанесенні пінополістеролу потрібне спеціалізоване обладнання та фахівці, які вміють з ним працювати, однак це обладнання має компанія, яка виконує замовлення з влаштування утеплення, таким чином для замовника цей пункт не є важливим, однак є суттєвим для загального порівняння з іншими методами утеплення.

Процес нанесення утеплення не має технологічної паузи на відміну від інших варіантів утеплення. Після спінення пінополіуретану, що при відповідній температурі займає до 20 хвилин, можна виконувати наступний шар, а саме заливку чорнової підлоги.

Через свої фізичні характеристики шар наплення пінополіуретану в рази менший в порівнянні з іншими матеріалами, це дає змогу демонтувати менший шар підлоги, або навпаки за рахунок утеплювача збільшити висоту стелі в приміщеннях.