

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МАТЕРІАЛОЗНАВЧІ РІШЕННЯ ПРИ ЗВЕДЕННІ І
РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019**

УДК 691:620.22(075.8)

М34

Автори:

О. В. Кондращенко, доктор технічних наук, професор кафедри технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

Н. Г. Морковська, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

С. В. Шаповал, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

О. В. Якименко, кандидат економічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рецензенти:

М. Д. Помазан, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова;

В. П. Сонов, доктор технічних наук, завідувач кафедри фізико-хімічної механіки і технології будівельних матеріалів і виробів Харківського національного університету будівництва і архітектури

Рекомендовано до друку на засіданні Вченої ради ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, протокол № 1 від 31.08.2018.

Матеріалознавчі рішення при зведенні і реконструкції будівель
М34 та споруд : навч. посібник / О. В. Кондращенко, Н. Г. Морковська, С. В. Шаповал, О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 202 с.

Наведені головні новітні матеріалознавчі досягнення щодо будівельного виробництва, розвинення дослідницького підходу до вирішення інженерних задач.

Навчальний посібник призначено для студентів та магістрів вищих навчальних закладів будівельних факультетів, викладачів та аспірантів і студентів будівельних спеціальностей.

УДК 691:620.22(075.8)

© О. В. Кондращенко, Н. Г. Морковська,
С. В. Шаповал, О. В. Якименко, 2019

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНІЙ ПРОЕКТНО- БУДІВЕЛЬНІЙ ПРАКТИЦІ.....	7
1.1 Визначення якості та ефективності будівельних матеріалів.....	14
1.2 Критерії вибору матеріалів для різних технологій зведення будинків і споруд	14
1.2.1 Вибір матеріалів для монолітного будівництва.....	14
1.2.2 Каркасне будівництво.....	25
1.2.3 Будівництво житлових об'єктів із деревини.....	28
1.2.4 Будівництво об'єктів з металевих конструкцій.....	31
1.3 Полімерні композитні матеріали у сучасному будівництві.....	33
1.4 Характеристика та вибір покрівельних матеріалів.....	39
1.5 Опоряджувальні матеріали з теплоізоляційними та акустичними властивостями.....	45
1.5.1 Теплоізоляційні матеріали.....	45
1.5.2 Акустичні матеріали.....	62
1.6 Матеріали для гідроізоляції, гідрофобізації та ремонту бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій.....	64
1.7 Нанотехнології у будівництві.....	71
1.8 Принципи забезпечення комплексу властивостей матеріалів.....	77
2 ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВІДПОВІДНО ДО УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	79
2.1 Вимоги до матеріалів і конструкцій, що експлуатуються у агресивному середовищі.....	80
2.2 Захист від корозії бетонних і залізобетонних конструкцій.....	83
3 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ЩОДО ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	90
3.1 Життєвий цикл будівельних матеріалів.....	91
3.2 Питання екологічної та пожежної безпеки конструкцій із використанням композиційних будівельних матеріалів.....	93
3.3 Енергоємність та довговічність конструкційних матеріалів та проблеми їх утилізації.....	97
3.4 Екологічні шляхи поліпшення санітарно-гігієнічних властивостей будівельних матеріалів.....	98
4 ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАРИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПРОВЕДЕННІ РЕСТАВРАЦІЙНИХ РОБІТ.....	105

4.1 Застосування сучасних матеріалів для посилення будівельних конструкцій.....	105
4.2 Підвищення гідроізоляційних і теплоізоляційних властивостей покриттів промислових будівель.....	108
4.3 Характеристика систем теплоізоляції зовнішніх стін будівель.....	124
4.3.1 Технологія улаштування скріпленої теплоізоляції.....	126
4.3.2 Монтаж навісного вентиляованого фасаду	133
4.4 Технологія ремонту та реконструкції будівель і споруд.....	136
4.4.1 Головні методи руйнування будівель і споруд.....	136
4.4.2 Перенесення будівель.....	141
4.4.3 Реконструкція фундаментів.....	143
4.4.4 Реконструкція фасадів.....	148
4.5 Вибір матеріалів під час реставраційних, консерваційних та ремонтних робіт на пам'ятках культурної спадщини.....	148
4.5.1 Стародавні будівельні розчини та матеріали.....	150
4.5.2 Фресковий живопис.....	157
4.6 Сучасні матеріали та технології для проведення реставраційних і консерваційних робіт	160
4.6.1 Гідроізоляція стін.....	171
4.6.2 Реставрація цегляного мурування.....	173
4.6.3 Ремонт і реконструкція підлог.....	176
5 ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ЗВЕДЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	181
5.1 Порівняльний аналіз вибору матеріалів при проведенні будівельних робіт з урахуванням економічних показників.....	181
5.2 Система техніко-економічних показників оцінки проектів. Методи розрахунку. Критерії оцінки.....	182
5.3 Визначення експлуатаційних витрат під час оцінки проектних рішень.....	185
5.4 Оцінка технічного стану будівель.....	187
5.5 Фактори, що впливають на економічність проектних рішень житлових будинків.....	189
5.6 Виробничо-технологічні фактори.....	190
5.7 Вплив конструктивних рішень на економічність проекту.....	191
5.8 Методи техніко-економічної оцінки конструктивних рішень проекту.....	193
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	199

ВСТУП

Сучасні умови проведення будівельних робіт потребують підготовку фахівців, які б добре орієнтувалися у багатому різноманітті новітніх будівельних матеріалів та виробів, знали нормативні вимоги щодо відповідності їх використання технологіям зведення або реконструкції будівель і споруд, уміли аналізувати поводження матеріалів у виробках та конструкціях у різних умовах експлуатації, надавали пріоритет екологічним матеріалам і тим, що одержані за енергозберігальними технологіями.

Вивчення навчальної дисципліни «Матеріалознавчі рішення при зведенні і реконструкції будівель і споруд» має за мету збагачення професійних знань магістрів новітніми матеріалознавчими досягненнями щодо будівельного виробництва, розвинення дослідницького підходу до вирішення інженерних задач.

Особливістю сучасного будівництва є надзвичайно широкий спектр нових матеріалів, виробів і технологій, які внаслідок інтенсивного розвитку будівельної науки та техніки змінюються кожні 5–10 років. Виробники будівельної продукції перейшли на випуск системних матеріалів і виробів, які дозволяють реалізувати принцип модульного будівництва. Йому властиві такі ознаки: наявність широкого спектра матеріалів і виробів, які хімічно сумісні й адгезійно споріднені, взаємоузгодженні за розмірами тощо та дозволяють виконати всі будівельно-монтажні (ремонтні) роботи «під ключ». У наслідок поєднання науки та будівельної інженерії створюються технології одержання нових, високоефективних, екологічно чистих матеріалів функціонального призначення. Виробництво цих матеріалів засновано на безвідходних і енергозберігальних технологіях. Із використанням технології композиційних матеріалів стрімко росте виробництво композитів, питома міцність яких перевищує аналогічну характеристику сталі у 15 разів. Сьогодні в Україні великою популярністю користуються системи «сухого будівництва», які з успіхом замінюють традиційні штукатурку та цегляне мурування. Технологічний прогрес у будівництві може бути забезпечений через задоволення потреб у бетонних і залізобетонних конструкціях, що, зі свого боку, потребує різкого збільшення обсягів випуску цементу, зокрема марки М 500 і вище, а також швидкотверднучих, декоративних та спеціальних видів цементу.

З огляду на бурхливий розвиток науки та техніки фахівці припускають, що основними будівельними матеріалами у майбутньому також будуть метал, бетон і залізобетон, кераміка, скло, деревина, полімери. Нові будівельні

матеріали будуть створюватися на тій самій сировинній основі, але із застосуванням прогресивніших технологічних прийомів і безвідходних технологій. Потік нових матеріалів із високими експлуатаційними характеристиками, довговічністю та надійністю буде збільшуватися.

Загальні принципи, якими потрібно користуватися при виборі матеріалів:

- нові та існуючі матеріали повинні бути взаємосумісними;
- властивості нових матеріалів мають бути кращими за існуючі;
- перевагу варто віддавати тим матеріалам і технологіям, які можна використовувати в осінньо-зимовий період. Головним критерієм при виборі матеріалу буде екологічність.

У процесі виконання вищеназваних принципів можна під час ремонту використовувати принцип «санація», який передбачає не тільки відновлення, але й істотне поліпшення експлуатаційних характеристик існуючих будівель і споруд.

Для реалізації принципу «санація» до матеріалів повинні висуватися показники якості. Наприклад, для бетону вони такі: прискорені темпи твердіння та зростання міцності; відсутність усадки; підвищена адгезія до існуючого бетону й арматури; захисні властивості до металу; достатня щільність і морозостійкість; рухливість і тиксотропна властивість сумішей.

Отже, сучасні фахівці повинні:

- знати властивості будівельних матеріалів і конструкцій, які використовуються як для нового будівництва, так і в процесі ремонту, реконструкції об'єктів;

- розуміти механізм зносу, корозії, руйнування конструкцій від дії різних факторів і на цій основі ефективно використовувати матеріали та технології для їх захисту;

- уміти проектувати ремонт та підсилення будівель (споруд) із використанням сучасних матеріалів і технологій, поєднуючи це зі знанням організації й управління в будівництві.

Вивчення технології та механізації будівельних процесів базується на комплексі знань і умінь із таких навчальних дисциплін: будівельне матеріалознавство, інженерна геодезія, будівельна техніка.

Матеріали посібника відповідають навчальному плану дисципліни освітньо-професійної програми «Промислове та цивільне будівництво» з підготовки магістрів-науковців.

1 БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ У СУЧАСНІЙ ПРОЕКТНО-БУДІВЕЛЬНІЙ ПРАКТИЦІ

1.1 Визначення якості та ефективності будівельних матеріалів

Будівельні матеріали є основоположними серед багатьох факторів, що визначають якість сучасного будівництва, архітектурну цінність будівель та споруд і техніко-економічні показники будівельних проектів. Асортимент і якість виробів будівельної індустрії безпосередньо впливають на технічні, естетичні переваги об'єкта та його довговічність. Проблема підвищення загального рівня якості будівництва та архітектури безпосередньо обумовлюється з поліпшенням якості будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, упровадженням широкого асортименту нових ефективних матеріалів, які повною мірою відповідають архітектурно-будівельним вимогам.

Від правильного вибору будівельних матеріалів та конструкцій залежить не тільки фізична, а й моральна довговічність будівлі або споруди. При цьому потрібно враховувати, що економічність проекту не завжди є доцільною. Не можна економити на матеріалах для високоякісного оздоблювання, коли від цього залежить довговічність та естетична виразність будівлі. Низька якість допоміжних матеріалів, які використовуються для захисних покриттів або обробки поверхні, може призвести до передчасного старіння або руйнування дорогих за вартістю конструктивних елементів, від яких залежить термін служби всієї будівлі.

Довговічність будівель визначається довговічністю застосовуваних будівельних конструкцій і залежить від умов обслуговування, якості будівельно-монтажних робіт (ретельності виготовлення, взаємного сполучення конструкцій, технічних умов і правил виробництва, що набуті теорією та практикою будівництва). На вибір будівельних матеріалів для проектування будівель і споруд впливають різноманітні вимоги і чинники, головні з яких можна умовно класифікувати у такий спосіб:

- природно-кліматичні фактори;
- соціально-психологічні чинники;
- архітектурно-будівельні вимоги;
- економічні вимоги.

На проектування житла найбільше впливають атмосферні умови. Проектувати універсальне житло для будь-якого кліматичного району не має сенсу з функціональної, економічної та будівельної точок зору. Тому під час проектування житла потрібно орієнтуватися на максимальний облік саме конкретних, а не абстрактних місцевих умов.

З-поміж найважливіших атмосферних умов виокремлюють: температурний, вітровий, вологісний, сніговий, дощовий режими, рівень сонячної радіації, сезонні відмінності у погоді тощо. Вони впливають на людину та житловий будинок у комплексі, однак, по-різному в кожному конкретному випадку.

Температурний режим. У різних географічних зонах у різні періоди часу температура може коливатися із великою амплітудою. Так, температура повітря в екваторіальному поясі може досягати у денний час +60 °С, а в антарктичних районах у зимовий період доходить до –89 °С. Вплив температури може негативно відобразитися на комфортабельності житла. Тому приміщення житла необхідно захищати від різких добових і сезонних перепадів температури, від замерзання у північних умовах і перегрівання у південних районах.

Принципово важливою новою архітектурно-будівельною вимогою, що відбиває природно-кліматичні та економічні фактори, є істотне підвищення вимог до такої характеристики будинків, як стійкість теплопередачі огорожувальних конструкцій. У нормативних джерелах міститься докладний комплекс конкретних цифрових вимог для таких додаткових параметрів: теплостійкість огорожувальних конструкцій, теплозабезпечення поверхонь, опір повітряним проникненням та опір паропроникності огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, надпідвальних та піддахових перекриттів та інших конструкцій будинку).

Вітровий режим. Вітровий режим істотно впливає на проектування житла. Він характеризується швидкістю та спрямованістю переміщення повітряних потоків. Поєднання сильного вітру із низькими температурами призводить до підвищеної тепловтрати будинку та продувності огорожувальних конструкцій. У кліматичних районах із жарким і сухим кліматом сильні вітри часто переносять значну кількість піску та бруду. Для захисту від цього фактору можуть використовуватися спеціальні екрануючі властивості забудови, зелені насадження, замкнені двори, будинки із пропусками та порожнечами на всю глибину корпусу та інші заходи.

Пилуваті частинки є переносниками бактерій, що призводять до легеневих захворювань, захворювань очей і виводять зі строю фільтровентиляційні установки. Вітер переносить і канцерогенні речовини, що містяться у відпрацьованих газах автомобілів та викидів промислових підприємств: свинець, хром, магній, кобальт, ртуть та інші. Вони спричиняють хронічні бронхіти та інші хвороби дихальних шляхів. Крім того, шкідливі повітряні маси руйнують кам'яні та металеві конструкції житлових будинків, що призводить до підвищення експлуатаційних витрат.

Сніговий і дощовий режими характеризуються інтенсивністю атмосферних опадів – снігу, дощу, туманом та іншими. Загалом, для експлуатації будинку сніг і дощ є несприятливими факторами, оскільки вони переносять шкідливі речовини, що містяться в атмосфері, аналогічно вітровим потокам, тільки в специфічній, рідкій або твердій формі. Так, велику небезпеку становлять радіоактивний дощ і сніг, що виникають унаслідок військових випробувань атомного озброєння або надзвичайних подій на ядерних виробництвах. До сьогодні актуальною залишається проблема наслідків аварії на Чорнобильській АЕС в Україні.

Для порівняльної оцінки ефективності різних матеріалів використовують коефіцієнт конструктивної якості (ККЯ), МПа, який характеризується відношенням границі міцності під час стискання або розтягнення до відносної густини. Показники ККЯ деяких будівельних матеріалів наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники ККЯ будівельних матеріалів

Матеріал	Границя міцності, МПа	Відносна густина, г/см ³	ККЯ, МПа
Склопластик	450	2,0	225
Сталь	390	7,85	51
Важкий бетон	40	2,4	16,6
Легкий бетон	10	0,8	12,5
Керамічна цегла	10	1,8	5,56

Знос – властивість матеріалу чинити опір одночасному впливу зношувальних і ударних навантажень. Показником зносу є відсоток втрати маси зразка матеріалу від початкової.

Для матеріалів несучих і конструкцій, що огорожують, надійність повинна бути не менша за термін служби будинку або споруди. Довговічність оздоблювальних матеріалів може бути нижча, оскільки вона корегується строками морального старіння матеріалу.

Надійність – одна з головних комплексних властивостей матеріалу, що визначає його здатність виконувати свої функції протягом заданого часу й за певних умов експлуатації, зберігаючи при цьому в певних межах установлені характеристики. Головні значення надійності полягають у відмові або раптовому погіршенню властивостей матеріалу нижче рівня бракувального показника, яким обумовлена його працездатність. Надійність включає: довговічність, безвідмовність, ремонтпридатність і збереження конструкції. Показники довговічності й надійності будівельних матеріалів багато в чому

визначають витрати на експлуатацію (і насамперед на ремонт) будинків і споруд.

Сумісність – це здатність різнорідних матеріалів або компонентів композиційних матеріалів, виробів і конструкцій утворювати міцні й надійні нероз’ємні з’єднання й стабільно виконувати при цьому необхідні функції протягом заданого часу.

Матеріали для несучих та огороджувальних конструкцій

Для архітекторів, проектувальників та конструкторів важливим є чітко усвідомлювати, із яких матеріалів буде втілюватися їхній проект. Для цього необхідно сформулювати критерії вибору матеріалів, рекомендованих для житлового будівництва, а також упорядкувати ці критерії ієрархічно:

- безпека будівельного матеріалу для здоров’я людини та біосфери Землі (безпека з медичної точки зору: дотримання санітарно-гігієнічних вимог до будівельних матеріалів у процесі виробництва, експлуатації та утилізації, а також екологічна безпека);

- мінімальна енергоємність матеріалів у процесі виробництва та витрати на експлуатацію та утилізацію (мінімальні витрати ресурсів), основані на дбайливому ставленні до природи, прагненні до не нанесення шкоди навколишньому середовищу;

 - максимальний термін служби;

 - ремонтпридатність матеріалу;

 - повторне використання як будівельного матеріалу або енергоносія.

Отже, у разі невідповідності матеріалу цим вимогам він не може бути застосований для будівництва, тим більше житлового, поза залежністю від інших своїх характеристик, у тому числі й вартості.

Матеріали, що сприймають силове навантаження, є конструкційними, бо з виготовляються конструкції будівель і споруд. Визначальними параметрами при виборі таких матеріалів є механічні властивості, що відрізняє їх від інших технічних матеріалів (оптичних, ізоляційних, змашувальних, лакофарбних, декоративних, абразивних тощо). До головних критеріїв якості матеріалів належать параметри опору зовнішнім навантаженням: міцність, в’язкість, надійність, ресурс тощо.

Класифікація будівельних матеріалів за призначенням найзручніша для використання архітекторами в їхній творчій роботі, таку класифікацію називають архітектурно-будівельною. Вона наведена у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Архітектурно-будівельна класифікація будівельних матеріалів

Матеріали	Призначення	Використання
Конструкційні матеріали (цегла керамічна звичайна, залізобетонні конструкції, блоки з природного каменя)	Забезпечують захист від різних фізичних впливів, міцність і довговічність будівель, споруд.	Використовуються для несучих конструкцій і огорож (тепло та звуко-ізоляційні; покрівельні; гідро- і пароізоляційні; герметизувальні; для світлопрозорих огорож, вікон, дверей; для інженерно-технічного обладнання будівель; спецпризначення)
Конструкційно-оздоблювальні матеріали (цегла керамічна лицьова, дошки, щити)	Забезпечують певний захист, міцність, а їх одна або кілька поверхонь, які називають лицьовими, сприймаються візуально в процесі експлуатації	Для лицьових шарів огорожувальних конструкцій типу «сендвіч»; для огорожі балконів і лоджій; для покриття сходів; для збірно-розбірних, мобільних перегородок; для підвісних стель; для обладнання та меблів; для дорожніх покриттів
Оздоблювальні матеріали (плитки керамічні, шпалери, плівки, фарби, лаки)	Головна функція – візуальне сприйняття (однієї або декількох лицьових поверхонь) і безпосередній вплив на естетичний вигляд фасаду, інтер'єру будівлі, споруди	Для фасаду або внутрішнього облицювання стін, для спеціальних декоративних захисних покриттів (антикорозійні, вогнезахисні)

Вибір матеріалів напряму залежить і від обраної технології зведення будівельного об'єкта, види сучасних технологій наведені у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняння сучасних технологій зведення будівель

Технології будівництва	Переваги	Недоліки
1	2	3
Монолітне будівництво	<ul style="list-style-type: none"> – тривалість будівництва менша від звичайного; – незначна вартість будівництва; – висока звуко- та теплоізоляція будівлі; – висока якість і невелика вага споруди; – мінімальна кількість спецтехніки на будмайданчику; – відсутність щілин у стінах і можливість зведення конструкцій різних форм, незалежно від їхньої складності; – не потрібна підготовка до облицювання стін 	<ul style="list-style-type: none"> – труднощі під час роботи з бетонним розчином у зимовий час (під час дощу); – низькі теплоізоляційні властивості
Будівництво з керамічних блоків	<ul style="list-style-type: none"> – високі теплоізоляційні характеристики; – висока швидкість зведення будинків; – порівняно висока міцність матеріалу; – екологічність і висока стійкість до займання 	<ul style="list-style-type: none"> – значна вартість будівельного матеріалу; – крихкість виробів.
Каркасне будівництво	<ul style="list-style-type: none"> – висока якість споруди; – незначна вартість робіт; – можливість проведення робіт протягом року; 	<ul style="list-style-type: none"> – порівняно невеликий термін експлуатації;
Будівництво з піноблоків	<ul style="list-style-type: none"> – невисока вартість проекту; – високі шумо-, паро- та теплоізоляційні властивості; – стійкість до температурних перепадів; – високий ступінь пожежної безпеки; – практично відсутня усадка будівлі; – безпечність для здоров'я; – висока технологічність; – мінімальні терміни будівництва 	<ul style="list-style-type: none"> – низька міцність піноблоків

Продовження таблиці 1.3

1	2	3
Будівництво солом'яного будинку	<ul style="list-style-type: none"> – висока екологічність; – низька собівартість; – доступність матеріалу; – нескладний процес будівництва, але вимагає спеціальних навичок; – матеріал (глина та солома) має високі теплоізоляційні властивості 	<ul style="list-style-type: none"> – потрібен додатковий захист стінових панелей від впливу зовнішніх факторів; – внутрішнє оздоблення будинку – досить складний і копіткий процес
Будівництво з арболітових блоків	<ul style="list-style-type: none"> – відмінна якість; – матеріал легко обробляється; – невелика вага матеріалу та значні розміри дозволяє будувати будинки дуже швидко; – стійкість до гниття та появи біологічних організмів; – високі показники енергоефективності та шумоізоляції; – матеріал стійкий до спалаху, при впливі високих температур не виділяє токсичні речовини; – стінові блоки «дихають», не нагромаджуючи при цьому вологу, забезпечують хорошу вентиляцію будівлі; – відмінні експлуатаційні властивості й довговічність будинків 	<ul style="list-style-type: none"> – стінові панелі потрібно обробляти захисним покриттям через високе водопоглинання матеріалу; – стіни з арболіта мають не дуже приємний зовнішній вигляд, тому вимагають обробки; – забороняється з цього матеріалу будувати багатоповерхові будівлі

Конструкційні матеріали підрозділяються: за їхнім походженням – на металеві, неметалеві та композиційні матеріали, які поєднують позитивні властивості різних матеріалів; за технологією виготовлення – на деформовані (прокат, кування, штампування, пресовані профілі тощо), литі, випалювальні, формовані, склеювані, зварювані (шляхом плавлення, вибуху, дифузійного зрощення тощо); за умовами роботи – такі, що витримують дію низьких температур, жароміцні, корозійно-, зносо-, маслостійкі тощо; за критеріями

міцності – матеріали малої та середньої міцності з великим запасом пластичності, високоміцні з помірним запасом пластичності.

Неметалеві конструкційні матеріали підрозділяють за технологією виготовлення (пресовані, ткані, намотані, формовані тощо), за типами наповнювачів (армувальних елементів) і за особливостями їхнього розміщення й орієнтації.

До неметалевих конструкційних матеріалів належать пластики, термопластичні полімерні матеріали, кераміку, вогнетриви, скло, гуму, деревину.

1.2 Критерії вибору матеріалів для різних технологій зведення будинків і споруд

1.2.1 Вибір матеріалів для монолітного будівництва

Із переходом будівельного комплексу України на ринкові відносини підвищився інтерес до монолітного будівництва, яке можна розглядати як важливий резерв підвищення загального рівня індустріалізації та інтенсифікації будівельного виробництва. Економічні переваги будівництва з монолітних залізобетонних конструкцій порівняно з повнозбірним або цегляним будівництвом полягають у зниженні до 30–40 % витрат на створення виробничої бази, зменшенні до 20 % витрати сталі, зниженні до 30 % енергоємності порівняно до загальних трудових витратах на зведення. Крім того, монолітний залізобетон дає можливість оптимізувати конструктивні рішення будівель і споруд, істотно підвищити експлуатаційні характеристики об'єктів. Практика сучасного будівництва підтвердила техніко-економічні переваги зведення житлових і громадських будівель із монолітного бетону та залізобетону, які дають змогу за мінімальних витрат підвищити якість і архітектурну виразність об'єктів, а також реалізовувати ресурсозберігальні технології монолітних процесів.

Вибір класу бетону за європейськими стандартами. Серед найважливіших показників якості бетону виокремлюють його міцність. Саме можливість бетону протистояти значному навантаженню та робить його практично незамінним під час будівельних робіт. Бетон має три типи міцності: на стиск; на розтяг при вигині; на осьове розтягнення, по якому визначають здатність бетону протистояти навантаженням на розтягнення по всій площі поперечного перерізу.

В умовах глобалізації, інженерам нерідко доводиться виконувати проекти для європейських замовників і навпаки – наймати підрядників із Європи для проведення проектно-будівельних робіт на території своєї країни. При цьому зазвичай виникають питання з маркуванням класів бетону за міцністю: інженери з СНД звикли до позначення класу бетону літерою В (наприклад, бетон класу В 30), а в європейських проектах клас бетону позначається літерою С (наприклад, С 20/25).

У європейських стандартах (наприклад, EN 206) після літери С стоїть дріб, у чисельнику якого вказана міцність зразків-циліндрів із бетону $f_{ck,cyl}$, а в знаменнику – кубикова міцність $f_{ck,cube}$. Обидва показники вказані у Н/мм² і характеризують міцність бетону з гарантією в 95 %. Це означає, що зі 100 бетонних зразків тільки 5 можуть мати показники міцності нижче заявлених. Для коректного зіставлення цих класів із європейськими аналогами варто зосередити увагу саме на кубиковій міцності (вона вказана в знаменнику Євроном). Одиниці вимірювання міцності в більшості стандартів зазвичай однакові: 1 Н/мм² = 1 МПа. Також слід врахувати, що для деяких класів європейської бетонної продукції можна знайти вітчизняний аналог, як у разі з Євробетон С 30/37. У подібних випадках рекомендується застосовувати найближчий клас вітчизняного бетону більш високої міцності (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Клас міцності бетону на стиск (EN/СНіП)

EN206	$f_{ck,cube}$, Н/мм ²	$f_{ck,cyl}$, Н/мм ²	СП 63.13330.2012	$R_{стиск}$, МПа
C8/10	8	10	B10	10
C12/15	12	15	B15	15
C16/20	16	20	B20	20
C20/25	20	25	B25	25
C25/30	25	30	B30	30
C30/37	30	37	B40	40
C35/45	35	45	B45	45
C40/50	40	50	B50	50
C45/55	45	55	B55	55
C50/60	50	60	B60	60
C60/75	60	75	B70	70
C70/85	70	85	B80	80
C80/95	80	95	B90	90
			B100	100

Характеристики бетонної суміші

Головними операціями в технології бетону є приготування бетонної суміші, її транспортування та укладання в вироби або конструкції та твердіння до утворення каменя. Тому важливим є дотримуватись усіх вимог до бетонної суміші, щоб отримати потрібний клас бетону.

Консистенція бетонної суміші вимірюється осіданням конуса та позначається класом осідання від S 1 до S 5. Консистенцію бетонної суміші необхідно визначати під час використання бетонної суміші. Консистенцію бетонної суміші визначають за стандартним конусом і вимірюють у міліметрах.

Показники консистенції бетонної суміші наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Показники консистенції бетонної суміші

Клас	Осідання конуса, мм
S 1	від 10 до 40
S 2	від 50 до 90
S 3	від 100 до 150
S 4	від 160 до 210
S 5	220

Водоцементний фактор істотно впливає на міцність бетону. Рухливість бетонної суміші змінюється зі зміною кількості води, а внаслідок витрати цементу в бетоні від 200 кг/м^3 до 400 кг/м^3 при сталих витратах води рухливість не змінюється. Ця закономірність отримала назву закону сталості водопотреби. Із підвищенням вмісту цементного тіста при сталому значенні В/Ц або зменшенні кількості заповнювачів рухливість бетонної суміші збільшується.

Якщо кількість цементного тіста взяти достатньо, щоб тільки заповнити порожнечу заповнювача, то бетонна суміш буде жорсткою (нерухливою), тобто її не можна буде укладати у форму або опалубку. Для отримання щільної пластичної бетонної суміші без розшарування потрібно притримуватись відповідної кількості цементу (табл. 1.6). У разі збільшення кількості води у бетонній суміші її рухливість збільшується, але виникає небезпека появи усадкових тріщин. Тому необхідно дотримуватись величини водоцементного фактора, яка для різних бетонних сумішей зазвичай коливається у межах 0,65–0,45.

Рухливість бетонної суміші також залежить від якості цементу та заповнювачів. Для отримання бетону із заданими характеристиками та

зменшення трудовитрат під час виконання будівельних робіт необхідно ретельно дотримуватись розробленої технології бетонних робіт.

Таблиця 1.6 – Мінімальні витрати цементу для одержання якісної бетонної суміші

Різновид бетонної суміші за її рухливістю	Витрати цементу C_{min} , при граничних розмірах заповнювача, мм		
	10	20	40
Особливо жорстка	160	150	140
Жорстка	180	160	150
Малорухлива	200	180	160
Рухлива	220	200	180
Лита	250	220	200

Водонепроникність – здатність бетону не пропускати воду при надмірному тиску. За ним визначається міцність, надійність і довговічність залізобетонних виробів і конструкцій в агресивних середовищах. Класифікація та маркування бетону також відбувається з урахуванням водонепроникності. Бетон здатний витримувати тиск води без фільтрації більше тридцяти атмосфер. Марки бетону за водонепроникністю в деяких конструкціях визначаються за установленими нормами під час проектування та потім їх указують у технічних умовах, стандартах. Усі отримані дані заносяться в проектну документацію на конструкції. Водонепроникність бетону можна підвищити як на стадії приготування, укладання і твердіння бетонної суміші, так і на стадії вже затверділого бетону. Серед першої групи способів підвищення водонепроникності виокремлюють:

- застосування цементів більш високої активності;
- створення водних умов твердіння;
- зниженням водоцементного співвідношення;
- застосування хімічних домішок;
- збільшення вмісту розчинної частини в бетоні.

Для затверділого бетону головним способом підвищення водонепроникності є його просочення проникними мономерами з їх подальшою полімеризацією, що створює надійний бар'єр від проникнення води й марка бетону за водонепроникністю підвищується. До цього способу зазвичай вдаються під час підвищення рівня ґрунтових вод і проникненні води в підвальні приміщення, а також для відновлення гідроізоляції стін і підлоги підвалів.

Морозостійкість бетону характеризується його маркою за морозостійкістю, яка вказує кількість циклів заморожування та відтавання, яке витримують зразки у водонасиченому стані в умовах стандартних випробувань згідно з ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95).

Для оцінки морозостійкості використовують фізичні методи контролю, наприклад, імпульсний ультразвуковий метод. За його допомогою можна простежити зміни міцності або модуля пружності бетону в процесі циклічного заморожування. Цю важливу властивість бетону можна підвищити шляхом введення у суміш спеціальних хімічних речовин, таких як лігносульфонати, суперпластифікатори та модифікатори.

Контроль якості бетонів

Якість проведення бетонних робіт є визначальною у якості всього кінцевого продукту будівництва (будівлі, споруди тощо). Найефективнішим є контроль, який допомагає завчасно виявити причини тих чи інших відхилень, попередити зриви у роботі, виявити невикористані резерви. Одне із завдань контролю – виявлення відхилень від запланованого перебігу організаційно-технологічних процесів, але головне завдання контролю максимально попередити можливі недоліки, а в разі виявлення своєчасно їх усунути.

Найефективніший у будівництві так званий усебічний контроль, що охоплює всі стадії життєвого циклу будівельної продукції. Всебічний контроль факторів, що впливають на якість, потребує наявності важелів контролю на всіх важливих стадіях процесу проектування, спорудження та експлуатації об'єктів. Ці важелі контролю називають операціями з контролю якості й поділяють на п'ять стадій:

- експертиза проектно-кошторисної документації;
- контроль за спорудженням об'єкта;
- вхідний контроль будівельних матеріалів та виробів;
- контроль за будівництвом інженерних комунікацій;
- випробування та діагностика.

Крім того, економічна ефективність монолітного будівництва здебільшого зумовлена швидкістю оборотності опалубки. Для визначення оптимального часу витримки бетону в опалубці необхідно мати можливість безперервно контролювати процес набору міцності бетону в опалубці. Традиційним способом оцінки міцності властивостей монолітного бетону в конструкціях є випробування контрольних зразків-кубів. Зразки виготовляються та зберігаються в умовах проведення робіт строго, як наказано в нормативних документах. Крім цього, контрольні зразки мають різні розміри,

що позначається на умовах формування та тверднення, і тому вони оцінюють властивості бетону у виробі лише з певним ступенем наближення.

Контроль міцності бетону за результатами випробувань на стиск зразків-кубів не може повністю задовольняти працівників лабораторій, проектувальників і будівельників, оскільки результати випробувань зразків не завжди відображають дійсну міцність бетону у виробках і конструкціях. У низці випадків контроль міцності бетону шляхом випробування стандартних зразків створює проблеми. Наприклад, часто виникає необхідність додатково визначити міцність бетону в пізніші терміни, ніж передбачалося раніше; однак відсутність контрольних зразків не дає змогу це зробити. Неможливим стає оцінка міцності бетону раніше зведених залізобетонних конструкцій і споруд. У таких випадках міцність бетону конструкції перевіряють шляхом висвердлювання з бетону циліндрів (кернів) із подальшим випробуванням їх на стиск. Зазвичай у лабораторію доставляють керни з неправильними підставами, тому перед випробуваннями на стиск їх необхідно вирівняти, залити цементним розчином і шліфувати. Підготовлені циліндри випробовують на стиск на гідравлічному пресі. Однак цей метод не можна застосовувати для випробування бетону деяких збірних залізобетонних конструкцій через малу товщину та високий відсоток армування. Такі конструкції потрібно випробувати неруйнівними методами. Аналіз вартості методів, які застосовують при контролі міцності бетону, наведені у таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Зведені дані за методами контролю міцності бетону

Назва методу	Вартість обладнання, грн	Вартість випробувань, грн
Випробування зразків або кернів на пресі	247 000	6 000
Відрив зі сколюванням	33 500	2 500
Ультразвуковий	32 500	750
Метод пружного відскоку	12 500	750
Метод ударного імпульсу	17 500	750
Метод пластичної деформації	2 000	1 000

Завершальний етап перевірки виробництва бетонних і залізобетонних робіт – контроль уже готових конструкцій перед здачею будинків і споруд Державною приймальною комісією. Під час приймання якості бетону конструкцій перевіряють шляхом зовнішнього огляду їхніх поверхонь і

простукуванням бетону, а в сумнівних випадках – додатковими лабораторними випробуваннями та пробними навантаженнями. Одночасно з визначенням міцності бетону обміряють конструкції, перевіряють відповідність фактичного стану конструкцій і загалом споруди проектному положенню (горизонтальність, вертикальність, розташування осей) за допомогою геодезичних інструментів. На підставі перевірки складаються виконавчі схеми.

На сьогодні широко використовують руйнівні методи контролю міцності бетону, які дають змогу визначити міцність у будь-якої конструкції або на окремій ділянці конструкції без її руйнування [16].

Неруйнівний контроль відпускнуї та передавальної міцності бетону дозволяє оперативно впливати на технологічний процес виробництва залізобетонних виробів, своєчасно коригувати склад, режими віброуцільнення та термообробки бетону. Для неруйнівного контролю міцності бетону використовуються прилади, засновані на методах місцевих руйнувань (відрив зі сколюванням, сколювання ребра, відрив сталевих дисків), ударного впливу на бетон (ударний імпульс, пружний відскік, пластична деформація) і ультразвукового прозвучування.

Міцність і довговічність залізобетонних конструкцій здебільшого залежать від забезпечення проектних значень захисного шару бетону та діаметру арматури. Визначення параметрів армування виробляється на підприємствах збірного залізобетону, на об'єктах будівництва і під час обстеження будівель і споруд. Контроль переважно ведеться приладами магнітної дії. Прилади застосовуються також для визначення місць прикладання навантаження під час контролю міцності бетону методами відриву зі сколюванням і сколювання ребра конструкції.

У наш час значна частина будівельних робіт обумовлена ремонтом, відновленням, реконструкцією та реставрацією зведених раніше об'єктів, до того ж потреба в технологічних рішеннях, які забезпечують уведення конструкцій в експлуатацію в надзвичайно стислі терміни, зростає, особливо в транспортному й енергетичному будівництві, при нештатних ситуаціях на деяких виробничих об'єктах, а також у випадках ліквідації наслідків стихійних явищ або надзвичайних ситуацій. Під час проведення рятувальних і невідкладних аварійно-відновлювальних робіт може йти мова про досягнення нормативних значень міцності бетону в терміни, вимірювані годинами, а не цілодобово.

Вхідний контроль будівельних матеріалів

Вибір в'язучої речовини

Головним компонентом, який забезпечує міцність бетону є в'язуча речовина. Для бетонів різного призначення використовують цемент та його різновиди, гідралічне вапно, гіпсові в'язучі, рідке скло, бітум і полімери. Найпоширенішим в'язучим для виготовлення конструкцій є цемент.

Обирають цемент за маркою за двома характеристиками – здатністю витримувати певне навантаження та вмісту домішок (у відсотковому співвідношенні до цементу). Наприклад, маркування М 500 указує, що цей вид цементу здатний витримати навантаження у 500 кг/см^2 . Найпопулярніші цементи з маркою від М 350 до М 500, проте зустрічаються і цементи з маркою М 700. Другий параметр, відсотковий вміст домішок, позначається літерою Д. Наприклад, цемент із маркуванням Д 20 містить 20 % добавок. Ця характеристика важлива тому, що відсоток домішок впливає на пластичність і міцність цементу та інші його спеціальні властивості. Так цемент М (ПЦ) 400-Д 20 має підвищену морозостійкість і водостійкість. Головна сфера застосування такого цементу – житлове, промислове та сільськогосподарське будівництво. Аналогічні властивості має цемент марки М 500-Д 20, але крім хорошої водостійкості й морозостійкості цей вид цементу має знижену опірність корозії. Його застосовують для штукатурних робіт, мурування, ремонтно-будівельних робіт і виготовлення різних будівельних розчинів. Цемент марки М 500-Д 0 надає бетону такі характеристики, як підвищена морозостійкість, водостійкість, довговічність і є незамінним при виконанні аварійних і відновлювальних робіт. Під час будівництва споруд, які експлуатуються у контакті з прісною або мінералізованою водою, потрібно використовувати цемент марки ПЦ (М) 400-Д 0.

Також важливою характеристикою цементу є його час його тверднення. Цей процес проходить у декілька етапів: початок тужавлення цементу (триває 40–50 хв), другий – кінець тужавлення (настає через 10–12 год).

За терміном тверднення цементи поділяють на типи:

– *тип 1*: ПЦ I-600, ПЦ I-500, ПЦ I-400 тверднуть дуже швидко, вже на другу добу міцність цементу становить понад 50 % від проектної;

– *тип 2*: цементи з мінеральними домішками від 6% до 35%. ПЦ II/A-III-400, ПЦ II/B-III-400. Відмінністю цих цементів є різний темп набору ранньої міцності. На другу добу твердіння ПЦ II/A-III-400 набирає 45–50 % міцності, а ПЦ II/B-III-400 – 35–40 %. Однак марочна (міцність після 28 діб) міцність у них однакова, а вартість ПЦ II/A-III-400 – вища;

– *тип 3*: шлакопортландцементи з домішкою шлаку понад 35 % ШПЦ Ш/А-400, ШПЦ Ш/А-500. У таких цементів декілька уповільнений набір міцності у ранньому віці. Наприклад, ПЦ П/Б-Ш-400 за дві доби набирає 35 % міцності, а ШПЦ Ш/А-400 за дві доби – 25 %. Але на 56 добу цемент ШПЦ Ш/А-400 набирає міцність, порівнянну з маркою 500. Це відбувається тому, що шлак починає вступати у хімічну реакцію з новоутвореннями клінкеру, у такий спосіб, ущільнюючи та зміцнюючи структуру бетону. А цемент ПЦ І-500 на 56 добу набирає міцність вище 550 кгс/см². Шлакопортландцементи є найбільш довговічним типом в'язучого.

Вибір заповнювачів бетону. Пісок для виробництва звичайного бетону повинен відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-131:2007. Вміст у піску зерен, що проходять через сито 0,14 мм, не повинен перевищувати 10 %, а вміст глинястих, мулистих та пилюватих домішок – 3 % від маси. Найшкідливішою домішкою є глина, оскільки вона перешкоджає зчепленню зі цементним каменем. Тому від глинистих домішок пісок очищають ретельним промиванням.

Органічні домішки (гумусові, масляні або нафтові) допускаються тільки у дуже незначній кількості, особливо вміст органічних кислот, які спричиняють руйнування цементу.

Контролюють і розподіл зерен піску за ступенем крупності, тобто зерновий (гранулометричний) склад піску. Суміші з різним зерновим складом дають різні пустотність і питому поверхню, а це впливає на рухливість та інші властивості бетонної суміші й бетону. Показником якості піску є його модуль крупності піску. За крупністю піски поділяють на крупні, середні, дрібні та дуже дрібні. У разі оптимального поєднання в піску великих, середніх і дрібних зерен пустотність може бути зменшена до 30 %. У якісному піску пустотність не повинна перевищувати 38 %.

Густина піску теж впливає на якість бетону. Потрібно враховувати, що у насипному стані пісок має нижчий показник густини, ніж у ущільненому стані. Найбільший об'єм займає пісок із вологістю близько 5–7 %; з підвищенням або пониженням вологості об'єм піску зменшується. Особливо дрібний пісок при вологості 10 % розбухає до 40 %. Такий пісок у будь-якому разі є непридатним для виробництва бетону задовільної якості. Цю властивість необхідно враховувати у разі його приймання та дозування для приготування бетону. Під час вибору крупного заповнювача слід враховувати такі його характеристики:

- активність природних радіонуклідів (радіоактивність);
- зерновий склад і форма зерен;
- міцність;
- морозостійкість;

- вміст пилоподібних і глинистих часток;
- істинна, середня й насипна густина;
- адгезія або «злипання» (зчеплення з бітумом);
- вміст забруднювальних і хімічно шкідливих домішок.

Однією з найважливіших характеристик, із якої зазвичай починається вибір будівельного щебеню, – це його радіоактивність.

Природні радіонукліди (ПРН) містяться в будівельних матеріалах: радій (226 Ra), торій (232 Th), калій (40 K). Критерієм для ухвалення рішення про використання щебеню згідно з гігієнічними нормативами є A_{ef} (Бк/кг) – сумарна питома активність ПРН у матеріалі, визначена з урахуванням їхнього біологічного впливу на організм людини. За цим показником щебінь поділяють на такі види:

- до 370 Бк/кг – щебінь можна використовувати для всіх видів будівельних робіт (I клас);
- понад 370 Бк/кг – можна використовувати для дорожнього будівництва (II, III, IV класи).

За розміром зерен щебінь, залежно від його призначення, повинен відповідати технічним вимогам ДСТУ Б В.2.7-149:2008 – вміст зерен розміром 20 мм (d), відсоток за масою – від 90 до 100 %;

- вміст зерен розміром 30 мм ($0,5(d+D)$), відсоток за масою – від 30% до 80 %;
- вміст зерен розміром 40 мм (D), відсоток за масою – до 10 %;
- вміст зерен розміром 50 мм. ($1,25 D$), відсоток за масою – до 0,5 %.

Також у щебені нормують вміст зерен пластинчастої (лещадної) і голкуватої форм. За формою зерен щебінь підрозділяють на чотири групи:

- I група – до 15 %;
- II група – від 15 % до 25 %;
- III група – від 25 % до 35 %;
- IV група – від 35 % до 50 %.

Наявність у щебені зерен пластинчастої й голкуватої форм призводить до збільшення міжзернової порожнистості у суміші. Це зі свого боку приводить до збільшення витрат в'язучого компонента, а це спричиняє додаткові матеріальні витрати. Тому чим менша «лещадність», тим якіснішим вважається щебінь. Останнім часом усе частіше використовують так званий «кубовидний» щебінь, вміст зерен пластинчастої й голкуватої форми в якому не перевищує 15 % (I група). Використання такого щебеню сприяє найщільнішому утрамбуванню бетонної суміші.

Міцність щебеню характеризують межею міцності вихідної гірської породи у разі стиснення (роздавлювання) у циліндрі. Залежно від втрати маси при випробуванні, щебеню привласнюється марка: 200; 300; 400; 600; 800; 1 000; 1 200; 1 400. Чим вища марка – тим міцніший щебінь. Залежно від виду гірської породи й марки за роздавлюванням в щебені нормується вміст зерен слабких порід, і надається марка від 300 до 1 400.

За морозостійкістю щебінь теж підрозділяють на марки: F 15; F 25; F 50; F 100; F 150; F 200; F 300; F 400. У будівництві переважно застосовують щебінь із маркою не менш F 300.

У разі транспортування та дозування важливим показником є насипна густина заповнювача. Щебінь, що відвантажується у вагонах або автомобілях, зважують на залізничних або автомобільних вагах. Маса щебеню, що відвантажується в судах, визначають по осіданню судна. Кількість щебеню перераховують за значенням насипної густини щебеню з урахуванням його вологості під час відвантаження. Максимально припустиме значення вологості й коефіцієнта ущільнення, що не повинно перевищувати 1,10, установлюють у договорі на постачання.

Для приготування легких бетонів і будівельних розчинів застосовують пористі заповнювачі густиною (у насипному стані) не більше $1\,000\text{ кг/м}^3$ при розмірі зерен від 5 мм до 40 мм (щебінь, гравій) і не більше $1\,200\text{ кг/м}^3$ із розміром зерен до 5 мм (пісок).

Домішки

Головними чинниками, що визначають застосування домішок у будівництві, є підвищення продуктивності праці та обладнання, економія цементу та енергетичних ресурсів, поліпшення якості та властивостей бетонів і будівельних розчинів, особливі умови роботи. Застосування технічних лігносульфонатів (ЛСТ) чи мелясної барди (УПС) дає змогу підвищити продуктивність праці та обладнання при дозуванні 0,15–0,3 % від маси цементу (у перерахунку на суху речовину). А для густо армованих конструкцій це дає можливість зменшення трудовитрат у 1,5–2 рази. Збільшення цих домішок на 0,4–0,5 % уповільнює тужавлення сумішей до 203 годин, що при великих відстанях транспортування має велике значення. Для отримання литих сумішей для високоміцних бетонів незамінними є пластифікатори С-3, «Дофен», МП-3, Sika тощо. При витраті 0,4–1 % від маси цементу вони збільшують осадку конусу до 20–25 см, що дає можливість перекачувати суміші бетононасосами. Пластифікатори дають змогу прискорити твердіння, підвищити міцність, морозостійкість, водонепроникність бетонів та розчинів у кілька разів. ЛСТ та УПС використовують як розріджувачі сировинних сумішей та інтенсифікатори помелу в'язучих. Домішка УПС у кількості 0,05–0,1 % від маси цементу

дозволяє збільшити питому поверхню в'язучого на 300–500 см²/г, тобто зі клінкеру цементу марки 400 отримати цемент марки 500. Поліфункціональність домішок-пластифікаторів дає можливість шляхом зменшення кількості води у бетонних сумішах та будівельних розчинах зменшити відповідно витрати цементу. Так, для жорстких і малорухомих сумішей економія цементу від застосування пластифікаторів становить 7–12 %, а високо рухомих і литих – 15–20 %. Найбільший ефект досягається у разі застосування низькоалюмінатних цементів, дрібних пісків під час виготовлення високоміцних бетонів.

Повітровсмоктувальні ПАР та газоутворювальні компоненти дають змогу утримати у бетоні до 10 % повітря, що можна успішно використати для економії цементу під час виготовлення легких бетонів. Використання таких домішок разом зі стабілізаторами піни та газонасиченням дозволяє виготовляти блоки з об'ємною густиною 300–600 кг/м³, що дає змогу зменшити коефіцієнт теплопровідності матеріалу та призводить до економії енергоресурсів при експлуатації будівель і споруд. Під час вибору виду домішки для бетонної суміші необхідно враховувати їхні негативні побічні явища. Наприклад, найефективніший прискорювач твердіння та протиморозний компонент, як хлорид кальцію, викликає корозію арматури та цементного каменю, підвищує вологість приміщень та знижує морозостійкість бетону. А такі прискорювачі твердіння, як нітрид натрію, нітрат кальцію, сульфат натрію, сульфід, родоніти тощо, не можуть бути застосовані для залізобетонних конструкцій, які експлуатуються в агресивних середовищах, для промислових підприємств та електротранспорту, що живляться постійним електричним струмом.

Вода. Вода, що застосовується для приготування бетонної суміші й будівельного розчину, не повинна містити шкідливих домішок, що перешкоджають нормальному тужавленню та твердінню в'язучого матеріалу. Забороняється застосовувати воду, що містить домішки кислот, солей, олій, цукрів, а також болотну та стічні води.

1.2.2 Каркасне будівництво

У різних країнах світу, таких як США, Скандинавські країни, країни Європи, збільшується відсоток приватних будинків і громадських установ, побудованих за каркасною технологією. Серед переваг каркасного будинку можна виокремити такі показники.

Економія на фундаменті. За допомогою легкості конструкцій можна зекономити значну суму при улаштуванні фундаменту. Також каркасний

будинки найбільш стійкий і менш чутливий до сезонних переміщень фундаменту.

Короткі терміни будівництва – побудувати будинок від фундаменту до даху можна за три місяці. Якщо порівнювати будівництво каркасного будинку з цегляним загальною площею 150–200 м², то різниця буде становити до шість місяців. Каркасний будинок із фундаментом зводиться приблизно за вісім тижнів, цегляний – за вісім місяців.

Будинок не дає усадки. Наприклад: для будинку із бруса, колоди, шлакоблоків або цегли потрібно витримати річну перерву перед початком проведення всіх оздоблювальних робіт через усадку. Тобто провести додаткове вирівнювання стін і утеплення відразу після зведення каркаса не можна, а це означає, що заселитися у будинок можливо принаймні через два роки від початку його будівництва. А заселення у каркасний будинок можливе відразу після завершення будівельних та оздоблювальних робіт.

Економія на спеціалізованій будівельній техніці. У разі такого будівництва немає необхідності в оренді обладнання для підйому важких елементів, оскільки деталі мають невеликий розмір і вагу.

Висока сейсмостійкість. Будинок, побудований за каркасною технологією, має високу сейсмостійкість у наслідок відсутності жорстких з'єднань деталей між собою. Також варто згадати, що деревина має високу гнучкість, що дозволяє їй витримувати великі деформації без руйнування.

Енергоефективність. Каркасний будинок більш енергоефективний ніж цегляний, оскільки деревина має малу теплопровідність.

Екологічність. Порівняно з цегляним або бетонним будинком рівень радіації у дерев'яних каркасних будинках ледве сягає 15 %. Натуральні матеріали й екологічні покриття створюють здоровий клімат у будинку. Також якщо у процесі будівництва або після його завершення потрібно замінити інженерні мережі, це не спричинить великого клопоту.

Довговічність – гарантований термін експлуатації п'ятдесят років, але за умови дбайливого догляду такий будинок служить більше ста років.

Варіативність та перепланування – великий вибір проектів і можливість реалізації індивідуального плану. Також до кожного проекту додається детальний план реалізації, побудувати його може навіть новачок у будівництві. Дуже просто зробити перепланування в готовому будинку – це не спричинить значні руйнування та витрати.

Серед недоліків каркасного будівництва можна виокремити таке.

Рівень шуму – у більшості таких будинків дуже низький рівень звукоізоляції. Перебуваючи на другому поверсі, ви будете чути розмову або працює телевизор на першому, не докладаючи ніяких зусиль. Йдеться про те,

що перейнявши закордонну технологію, ми не перейняли їхню педантичність – неправильне розташування вентиляційних каналів або монтаж перегородок із порушенням технології – і ви живете в «шумовому пеклі».

Вологість – дереву, особливо погано обробленому, властиво вбирати й утримувати вологу. При поганій вентиляції та обробці будівельних брусів з'являється грибок, а це безпосередня загроза здоров'ю.

Займання – у каркасних будинках ризик загоряння значно вище. Це обумовлюється переважно тими самими порушеннями будівельних норм: наприклад, неправильна ізоляція конструкції даху, димоходів. Свій внесок додають матеріали – 90 % це деревина, просочена горючими засобами та клеями.

Ефект термоса – каркасні будинки не «дихають», у них поганий повітрообмін. Узимку в таких будинках холодно, а влітку спекотно. Загалом це перебільшення через те, що більшість плуває пластикові панелі, із яких будують магазини, та панелі, які використовуються для зведення каркасно-щитових будинків.

Недовговічність – порівняно з цегляними будинками та будинками із каменю, каркасні будинки із легких панелей дуже недовговічні. Виробники гарантують нам експлуатаційний термін до 100 років, але реальність вітчизняного будівництва така, що ніхто не вірить гарантованим термінів.

Нестійкість – каркасні будинки дуже чутливі до вібрації – робота пральної машини може привести у рух весь будинок. Нестійкість призводить до втрати жорсткості всією конструкцією.

Низька якість – загальна якість наданих на ринку матеріалів, неправильне їх зберігання, відсутність необхідних навичок і досвіду у будівельників породжують неякісний продукт – неякісний, непридатний для житла будинок.

Незважаючи на перелічені вище мінуси й недоліки, будівництво каркасних будинків повільно, зі скрипом розвивається та шукає свій ринок. При всіх нюансах, це оптимальний варіант для молодого сім'ї обзавестися власним будинком. Більшість негативних моментів виникають через непрофесіоналізм будівельників, байдуже ставлення до процесу й елементарну необізнаність. Якщо все було б настільки погано та непрактично, від цієї технології давно відмовилися б і в Європі, і в США, але там так будують уже століттями.

1.2.3 Будівництво житлових об'єктів із деревини

Протягом багатьох століть у будівництві та архітектурі була затребувана деревина, оскільки вона має низку позитивних властивостей, які роблять її актуальним матеріалом і в ХХІ столітті.

Деревина належить до ефективних матеріалів через високу міцність при порівняно невеликій густині дерев'яних конструкцій, а також легкість її заготовки та обробки. Так, питома міцність деревини – відношення розрахункового опору деревини стиску та вигину (МПа) до її густини (t/m^3) становить у середньому 2 600, тоді як для бетону на стиск – від 400 до 900, а для сталі – 3 000. Отже, дерев'яні конструкції за своєю масою можна порівняти з аналогічними конструкціями, виконаними в металі, і в 5–7 разів легше бетонних і залізобетонних.

Для деревини головною галуззю застосування є все, що створює людський комфорт: індивідуальна забудова, фасадне облицювання житлових і громадських будівель, малі архітектурні форми та елементи благоустрою. Деревина може конкурувати за фізико-механічними властивостями із новими будівельними матеріалами (залізобетоном, металом і полімерами). Удосконалення технологій обробки, відкриття клеєної деревини, нанесення вогнезахисних та біозахисних складів розкрило перед конструкторами нові можливості застосування деревини. Головні недоліки деревини – горючість і здатність до гниття. Щоб їх позбавитися, необхідна спеціальна обробка антипиренами та антисептиками, після чого деревина залишається екологічно чистим матеріалом. Прогрівання хвойних порід до температур спікання смоли дає змогу виключити застосування синтетичних домішок. Обробка дає змогу також зберегти та виявляти природну текстуру дерева. Той факт, що деревина здатна до гниття та горіння, обумовлений тим, що дерево залучено у колообіг речовин у природі, що обумовлює легкість її утилізації. Деревина є єдиним повноцінним і поширеним поновлюваним будівельним матеріалом, заготовка якого за умови сурового дотримання норм вирубування та лісорозведення завдає менш екологічної шкоди, ніж виплавляння сталі або виготовлення полімерних матеріалів.

Новим імпульсом для розширення сфер застосування дерев'яних конструкцій стало виробництво клеєної деревини. Відсутність механічного зрощування дало змогу перекивати великопрольотні будівлі та широко використовувати дерев'яні конструкції в будівлях і спорудах із хімічно агресивним середовищем. Застосування клеєної деревини як конструкційного матеріалу пояснюється низкою її позитивних властивостей:

– високий рівень міцності та жорсткості й водночас невелика вага;

- технологічність виготовлення виробів будь-якої довжини, перетинів і обрисів;
- повна заводська готовність конструкцій, яка дає змогу досягати високої точності розмірів;
- простота складання та обробки конструкцій на будівельному майданчику, відсутність «мокрих» процесів;
- порівняно невеликі витрати на транспортування;
- низькі трудовитрати під час монтажу конструкцій;
- незначні енерговитрати на обробку сировини та виготовлення конструкцій (у 8–10 разів нижче порівняно з металевими і в 3–4 рази нижче порівняно з залізобетонними конструкціями);
- висока корозійна стійкість, що особливо важливо для хімічно агресивних середовищ (складські споруди для зберігання добрив);
- екологічність, гігієнічність і низька теплопровідність;
- поновлювані сировинної бази.

В останні десятиліття клеєні дерев'яні конструкції отримали широкий розвиток, особливо в США, Німеччині, Франції, Швейцарії, Японії, скандинавських країнах. Завдяки багатьом своїм перевагам, клеєна деревина застосовується в будівлях і спорудах різного призначення, що зводяться як за типовими, так й індивідуальними проектами. Техніко-економічні розрахунки свідчать про те, що застосування в покриттях прольотів 12–24 м клеєних дерев'яних конструкцій замість залізобетонних дає зниження витрати сталі на 20–24 кг/м², цементу – на 30–35 кг/м² і маси конструкції – у 4–5 разів. Застосування 1 м³ клеєної деревини в конструкціях замінює 0,5–1,0 т сталі. У наслідок збільшення прольоту покриттів ці показники ще більше поліпшуються.

Дерев'яні клеєні конструкції дають можливість втілювати оригінальні архітектурні форми великопрольотних споруд. А естетичні переваги деревини дають змогу успішно застосовувати її в невеликих будівлях ресторанів, кафе, паркових павільйонах, альтанках. У спортивних спорудах вони створюють особливий мікроклімат, що сприяє оздоровленню організму, виключають появу й накопичення неприємних запахів. При цьому більше немає необхідності влаштування підвісних стель та облицювання дорогими матеріалами.

У будівництві використовують клеєні дерев'яні конструкції двох видів: несучі та огорожувальні. Несучі конструкції є багат шаровими, склеєними з декількох шарів деревини. Нерідко їх підсилюють шляхом вклеювання металевої або пластикової арматури.

Серед несучих клеєних дерев'яних конструкцій виокремлюють пласкі конструкції – балки, рами, ферми, панелі, арки та просторові конструкції – оболонки, куполи та інші.

Балки – найпростіший тип конструкцій. Клеєні балки мають різні форми й обриси поперечного перерізу.

Рамні конструкції можуть мати різні обриси. Їх використовують зазвичай в однопрогонових будівлях. Рами складаються зі стійки та ригеля, частіше суцільного прямокутного, рідше – двотаврового або коробчатого перетину.

Арки виготовляють декількох видів. Трикутні арки складаються з прямолінійних клеєних верхніх поясів і металевих затяжок, випускають прольотом 12 і 18 м. Стрілчасті арки випускають прольотом 18, 24 і 45 м.

Ферми вимагають для виготовлення велику трудомісткість. Найпоширеніші такі клеєні конструкції з дерева, як трикутні односкілі та двоскілі ферми, а також ферми з паралельними поясами та рейками або розкосами.

Металодерев'яні трикутні ферми складаються з двох гіпренгельних елементів, шарнірно з'єднаних у коньковому вузлі. Конструктивне рішення опорних вузлів дає змогу приймати ферми під будь-які навантаження, що значно розширює їхню сферу застосування, до того ж значно знижується трудомісткість вузлів ферм.

Склепіння та куполи. Такі сучасні клеєні дерев'яні конструкції, як склепіння і куполи, є окремою групою просторових конструкцій. Геометрична форма більшості цих конструкцій утворена поверхнею обертання навколо горизонтальної осі – циліндричні склепіння та оболонки навколо горизонтальної та вертикальної осей – сферичні купола. Склепіння циліндричної форми можуть бути розпірними, що спираються на поздовжні стіни або по контуру, і безрозпірними, що спираються на торцеві стіни, діафрагми та стовпи. Хрестові склепіння утворюються шляхом перетину циліндричних склепінь, і є безрозпірною конструкцією, що спирається переважно на колони. Зімкнуті склепіння, утворені також за допомогою перетину циліндричних склепінь у плані квадратні або шестикутні, які спираються переважно по периметру. Склепіння та куполи за конструктивним виконанням поділяються на суцільні тонкостінні, утворені за допомогою шарів дощок або фанери, ребристі, які спираються на арки, і кружально-сітчасті, що збираються зі стандартних косяків.

Такі просторові дерев'яні конструкції, як куполи, утворені опертям в замку трьох шарнірних арок і рам, що спираються безпосередньо на фундаменти та стіни, виділяються в особливу групу. Просторові за формою конструкції розраховуються як пласкі.

Останнім часом використовують конструкції просторових покриттів двоякої кривизни з поверхнею гіперболоїда, параболоїда, гіперболічного параболоїда, еліпсена. Створення цих конструкцій стало можливим за допомогою вдосконаленого способу склеювання деревини.

1.2.4 Будівництво об'єктів з металевих конструкцій

Головними перевагами металів є міцність і довговічність. Властивості металів, зокрема сталі, можна розширити додатковим складовим та способам обробки. Так, легуючі домішки, такі як нікель, хром і мідь, формують нерозчинні сполуки, які значно уповільнюють процес старіння. Такий матеріал стає стійким до впливу вологи у вигляді туману, дощу та снігу. У будівництві металоконструкції представлені достатньо широко. Крім того, із розвитком технологій сфери їх експлуатації тільки розширюються.

Серед сталевих конструкцій істотні переваги мають конструкції із неіржавної сталі, основу якої на 20–25 % становить хром. Поширеність їх застосування пояснюється високими експлуатаційними та технічними характеристиками, такими як:

- 1) висока стійкість до корозії та несприятливих факторів навколишнього середовища;
- 2) довговічність;
- 3) термостійкість і відповідність стандартам пожежної безпеки металоконструкцій;
- 5) сумісність із багатьма новітніми оздоблювальними матеріалами;
- 6) експлуатаційну практичність.

Останнім часом набули популярність у будівництві *алюмінієві конструкції*. Сучасні будівлі оснащують перегородками з гартованого скла, вікна та фасади, зимові сади та інші конструкції з використанням алюмінієвих профілів. Рациональність використання таких конструкцій обумовлена такими перевагами:

1. *Довговічність*. Профілі з алюмінію стійкі до впливу навколишнього середовища, витримують перепади температури від -60 до $+60$ °С. Вони не бояться корозії та підвищеної вологості. Середній термін служби фасадних систем скління з алюмінієвим профілем розраховано до 80 років.

2. *Міцність*. Це обумовлюється вдосконаленням алюмінієвих сплавів, до складу яких додають кремній і магній. При цьому міцність стає у 2–3 рази вища, ніж у ПВХ і в 7 разів вища, ніж у деревини.

3. *Зручність*. Завдяки порівняно малій вазі алюмінієвий профіль сприяє втіленню найоригінальніших архітектурних проєктів. Легкість такої

конструкції відчувається також візуально. Її монтаж здійснюється порівняно швидко, без втрат якості.

4. *Універсальність*. Можливість застосування алюмінієвих конструкцій у житловому будівництві для скління балконів, вікон, фасадних систем усіляких споруд, оранжерей і зимових садів різних масштабів, зробити перегородки у кімнаті або приміщенні різного призначення та інші варіанти.

5. *Естетичний* зовнішній вигляд і відповідність архітектурним особливостям будівлі. З алюмінієвих профілів можна збирати конструкції різних форм і розмірів.

6. *Екологічна безпека*. Алюміній – один з найбільш екологічних металів у виробництві та будівництві. Він не спричиняє алергічних реакцій, не виділяє токсини, не вбирає неприємні запахи, не спричиняє незадоволення санітарних служб і без проблем утилізується.

Для зведення невеликих комерційних об'єктів найкращою технологією є система будівництва на основі *легких сталевих тонкостінних конструкцій* (ЛСТК) (рис. 1.1). Така технологія при оптимальних витратах дає змогу отримати високу якість будівель за мінімальні терміни. Відмінною рисою ЛСТК є цинкове покриття листів сталі, що забезпечує довговічність експлуатації будівлі навіть в умовах дії агресивного середовища. Завдяки легкій вазі такі конструкції можна монтувати без використання крана, що значно здешевлює процес будівництва.



Рисунок 1.1 – Будинок із ЛСТК

Нещодавнє підвищення вартості енергоресурсів призвело до того, що під час вибору огорожувальних конструкцій замовники здебільшого застосовують

найбільш енергоефективні фасадні й покрівельні матеріали, такі як сендвіч-панелі та вентилявані фасади. Будівництво за технологією ЛСТК дає змогу знизити вартість квадратного метра за допомогою набагато меншої трудомісткості й енергоємності монтажу, індивідуальних особливостей ЛСТК (як наприклад, низька вага 1 м², що дає змогу скоротити витрати на фундамент), а також високій швидкості зведення об'єктів.

Довговічність експлуатації та високий ступінь надійності будівель із ЛСТК забезпечуються з використанням холоднокатаних сталевих профілів з оцинкованої сталі, які, на відміну від деревини, не схильні до впливу вологісних і біологічних процесів. Тому ЛСТК є сучасним рішенням для індивідуальної та масової забудови котеджами, будівництва заміських дачних будинків і таунхаусів, малоповерхових будівель (за звичай до чотирьох поверхів) різного призначення.

1.3 Полімерні композиційні матеріали у сучасному будівництві

Вуглепластики – це композиційні матеріали, у яких наповнювачем служать волокна з високим вмістом вуглецю [22]. Їх отримують із синтетичних та природних волокон на основі целюлози, сополімерів, акрилонітрилів, нафтогазових і кам'яновугільних пеків тощо.



Рисунок 1.2 – Вуглепластик у будівництві використовується для зміцнення конструкцій

Для виготовлення вуглепластиків застосовуються ті самі матриці, що й для склопластиків, одна головними перевагами вуглепластиків є їхня низька щільність і більш високий модуль еластичності. Це легкі й одночасно міцні матеріали, які мають практично нульовий коефіцієнт лінійного розширення. Вуглепластики використовуються в авіації, ракетобудуванні, машинобудуванні, виробництві космічної техніки, метеотехніки, протезів, під час виготовлення легких велосипедів та інших спортивних інвентарів. У будівництві через свою високу вартість цього матеріалу використовується вуглепластикова арматура в залізобетонних конструкціях.

Більшість сучасних будівель побудовано без урахування можливості витримувати несподівані удари, наприклад, вибухи. Доцент кафедри цивільного будівництва з Університету Міссурі, округ Колумбія, дослідник Сара Ортон, вважає, що використання вуглецевого армованого полімеру (CFRP), так званого вуглепластика, матеріалу, який здатний витримувати навантаження до 143 000 фунтів на квадратному дюймі, допоможе у зміцненні залізобетонних конструкцій будівель.

Боропластики – композиційні матеріали, що містять як наповнювач борні волокна, уведені в терморективну полімерну матрицю [21]. Отриманий матеріал володіє високими механічними властивостями. Борні волокна мають найбільшу міцність на стиск порівняно з волокнами інших матеріалів і характеризується великою стійкістю до агресивних умов. Висока крихкість матеріалу ускладнює його обробку, накладає обмеження на форму виробів із боропластиків. Застосування боропластиків обмежується високою вартістю виробництва борних волокон, тому вони використовуються насамперед в авіаційній і космічній техніці в деталях, що піддаються тривалим навантаженням в умовах агресивного середовища [31].

Текстоліти – шаруваті пластики, армовані тканинами із різних волокон [32]. Технологія отримання текстолітів була розроблена в 1920-х рр. на основі фенолформальдегідної смоли. Як наповнювач використовуються тканини із різних волокон – бавовняних, синтетичних, скляних, карбонових, азбестових, базальтових тощо. Проте їхня очевидна конструктивна анізотропія обмежує можливості застосування цих матеріалів. Існує наскільки різновидів текстоліту залежно від його характеристик і сфер застосування. Конструкційний текстоліт має дві марки – ПТ і ПТК. Вони характеризуються термостійкістю в межах від –40 до +105 градусів. ПТ текстоліт застосовується в механізмах, де немає великих навантажень. З нього виготовляються різні втулки, прокладки тощо. Він менш міцний, ніж ПТК.

Другий вид конструкційного текстоліту міцніший і може застосовуватися в механізмах із підвищеним навантаженням. З нього виготовляються втулки,

прокладки, кільця, шестерінки та інші деталі. Варто звернути увагу, що конструкційний текстоліт використовується тільки в механізмах. В електроніці він не застосовується. Другий різновидом є електротехнічний текстоліт.

Характеристики листового текстоліту досить високі. Порівняно з металом він зношується в три рази повільніше. Деякі різновиди можуть працювати тривалий час на 60 % від максимально допустимого навантаження. У порівнянні зі звичайним пластиком текстоліт має відмінну теплостійкість. Він може витримати температуру аж до 358 градусів, що недосяжно для звичайних полімерів.



Рисунок 1.3 – Текстоліт

Порівняно з металом текстоліт володіє більшою стійкістю до зносу й еластичністю. Деталі, виготовлений з текстоліту, матимуть значно більший термін експлуатації, ніж металеві.

Незважаючи на свою міцність, текстоліт відмінно піддається обробці. Його можна досить легко просвердлити, обрізати, шліфувати та піддавати іншим видам обробки. Відповідно до зазначеного вище, можна виокремити такі головні властивості текстоліту:

- застосування в багатьох сферах;
- мала вага, висока міцність і термостійкість;
- легко піддається обробці;
- прекрасні діелектричні властивості;

- безшумна робота механізмів із застосуванням втулок і підшипників із текстоліту;
- тривалий термін служби.

Склопластики – це ПКМ, армовані скляними волокнами, що утворюються зі розплаву неорганічного скла [25]. Як матрицю зазвичай застосовують термореактивні синтетичні смоли і термопластичні полімери. Використання склопластиків почалося в кінці Другої світової війни у виробництві обшивок для радіолокаційних установок. Це досить дешеві матеріали, їх широко використовують у радіоелектроніці, у виготовленні домашніх предметів, спортивного інвентарю, віконних рам для сучасних склопакетів тощо. Наповнювач зі склотканини покращує роботу конструкцій на розтягнення та вигин, проте вироби зі шаруватих матеріалів зазвичай мають порівняно невелику товщину. Найбільш прийнятними є матеріали із добре прогнозованими властивостями. Поведінка КМ із волокнистими наповнювачами у вигляді ниток, тканин тощо визначається розташуванням, інтенсивністю та концентрацією волокон, а це, зі свого боку, залежить від способу приготування вихідної суміші, її змішування та подальшої витримки під час твердження. Відомі дослідження, у яких оцінюється вплив нерівномірності розподілу армувальних речовин на властивості композитів [2, 6], показують серйозну залежність показників міцності матеріалу від цього розподілу. Ще одним важливим фактором виявляється анізотропія шаруватих КМ [27, 28] у тому разі, якщо потрібні високі показники за одним зі ступенів міцності: у разі натискання, розтягування або згину. У випадках використання склопластиків виключено хаотичне розташування волокон наповнювача та забезпечуються необхідні розрахункові характеристики лише в одному напрямі. Водночас композитні матеріали із порошкоподібними наповнювачами менш піддаються нерівномірному змішуванню, а їхні властивості виявляються практично ізотропними. Отже, не виключаючи можливості застосування інших видів КМ, найбільш цілеспрямованим під час створення об'єктів вважаються використання композитних матеріалів із полімерною або мінімальною матрицею та порошковими наповнювачами. Велика кількість домішок, їхні розміри та відсотковий вміст у ПОМ дає змогу створювати різноманітні за своїм властивостям вироби. Технологія виготовлення виробів зі склопластику дає можливість виготовляти конструкції будь-якої складності. Склопластики виробляються за допомогою методів, таких як: просочення, намотування, протягання та пряме друкування.

Головні фізико-механічні властивості склопластиків наведені в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Механічні властивості склопластиків

Показники	Значення показника для склопластиків на основі різних смол		
	Поліефірна	Епоксидна	Фенолформальдегідна
Густина, г/см ³	1,4–1,75	1,6–1,9	1,5–1,8
Міцність при розтягуванні, МПа	140–150	400–600	300–500
Міцність при статичному згині, МПа	150–500	400–800	200–600
Міцність при стиску, МПа	150–300	200–400	100–300
Модуль пружності при розтягненні, ГПа	11–25	22–32	18–25



Рисунок 1.4 – Арматурна склопластикова сітка 100 × 100 мм

Вироби зі склопластиків значно легше аналогів зі сталі, алюмінію, міді, титану або залізобетону, при цьому конструкції зі сталі потребують обов'язкового антикорозійного захисту, істотно збільшивши загальну вагу технологічного обладнання та трудомісткість його монтажу. Склопластики володіють властивостями, або такою їх комбінацією в одному матеріалі, яка дає змогу створювати конструкції з унікальними характеристиками, недоступними при використанні інших матеріалів. Фізичні властивості склопластика наведені у таблиці 1.9. Мала вага обладнання та конструкцій зі склопластиків дає змогу помітно зменшити трудовитрати під час монтажу, здійснити будівництво (реконструкцію) у мінімальні терміни, а також використовувати легші конструкції. Із зазначеного вище випливає, що склопластик характеризується високими фізико-механічними характеристиками. Використовуючи деякі смоли та певні види армуючих матеріалів, можна одержати склопластик за своїми властивостями, що перевершують усі сплави кольорових металів і сталі.

Таблиця 1.9 – Фізичні властивості склопластику

Властивості		Прояв властивостей
Корозійна стійкість	Електрохімічна	електрохімічна корозія відсутня, оскільки склопластик не проводить електричний струм
	Біологічна	біологічна корозія відсутня, оскільки відсутнє харчове середовище для мікроорганізмів, бактерій та грибів
Довговічність		понад 30 років
Теплопровідність		$\lambda = 0,2-0,4 \text{ Вт/ м}\cdot\text{К}^{\circ}$ (як у дерева)
Морозостійкість		більше 300 циклів
Ремонтопридатність		ремонт пошкоджених аварійних робіт проводиться без демонтажу конструкції в короткий термін

Механічні властивості склопластиків визначаються переважно характеристиками наповнювача та міцності зв'язку з ним, а також температури переробки та експлуатації склопластиків. Найбільшою міцністю характеризуються склопластики, які містять орієнтовані безперервні волокна. Такі склопластики підрозділяються на однонаправлені та перехресні; у склопластику першого типу волокна розташовані взаємно паралельно, у склопластику другого типу – під заданим кутом по предмету. Змінюючи орієнтацію волокон, можна у широких межах регулювати механічні властивості склопластиків. Склопластик володіє низкою переваг:

1. Порівняно з металами:

- а) менша у чотири рази питома вага при порівнянній міцності;
- б) корозійна стійкість до води, кислим, сольовим і лужним середовищам;
- в) повна відсутність електрокорозії;
- г) довговічність;

2. Порівняно із деревиною:

- а) низька токсичність газів, які виділяються під час горіння;
- б) більш висока міцність;
- в) відсутність гниття;

3. Порівняно з бетоном:

- а) менша питома вага;
- б) більш висока міцність;
- в) відсутність біологічної корозії.

Незважаючи на те, що найбільш екологічний матеріал є деревина, за іншими критеріями всього рішення склопластик є перспективним матеріалом.

1.4 Характеристика та вибір покрівельних матеріалів

До верхніх елементів даху, що захищають будинок від проникнення атмосферних опадів і механічних впливів належать покрівля, покрівельні матеріали та покриття. Покриття для покрівлі не тільки створює загальний вигляд будинку, але й найбільше зазнає впливу сонця, вологи та коливань температури. Тому вибір покрівельних матеріалів вимагає особливої уваги.

При виборі покрівельних матеріалів потрібно враховувати термін служби, експлуатаційні характеристики, естетичні властивості, вартість матеріалу, підготовчих робіт та монтажу. Тобто економічним показником при виборі покрівельного матеріалу є не вартість за одиницю площі конкретного покрівельного покриття, а сукупна вартість усіх робіт і матеріалів, що застосовуються при влаштуванні покрівлі. При цьому потрібно враховувати, що надійність і довговічність даху забезпечується якістю виконання робіт із монтажу всієї покрівельної системи [1].

На сьогодні у будівельних роботах використовують такі групи покрівельних матеріалів:

– бітумні матеріали – серед них рулонні, що не потребують попереднього нанесення мастики, такі, що просочені полімерними домішками, наливні покрівлі, що наносяться безпосередньо на основу методом запылення або забарвлення, бітумна черепиця (Шінглас) і полімерні мембрани;

– мінеральні матеріали – штучна кераміка;

– металева покрівля – єврочерепиця, різні профільовані листи з синтетичним напиленням;

– полімерні матеріали – єврошифер, композитна черепиця, полікарбонат і оргскло [5].

Показники покриттів наведені в таблиці 1.10.

Таблиця 1.10 – Рейтинг покрівельних матеріалів

Клас матеріалів	Матеріал	Ринкова частка	Частка в улаштуванні скатного даху
Рулонна покрівля	Бітумінозні матеріали	38,5	–
Покрівля з листових матеріалів	Оцинкований метал	10,3	16,8
	Металочерепиця	3,4	5,6
	Азбоцементні листи	44,4	72,2
	Єврошифер	2,8	4,5
Покрівлі із штучних матеріалів	Бітумна черепиця	0,1	0,8
	Керамічна черепиця	0,1	0,2

Металочерепиця – один з кращих сучасних універсальних покрівельних матеріалів (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Металочерепиця

Металочерепиця відрізняється надійністю, міцністю, стійкістю до атмосферних впливів, термін служби становить 60 років. Покрівля з металочерепиці легка, не горить і зручна в експлуатації, а при улаштуванні покрівлі ухил даху становить лише 14 градусів. Випускають металочерепицю різних кольорів, при цьому можна створювати найрізноманітніші дизайнерські форми покрівель із надійною системою кріплень. Важливою перевагою металочерепиці є її ремонтпридатність.

Виготовляють металочерепицю із оцинкованої або алюмооцинкованої сталі з полімерним покриттям, а іноді й із мідного листа. Металочерепиця належить до легких покриттів, вага одного квадратного метра становить 3,8–4,8 кг, що дає змогу раціональніше використовувати будівельні матеріали на всіх етапах будівництва, починаючи з фундаменту. Тому вартість металочерепиці варто розглядати в контексті загальних витрат на будівництво будинку.

Стандартна ширина листів металочерепиці становить 1,18 м (корисна 1,10 м), довжина – від 0,5 м до 8,0 м. Товщина листів сталі може бути різною та становить приблизно 0,4–0,5 мм. При цьому ціна може бути однаковою, але товстіший лист прослужить довше. У процесі виробництва нижню сторону листа металочерепиці захищають лаком завтовшки 7–10 мкм, а верхню – полімерним покриттям завтовшки 20–200 мкм. Як полімер можна застосовувати поліестер, але він має невелику механічну міцність, тому потребує дбайливого ставлення під час транспортування та монтажу. Більш міцним є полімер на основі поліуретану – пурал, який успішно витримує вплив льоду, снігу та нагрівання до 120 °С. Металочерепиця з поліуретановим покриттям стійка до хімічних впливів і легко забарвлюється під час ремонту.

Найміцнішим полімерним покриттям для металочерепиці є пластизол на основі полівінілхлориду (ПВХ). Це найтовстіше покриття (зазвичай 200 мкм), має гарну тиснену поверхню.

Серед недоліків металочерепиці можна виокремити гучність разі попадання на неї опадів і невисоку теплоізоляцію. Тому для тепло- та звукоізоляції під металочерепицю укладають листи мінеральної вати або іншого ізоляційного матеріалу.

На сучасному будівельному ринку позитивно зарекомендував себе *єврошифер – ондулін*. Він є недорогою альтернативою звичайному азбестоцементному шиферу. Ондулін від різних виробників сильно відрізняється за якістю. Якісний ондулін виробляють у Франції та Бельгії (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Зовнішній вигляд єврошиферу (ондулін)

У процесі виробництва ондуліна основа з органічних волокон насичується бітумом при високому тиску й температурі +12–14 °С, при цьому вона зміцнюється та стає водонепроникною.

Ондулін зберігає свої властивості в широкому діапазоні температур. Забарвлення ондуліна може бути різних кольорів (вісім стандартних кольорів). Ондулін не вигоряє від сонячних променів, є екологічно чистим матеріалом порівняно з азбестоцементним шифером, який містить азбест. Ондулін є гнучким покрівельним матеріалом, що дає можливість виконувати покрівлю складного профілю й полегшує ремонт старої покрівлі. Ондулін досить міцний і не схильний до розтріскування. Листи ондуліна розраховані на навантаження 250 кг/м², але при нагріванні він розм'якшується та ходити по ньому не бажано.

Випускають ондулін довжиною листів 2 000 мм, завширшки 950 (іноді 1 250 мм), завтовшки 2,4–3 мм. Маса одного листа становить 6–8,4 кг. Він належить до ремонтпридатних покриттів. Однак порівняно з металочерепицею

він поступається їй за міцністю та довговічністю (термін служби ондуліна становить у середньому 5–10 років) і він згоряє у разі пожежи.

Конструкційна покрівельна склотканина на сьогодні все частіше використовується як м'яке покриття дахів і є альтернативою руберойду та жорстким листам шиферу. Понад 60 % гнучких покриттів засновані на застосуванні склотканини. Склотканина, що виготовляється для виробництва м'яких покриттів, має високу міцність на розрив і на продавлювання (перфораційна міцність), вона спеціально просочується складами, що полегшують адгезію її з бітумом. Полегшення процесу насичення бітумом досягається шляхом текстурування – роздування ниток повітрям, через що тканина стає максимально «відкритою» і добре заповнюється в'язучою речовиною.

Крім цього, покрівельна склотканина має зберігати стабільність розмірів в процесі переробки і експлуатації, а також сталість форми на етапах зберігання та транспортування, для чого її просочують спеціальними складами. Такі покриття є абсолютно негорючими, вони чудово захищають від проникнення вологи, стійкі проти гниття. Основні характеристики таких тканин наведені в таблиці 1.11.

Таблиця 1.11 – Характеристики конструкційних склотканин

Характеристики	Види склотканини		
	СТП-120	СТП-160	СТП-190
Вага склотканини, г/м ²	120±10	160±10	190±10
Розривне навантаження по основі, Н(кгс), не менше	686 (70)	784 (80)	784 (80)
Ширина склотканини, см	100	100	100
Щільність ниток по утку, Н/10 см	24 + 1	20 + 1	22 + 1
Жорсткість (по утку) не менше, мНм	2,8	3,6	3,6

Якщо рулонні м'які покриття задовільні для плоских покрівель, то для каркасних дахових конструкцій необхідні міцні листові матеріали. Останнім часом листи шиферу з успіхом замінюються склопластиковими листами, плоскими і хвилястими, які створюються на основі рубленого склоровінга, що заливається поліефірною смолою. Такий матеріал витримує навантаження до 430 кг/м². У підготовлений матеріал додають барвники, що поліпшує його декоративність. Поверхню склопластикових листів обробляють поліетиленовою плівкою, що надає поверхні глянець і забезпечує захист матеріалу.



Рисунок 1.7 – Прозорий листовий шифер

Використовувати склопластикові листи для жорстких покрівель почали у середині минулого століття, але сучасний склопластик істотно відрізняється від свого попередника:

- замість епоксидної смоли використовується поліефірна, яка є дешевшою та стійкою до ультрафіолету;
- використання рубленого склоровінга з підвищеною адгезією до смоли дозволяє краще просочувати скловолокно без утворення пустот і відшаровування;
- спеціально створені фарбувальні домішки поліпшили декоративний вигляд покрівлі і не тьмяніють із часом, можливо також отримання прозорих листів;
- технологія виробництва відпрацьована і автоматизована, в результаті чого гарантується стабільна якість продукту.

Основною перевагою склопластикових листів є їхня мала вага, що спрощує роботи під час настилу дахів і дозволяє не створювати міцні підпокрівельні каркаси, а, отже, здешевлює будівництво, одночасно знижується вагове навантаження покрівлі на стіни будинку.

Керамопласт (тетон) – новий хімічно стійкий матеріал із високими фізико-механічними показниками. Основними матеріалами для його виготовлення служать глина і пластик.



Рисунок 1.8 – Унікальна покрівля зі керамопласта «Teton»

Барвник додають безпосередньо в готову суміш, забезпечуючи забарвлення майбутніх листів на всю їх глибину. Потім пофарбовану суміш заливають у форму і пресують під тиском у 500 т, надаючи поверхні хвилястий профіль, після чого швидко охолоджують. У наслідок цього вироби мають невелику товщину з міцною структурою та досить невеликою вагою. Виробники керамопласта випускають також вироби армовані сталеву сіткою, що ще більше збільшує міцність матеріалу. За допомогою цього доросла людина може спокійно пересуватися по даху, при цьому на поверхні не залишиться слідів і вм'ятин.

Керамопласт зберігає свої характеристики при різних температурних режимах експлуатації: узимку на ньому не виникає обмерзання, його можна використовувати при температурах від -60 до $+75$ °C. Склад матеріалу дозволяє йому витримувати понад 100 циклів перепаду температур.

Матеріал має високі звукоізоляційні й теплоізоляційні властивості, а термін збереження покрівлею міцності та герметичності становить 50 років. Його зручно транспортувати без дотримання особливих умов, легко монтувати, лист керамопласту легко розпилити традиційними інструментами, свердлити та згинати.

Керамопласт є екологічно безпечним матеріалом, тому найчастіше його застосовують у сучасному замиському будівництві, але він отримав позитивні відгуки й на металургійних об'єктах, бо показав високу стійкість до дії кислот та інших хімічних речовин.

1.5 Опоряджувальні матеріали з теплоізоляційними та акустичними властивостями

Теплоізоляційні та акустичні матеріали та вироби є матеріалами функціонального призначення. Перші з них призначені для теплової ізоляції, другі – для створення акустичного комфорту в будівлях. Об'єднання цих двох груп матеріалів в одній главі обумовлено тим, що вони мають багато спільного, починаючи з сировини та технології їхнього отримання і закінчуючи структурою та властивостями, наприклад високою пористістю та малою щільністю.

Теплоізоляційні та акустичні матеріали дають змогу не лише поліпшити експлуатаційні умови в будівлях, але й заощадити значну кількість матеріалів (цегли, цементу, деревини, металу), різко знизити масу конструкцій і загальні витрати на спорудження будівель, а також підвищити ступінь індустріалізації будівельних робіт. Поряд із деякою спільністю між теплоізоляційними і акустичними матеріалами є і істотна відмінність. Це стосується насамперед особливостей структури та специфічних властивостей, які обумовлюють функціональне застосування матеріалів.

Використовуючи сучасні теплоізоляційні матеріали у будівництві можна значно знизити масу конструкції, зменшити витрату будівельних матеріалів бетону, цегли, деревини.

Вибір будівельних матеріалів завжди залежить від:

- конкретних завдань;
- умов проведення робіт і експлуатації.

1.5.1 Теплоізоляційні матеріали

Щоб теплоізоляція давала необхідний ефект, необхідно правильно підібрати утеплювач, оскільки від цього досягаються такі переваги:

- скорочуються витрати на опалення будівлі шляхом підвищення температури внутрішньої поверхні зовнішнього огороження;
- ліквідуються протяги;
- забезпечується приємний і здоровий мікроклімат у приміщенні за допомогою рівномірності температури.

Теплоізоляційні матеріали поділяються на кілька великих груп:

- мінераловатні;
- скловатні та скловолокнисті;

- газонаповнені полімери (пінопласти): полістирольні й пінополістирольні, поліуретанові та пінополіуретанові, поліетиленові, поліефірні та з фенольної піни;
- модифіковані бетони: газобетон і пінобетон;
- із натуральних матеріалів і продуктів їхнього перероблення.

Із усіх речовин, поширених у природі, найменш теплопровідним є повітря, особливо якщо він нерухомий. Потрібно пам'ятати, що речовини, що мають порівняно простий хімічний склад, більш теплопровідні, ніж речовини складного складу, а при близькому хімічному складі меншою теплопровідністю володіють речовини змішаного або аморфного, а не кристалічної будови (рис. 1.9).

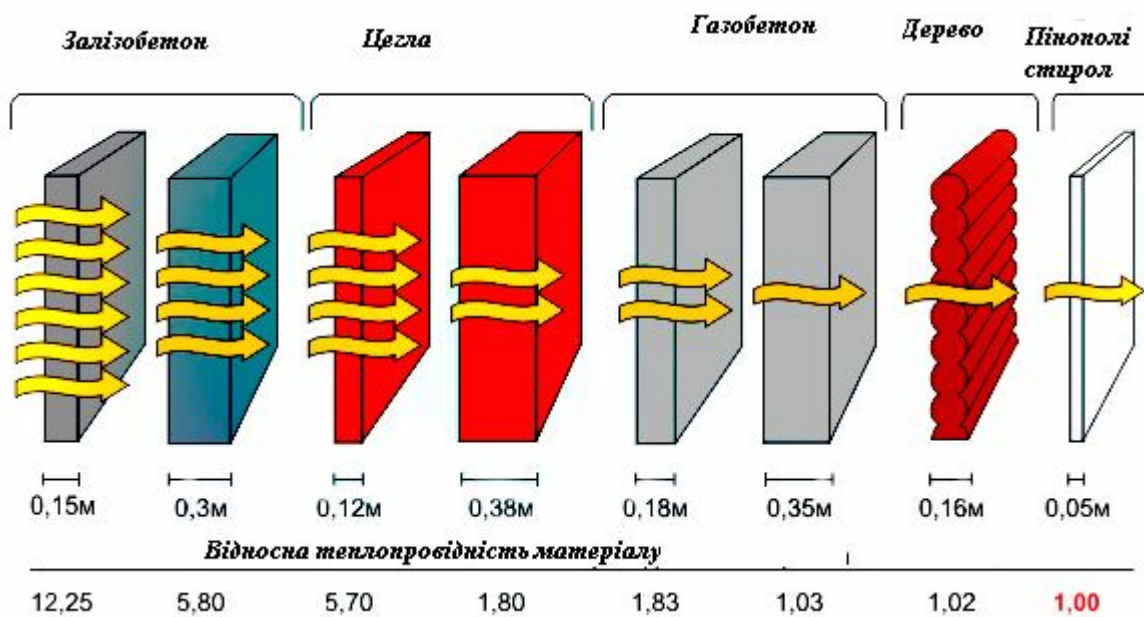


Рисунок 1.9 – Теплопровідність будівельних матеріалів

Теплоізоляційні матеріали, в основному, є місцевими будівельними матеріалами. Їх не вигідно перевозити на далекі відстані, тому що внаслідок їх малої середньої густини не використовується повністю вантажопідйомність транспортних засобів. Найкращі теплоізоляційні властивості мають матеріали із рівномірно розподіленими дрібними замкнутими порами. На величину теплопровідності пористих матеріалів впливають густина матеріалу, вид, розміри і розташування пір, хімічний склад і молекулярна структура твердих складових частин, коефіцієнт випромінювання поверхонь, що обмежують пори, вид і тиск газу, що заповнює пори. Однак переважний вплив на величину теплопровідності мають його температура та вологість.

Теплопровідність матеріалів зростає з підвищенням температури, однак, набагато більший вплив в умовах експлуатації надає вологість.

Міцність теплоізоляційних матеріалів залежить від структури, міцності його твердої складової (остову) і пористості. Жорсткий матеріал із дрібними порами більш міцний, ніж матеріал із великими нерівномірними порами. Міцність теплоізоляційних матеріалів, які можуть застосовуватися для утеплення скатних дахів, не нормується, оскільки теплоізоляція укладається в обрешітку і не несе навантаження від покрівлі.

На довговічність конструкції покриття впливають також хімічна стійкість теплоізоляційного матеріалу (це, як правило, слід враховувати при виборі матеріалів для утеплення покриттів виробничих будівель) і його біологічна стійкість.

Теплоізоляційний матеріал для застосування в покриттях вибирається з урахуванням його горючості, здатності до димоутворення і можливості виділення токсичних газів при горінні. Вибір теплоізоляційного матеріалу залежно від типу покрівельного покриття визначається з урахуванням вимог ДБН на покрівлі, пожежну безпеку тощо.

Теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам ДГН 6.6.1.-6.5.001, ДБН В.1.4-0.01, ДБН В.1.4-0.02, ДБН В.1.4-1.01, ДБН В.1.4-2.01 та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України. Конструкції теплоізоляційної оболонки будинків повинні відповідати вимогам пожежної безпеки за ДБН В.1.1-7.

Теплоізоляційні матеріали класифікують:

- за об'ємною масою в сухому стані ($\text{кг}/\text{м}^3$) – на марки 15, 23, 35, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600 і 700;
- за формою – на формовані (листи, плити, мати, рулони, шкаралупи, сегменти, цегла, блоки) і безформних (засипки, набивання, штукатурки т.д.);
- за особливістю будови – на жорсткі (плити, камені, цегла, шкаралупи, сегменти), гнучкі (мати, напівжорсткі плити, шнури, джути, листи, рулони) і рихлі (волокнисті, зернисті, порошкоподібні);
- за галуззю застосування – на ізоляційно-будівельні, що використовуються для утеплення конструкцій будівель та інших захисних споруд, ізоляційно-монтажні – для теплової ізоляції промислового устаткування та трубопроводів.

Розрізняють також теплоізоляційні матеріали на:

- неспалимі матеріали, що під дією вогню або високої температури не горять, не тліють та не обвуглюються;
- важкозаймисті, які під дією вогню та високої температури важко займаються, тліють або обвуглюються та продовжують горіти чи тліти лише за

наявності теплового джерела (після його видалення горіння або тління припиняється);

– спалимі й такі, що продовжують горіти та після видалення теплового джерела під впливом вогню або високої температури займання.

Проектування теплоізоляційної оболонки будинків потрібно здійснювати із застосуванням теплоізоляційних матеріалів, термін ефективної експлуатації яких становить не менше ніж 25 років; для змінних ущільнювачів – із терміном ефективної експлуатації не менше ніж 15 років, із забезпеченням ремонтпридатності елементів теплоізоляційної оболонки. Якості, які повинні мати теплоізоляційні матеріали:

- високі теплоізоляційні характеристики;
- невелика вага;
- висока паропроникність;
- добре піддаватися обробці;
- бути негорючими та довговічними;
- екологічно безпечними;
- невисока вартість.

Універсальних утеплювачів поки що не існує, однак під час порівняння їхніх властивостей можна вибрати матеріал для кожного окремого випадку. Характеристики найважливіших утеплювачів наведені в таблиці 1.12. Далі розглянуті найпопулярніші та затребувані утеплювачі для стін будівель.

Пінополістирол – найпопулярніший серед утеплювачів матеріал виробляють зі спіненого полістиролу, який особливим чином пресують і виробляють екструдовану форму. Від пінопласту він відрізняється тільки структурою осередків і густиною, склад у них ідентичний.

Як видно з таблиці 1.13, пінополістирол є ефективним, легким і досить міцним матеріалом. При цьому у нього невелика вартість, а монтаж – простий і зручний. Пінополістирол випускають у плитах стандартного розміру, тому можна легко підрахувати, скільки утеплювача потрібно на будинок, виходячи з площі поверхні стін. До головних переваг пінополістиролу належать:

- дуже низький коефіцієнт теплопровідності;
- низька густина, що робить навантаження на стіни та інші конструкції мінімальним;
- висока міцність, що дає змогу монтувати пінополістирол на фасади без захисних конструкцій і панелей;
- випускається в стандартних плитах, які зручно монтувати, що є важливим для визначення витрат і необхідної кількості матеріалу;
- стійкий до вологи, вбирає вкрай малу її кількість і не потребує пароізоляції;

– хімічно інертний до розчинів солей, лугів і слабких кислот, успішно опирається впливу атмосферних хімічно активних сполук;

– біологічна стійкість до мікрофлори, грибів, цвілі, комах та інших шкідників. Може псуватися мишами, але у разі фасадного розташування це не має значення;

– термін ефективної експлуатації при правильному монтажі становить близько 50 років. Потрібно мати на увазі, що за умови підвищення температури вище 80 °С пінополістирол і пінопласт починають виділяти отруйні продукти окислення.

Таблиця 1.12 – Властивості теплоізоляційних матеріалів

Матеріал		Густина, кг/м ³	Мінімальний шар, см	Група за тепло- провідністю	Група за гігро- скопичністю
Насипний	Шлак	1 000	30	А	Б
	Керамзит	500	20	Б	Г
	Склопор	15–120	10	Г	А
	Перліт	40–100	10	Д	А
	Вермікуліт	40–100	10	Д	А
	Базальтове волокно	130	15	Г	Б
Рулонний	Скловата	15–175	10–15	Г	Б
	Мінвата	35–125	10–15	Г	Б
	Мати прошивні	75–150	10–15	Г	Б
	Ізовер	35–125	10–15	Г	Б
	Пінофол	60–70	5	Г	В
	Пінополістирол	30–40	10	Д	В
	Пінополіуретан	30–60	10	Д	В
Плити	Пінопласт	35–50	10	Д	В
	Міпора	25–40	10	Д	В
	3 мінвати	75–250	10–15	Г	Б
	ДВП	250	1,5–3	Б	А
Піноблоки	Керамзитобетон	1000	40	А	В
	Пінобетон	600	25	Б	Б
	Газобетон	400–800	20–40	Б	Б
	Газосилікат	400–800	20–40	Б	Б
*) Позначення: А – дуже висока; Б – висока; В – середня; Г – низька; Д – дуже низька.					

Таблиця 1.13 – Властивості пінополістиролу

Характеристики	Показники
Густина, кг/м ³	25–60
Теплопровідність, Вт/м · °С	0,018–0,032
Паропроникність, мг/м · год · Па	0,013–0,018
Міцність, МПа	0,20–0,40
Максимальна робоча температура, °С	65–75

Під час вибору такого матеріалу та способу його монтажу варто пам'ятати про заходи протипожежної безпеки. Із метою підвищення пожежостійкості плити із екструзійного пінополістиролу, призначені для утеплення будівель, повинні тинькуватися, що підвищує їхню стійкість до горіння.

Пінополістирол має низький коефіцієнт паропроникності практично на рівні бетону, або у два рази менше цегляної кладки. Існує думка, що через це стіна перестає «дихати», і всередині приміщення створюється не комфортний мікроклімат. Але це не так, оскільки мікроклімат усередині приміщення повинен підтримуватися внутрішньою системою вентиляції, а пінопласт є своєрідним паробар'єром, що виключає можливість внутрішньої конденсації вологи. І в цьому скоріше його перевага.

Пінополістирол пружніший і стійкіший до механічних впливів матеріал, тому його зручно різати, шліфувати. З пінополістиролу виготовляються декоративні елементи. Плити з екструзійного пінополістиролу можуть бути використані для утеплення інверсійних (перевернутих) плоских покриттів, для зовнішньої теплоізоляції стін, для теплоізоляції підземних частин будівель, фундаментів, стін підвалів, де використання багатьох інших утеплювачів неможливо через капілярне підймання ґрунтових вод. Завдяки низьким стабільним теплотехнічним показникам, цей матеріал ефективно застосовують у місцях, де утворюються так звані «містки холоду». Це насамперед місця стику огорожувальних конструкцій із перекриттями та балками, які особливо потребують ефективного теплозахисту.

Пінополістирол приблизно в 3–4 рази дешевше, ніж мінеральна вата. Приблизна ціна матеріалів становить 25–35 грн. за 1 м². Пінополістирольні плити мають стандартні розміри: 1 000×1 000; 1 000×2 000; 1 200×600 мм. Товщина плит – 30–200 мм (крок 10 мм). Плитні утеплювачі упаковані у пачки, згідно зі специфікацією, у поліетиленову термозсідну плівку (рис. 1.10).

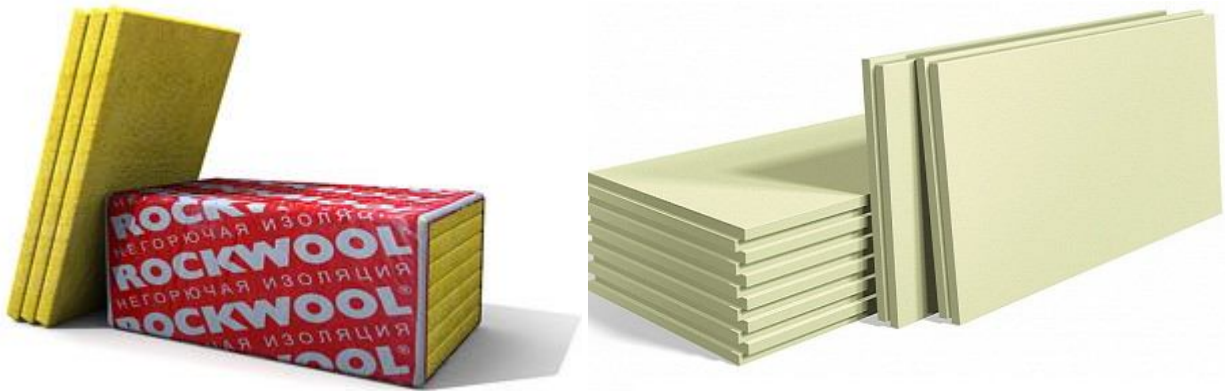


Рисунок 1.10 – Зовнішній вигляд плитних утеплювачів

Мінеральна вата

Наступний за популярністю утеплювач для будівельних конструкцій – це мінеральна вата. Існує декілька різновидів цього матеріалу: скловата, базальтова вата та шлаковата. Також відомі природні утеплювачі для дому на основі натуральної целюлози – це так звана ековата. Для прикладу розглянемо кам'яну або базальтову вату, бо цей утеплювач набирає популярності та є затребуваним. Цьому матеріалу властиві такі характеристики:

- густина – 35–200 кг/м³;
- теплопровідність – 0,036–0,06 Вт/м · °С;
- паропроникність – 0,4–0,6 мг/м · год · Па ;
- міцність – 0,02 МПа;
- максимальна робоча температура – 250–700 °С.

Серед переваг і недоліків мінеральної вати варто виокремити:

- порівняно високі для волокнистих матеріалів густина та міцність дають змогу формувати вату у вигляді плит, які позбавлені усадки;
- висока проникність утеплювача дозволяє створювати комфортну теплоізоляцію, при якій стіни та інші будівельні конструкції не втрачають здатність до газообміну та продовжують «дихати»;
- відмінні протипожежні якості дають змогу використовувати мінеральну вату не тільки для внутрішньої та зовнішньої обробки стін, але й для теплоізоляції димоходів, печей, котлів і камінів;
- висока паропроникність потребує наявності пароізоляційних мембран або гідроізоляції;
- волокниста структура матеріалу припускає застосування захисних покриттів і панелей.

Мінвата є повністю негорючим матеріалом і витримує температуру до 1 000 °С.

Мінеральна вата має високий коефіцієнт паропроникності, тобто «дихати», тому під час монтажу системи на мінеральній ваті необхідно застосовувати спеціальні клеї, штукатурки та фарби з таким самим коефіцієнтом паропроникності. Роботи повинні виконувати фахівці високої кваліфікації, які повністю забезпечать монолітність верхнього штукатурного шару системи і ретельно виконують різні переходи та прилягання до отворів. Будь-яке порушення товщини шару або наявність зазорів призведе до псування системи та погіршення термоізоляції.

У пінополістиролу паропроникність – 0,05, у мінваті – 0,3–0,5, тому мінвата в 6–10 разів краще пропускає водяну пару. Водночас, коли ці теплоізолятори працюють у системі утеплення, то загальна паропроникність обмежується тим шаром матеріалу, який має найменшу паропроникність і при порівнянні паропроникності утеплювачів вона не істотно розрізняється. Приблизна ціна матеріалів 50–70 грн на 1 м².

Перліт – це теплоізоляційний матеріал, який є безпечним для застосування в житлових приміщеннях, відповідає сучасним нормам пожежної безпеки, не горить, довговічний, не вимагає попереднього вирівнювання основи, екологічно чистий, повністю відсутні шкідливі хімічні елементи, не спричиняє алергійних реакцій, подразнення шкіри, має високе проникнення пари, що дозволяє стінам «дихати», абсолютно стійкий до комах і гризунів, не гниє, стабільний до перепадів температур.

На сьогодні існують види теплоізоляційних матеріалів на основі спученого перліту:

- жорсткі перлітоцементні й керамоперлітові вироби,
- монолітний перлітобітум;
- засипна ізоляція зі спученого перлітового піску;
- високотемпературні перлітові вироби (обпалювальний легковаг, керамоперліт, керамоперлітофосфат використовуються при температурах 700, 900 і 1 150 °С).

Високотемпературні перлітові вироби призначені для футерування реакторів, для турбін і трубопроводів високих параметрів, теплоізоляції промислових печей. Для теплоізоляції енергообладнання застосовують переважно перлітовий легковаг, що при високих температурах не лише не дає усадки, але і трохи розширюється.

Бітумоперліт в моноліті використовують для гідротеплоізоляції покриттів житлових і промислових будівель, а також при безканалній прокладці теплотрас. Приблизна ціна матеріалів 35–45 грн. на 1 м².

Пінополіуретан – це різновид газонаповнених пластмас (пінопластів), структура яких є чарунки, наповнені повітрям. Під час нанесення на поверхню дана речовина спінюється, утворюючи однорідний шар теплоізоляційного матеріалу. Ізоляція на основі пінополіуретану (ППУ) має хороші теплоізоляційні властивості й високу адгезію. Її під тиском напилюють практично на будь-які будівельні матеріали будь-якої конфігурації: метал, бетон, цеглу, скло, шифер тощо. На сьогоднішні напилюваний пінополіуретан – це найсучасніша й ефективна тепло-, паро-, гідро- та звукоізоляція, що використовується безпосередньо на місці проведення робіт. Пінополіуретан не схильний до дії грибків і вогкості, добре зберігається при будь-яких температурах, не горить, не виділяє шкідливих речовин і алергенів. Він біологічно нейтральний і безпечний для здоров'я.

Пінополіуретан наноситься шарами завтовшки 10–15 мм і твердне протягом 3–20 сек при температурі для проведення робіт із напилювання від +10 до 0 °С. Щільність одержуваного покриття має діапазон 30–200 кг/м³. Напилення пінополіуретану не вимагає підготування поверхні й наноситься на поверхню з будь-якою геометрією. Сам процес безперервного напилення призводить до утворення безшовного, ізолювального покриття будь-якої товщини. При цьому відпадає необхідність кріплення, що економить час і забезпечує покриття без «містків холоду».

Завдяки особливій монолітній структурі забезпечується високий рівень теплоізоляції та шумоізоляції (коефіцієнт теплопровідності ППУ становить всього лише 0,02 Вт/м · К), що дає змогу знизити товщину шару, що утеплює (50 мм ППУ замінює 150 мм мінеральної вати). Розрахунки ефективності його застосування показують більш ніж дворазову економію порівняно з іншими технологіями утеплення будівель. Крім того, використання легкого пінополіуретану дозволяє значно знизити навантаження на несучі конструкції будівлі. Термін служби такого покриття становить 25–30 і більше років.

Поліуретанова піна використовується у тих випадках, коли потрібна невелика за обсягом теплоізоляція. До її переваг належить простота використання, можливість заповнювати щілини, має властивості парового бар'єру. Серед недоліків поліуретанових пін виокремлюють займистість та виділення токсичних речовин під час горіння, необхідність захисту від сонячного світла та розчинників, а також вміст потенційно небезпечних речовин.

Термопанелі панелі виробляють на основі пінополістиролу й облицювальної клінкерної плитки, яка імітує цегляну кладку. Головна перевага цього утеплювача полягає в тому, що він має всі переваги пінополістиролу, але при цьому не потребує штукатурення, армування та фарбування. Крім того,

фасад набуває вигляду стіни з високоякісного облицювальної цегли з геометрично ідеальної кладкою. Це хороший варіант: довговічний, ефективний, красивий і міцний.

Поліетилен має низьку густину. Такий матеріал виготовляється за спеціальною технологією, що надає йому підвищену стійкість до впливу будівельних матеріалів. З переваг такого утеплювача варто відзначити його високу екологічність, а ще те, що процес горіння не підтримується.

Таку теплоізоляцію потрібно робити, коли мова йде про утеплення таких елементів будівель, як покрівлю та стіни, лазня та сауна, вентиляція, каналізація, двері. Варто зазначити й те, що монтаж такого матеріалу не є складною справою.

Різновидом матеріалів на основі поліетилену є *пінофольгований утеплювач*, який становить шар піни з поліетилену, з обох боків затиснутий алюмінієвою фольгою. Такий утеплювач важить мало, ступінь теплопровідності низька. Монтувати такий матеріал дуже просто – до стін його потрібно кріпити за допомогою степлера. Недоліком є абсолютна паро- та газонепроникність, тобто приміщення, утеплене цим матеріалом, перестає «дихати» і його необхідно періодично провітрювати.

Коефіцієнт теплопровідності цього матеріалу дорівнює $0,027 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, що майже у 1,5 рази менше, ніж у скляних і базальтових утеплювачів. Крім того, варто відзначити високу термостійкість цього матеріалу, приблизно $400 \text{ }^\circ\text{C}$. Тому його зазвичай використовують для влаштування термоізоляційних швів під час будівництва камінів і печей. На відміну від звичайних теплоізоляційних матеріалів фольгований утеплювач може працювати у хімічно агресивних середовищах, оскільки він вироблений з інертних матеріалів (звичайний пісок і полірований алюміній).

Цей тип утеплювача рекомендується застосовувати у цивільному та промисловому будівництві. Особливу популярність фольгована вата отримала як теплоізолятор інженерних комунікацій. Давно доведено, що теплоізоляційні властивості фольгованого утеплювача набагато вище, ніж звичайного.

Через свої високі теплоізоляційні та експлуатаційні властивості фольговані утеплювачі отримали широке застосування і в приватному будівництві. Їх зазвичай використовують для теплоізоляції водопроводів, теплопроводів і централізованих систем кондиціонування. Віднедавна такий тип утеплювача став популярним при утепленні зовнішніх стін за системою «вентфасад», бо через наявність щільного відбиваного шару, більше немає необхідності улаштування вітрозахисного шару.

Утеплювачі на основі деревини

В утепленні будинків усе частіше використовуються торфодеревні блоки, головна перевага яких полягає в їхній екологічності (рис. 1.11).



Рисунок 1.11 – Блоки на основі деревини

До теплоізоляційних матеріалів із натуральної сировини належить «Софтборд» – це екологічно чистий матеріал із властивостями деревини виготовлений із волокон хвойних порід без в'язучого. Має невеликий коефіцієнт теплопровідності в сухому стані – $0,047 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$. Плити випускають завтовшки 5,5–25 мм, але у разі потреби вони в умовах заводу можуть бути склеєні завтовшки до 200 мм.

Серед переваг слід парто зазначити такі показники:

- стійкість до впливу хімічних речовин;
- паропроникність, яку вона забезпечує, не даючи можливості конденсату зібратися на поверхнях і не створюючи передумов для утворення грибка;
- невисока густина (близько 60 кг/м^3), що полегшує монтаж утеплювача через його невелику масу;
- питома теплоємність, що перевищує теплоємність мінеральної вати у два рази;
- низька теплопровідність, забезпечена пористістю матеріалу;
- висока вогнестійкість, заснована на застосуванні у виробництві антипіренів;
- тривалий термін служби.

Однак такий матеріал згоряє, тому може експлуатуватися при температурі до $100 \text{ }^\circ\text{C}$. Під час використання плит «Софтборд» у будівельних конструкціях їх необхідно захищати шаром негорючого матеріалу, наприклад, штукатурки завтовшки 8–12 мм і більше, або облицюванням фасаду цеглою. Додатково в рівні перекриттів необхідно влаштувати горизонтальні розтини із мінеральної

плити завширшки 15 см і більше на товщину шару теплоізоляції. В обрамленні віконних і дверних прорізів також потрібно передбачати захисний шар з негорючих матеріалів завтовшки на 40–50 % більше, ніж товщина захисного шару на фасаді (за винятком випадку облицювання фасаду цеглою). Такий самий захист потрібен у місцях проходження інженерних комунікацій крізь зовнішню стіну.

Піноскло

Це унікальний теплоізоляційний матеріал, що складається на 100 % з скляних чарунків. За походженням це неорганічний утеплювач, який виробляють із кварцового піску, скляного бою та кам'яного вугілля, подрібненого в порошок. У процесі випалювання відбувається розм'якшення часток скляного порошку та його спікання, а гази, що виділяються при згорянні й розкладанні вугілля, спучують в'язку скломасу. У наслідок цього утворюється легкий матеріал із закритими порами, що забезпечує його повну водо- та паронепроникність. Завдяки цим якостям немає необхідності у застосуванні пароізоляційних плівок і гарантована стабільність теплоізоляційних властивостей у процесі експлуатації.



Рисунок 1.12 – Піноскло

Піноскло належить до групи негорючих матеріалів і має необмежений термін служби, протягом якого зберігаються його теплоізоляційні властивості. Хімічний склад матеріалу забезпечує його захист від гризунів, комах, бактерій, лишайників і мохів. Він стійкий до дії кислот і оберігає від корозії сусідні з ним

матеріали. З позиції екологічної безпеки – це винятково чистий матеріал, який не містить фенолформальдегідних та інших шкідливих сполучень.

На сьогодні піноскло є найміцнішим з усіх ефективних теплоізоляційних матеріалів. Цей показник дуже важливий, оскільки чим міцніше матеріал, тим менше він схильний до стиснення під впливом навантаження. Водночас стиснення теплоізоляційного матеріалу призводить до збільшення його теплопровідності та зниження теплозахисних властивостей конструкції. Цей матеріал не вбирає вологу і не пропускає її. У разі пошкодження гідроізоляції не допускає поширення води, як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямку.

Веред виробів із піноскла поширені теплоізоляційні блоки завтовшки 30, 40, 50, 60, 80, 100 і 120 мм із розмірами сторін 400×475 ; 475×200 ; 400×250 ; 400×200 ; 400×125 і 250×200 мм. Коефіцієнт теплопровідності – не менше $0,076 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$, густина – не більше 180 кг/м^3 ; межа міцності на стиск – не менше $0,7 \text{ МПа}$.

Ізоляція зі спіненого скла використовується в широкому діапазоні температур від -260 °C до $+730 \text{ °C}$ і належить до класу вогнестійкості А1 (вогнетривкі матеріали). Вироби витримують до 50 циклів заморожування та відтавання. Піноскло можна переробляти: старі плити подрібнюють, а отриманий порошок використовують для теплоізоляції дахів й інших плоских горизонтальних поверхонь.

Матеріал дуже технологічний – легко обробляється звичайним столярним інструментом. Укладання плит здійснюється на горизонтальні й вертикальні бетонні, металеві та дерев'яні поверхні. Зв'язується і склеюється будівельними сумішами, бітумом або клеєм будь-якого типу, може кріпитися механічно. За умови дотримання технології монтажу піноскло забезпечує повну однорідність ізоляції та відсутність температурних «містків холоду». У разі механічного пошкодження теплоізоляційного шару потрібна заміна тільки пошкодженої ділянки, а не всієї ізоляції, що значно здешевлює ремонт.

Пористе скло широко використовується для теплоізоляції різних типів покрівлі, підлог і стель, фасадів нових і реконструйованих будівель, під час будівництва будівель і споруд з підвищеною вологістю (наприклад, басейнів, саун).

Полістиролбетон

Під час енергетичної кризи теплоізоляція полістиролбетоном вийшла на перше місце, як оптимальний, економічний вид утеплювача для утеплення покрівлі, підлоги, міжповерхових перекриттів, теплоізоляції профнастилу.



Рисунок 1.13 – Полістиролбетон

Полістиролбетон – представник класу легких бетонів, до складу якого входить портландцемент, кварцовий пісок, теплоізоляційний заповнювач – полістирольні гранули, а також модифікувальні домішки (прискорювачі тужавлення, пластифікатори тощо).

Бетон захищає полістирольні гранули від вогню й атмосферних впливів, полістирол надає бетону легкість і теплоізоляційні властивості. Переваги полістиролбетону:

- низька теплопровідність порівняно з традиційними видами конструкційних матеріалів (силікатна цегла, керамічна цегла, залізобетон, керамзитобетон, пінобетон (піноблок), газобетон (газоблок), деревина);
- низька вартість порівняно з іншими утеплювачами;
- значне зниження матеріаломісткості;
- мурування ведеться на клейовій основі, що дає змогу отримати міжблочний шов не більше 2–3 мм і уникнути утворення «містків холоду»;
- великорозмірні блоки спрощують укладання стін (один блок замінює сімнадцять штук цегли та важить не більше 22 кг, швидкість зведення зростає при цьому в 10 разів порівняно з цегляною кладкою);
- не потрібне використання важкої вантажопідйомної техніки під час будівництва будинку;
- висока технологічність будівництва – блоки з полістиролбетону легко пиляються, гвоздяться, штробляться (надання будь-якої геометричної форми, улаштування каналів для прихованої проводки);
- економія корисної площі приміщення за допомогою мінімальної товщини зовнішніх стін;

– можлива будь-яка обробка поверхні, наприклад: тинькування, шпаклювання, нанесення фактурних поверхонь, обкладання облицювальною цеглою, керамічною плиткою підлоги тощо;

– полістиролбетон характеризується високою морозостійкістю. Застосовується в температурному діапазоні від мінус 60 °С до + 70 °С);

– легкість полістиролбетону дає змогу значно знизити навантаження на фундамент;

– зниження вартості 1 м² стіни порівняно з іншими технічними рішеннями з аналогічним значенням опору теплопередачі (наприклад, щодо варіанта з пінобетоном – дешевше принаймі на 20 %);

– полістиролбетон не схильний до гниття, бо не є живильним середовищем для мікроорганізмів і грибків), не приваблює гризунів;

– довговічність полістиролбетону понад 100 років;

– прекрасна шумоізоляція покрівлі, підлоги;

– низька експлуатаційна вологість (у межах 4–8 % за масою) і мала величина усадки, (не перевищує 1 мм/м), що дає змогу матеріалу зберігати низькі значення теплопровідності й в умовах підвищеної вологості підлоги та покрівлі;

– гідрофобність (не схильність вбирати вологу з навколишнього середовища) при збереженні паропроникності (марка Д 400 – 0,085 мг/м · год · Па, марка Д 500 – 0,075 мг/м · год · Па);

– стіни з полістиролбетонних блоків не перешкоджають повітрообміну, тобто, здатні «дихати», а завдяки високій паропроникності – регулювати вологість повітря. У наслідок цього у внутрішніх приміщеннях встановлюється сприятливий мікроклімат, близький до мікроклімату дерев'яних будинків;

– зберігає тепло взимку та прохолоду влітку (узимку будинок площею 100 м² із вимкненим опаленням за добу остигає в середньому на 1 °С);

– полістиролбетон негорючий;

– екологічно та гігієнічно безпечний. За ефективної сумарної питомої активності радіонуклідів у сировинних матеріалах полістиролбетону згідно з ДБН Ст. 1.4–1.01 не перевищує 370 Бк/кг і належить до 1 класу використання.

Переваги полістиролбетону порівняно з базальтовою теплоізоляцією мінераловатними плитами:

– значно знижена трудомісткість укладання теплоізоляції (на 25–30 %);

– полістиролбетон має практично постійне розрахункове масове співвідношення води від 4 % до 8 %, тоді у разі збільшення вмісту води в базальтовій мінеральній ваті всього на 1 % її теплоізолювальна здатність зменшується майже на 20 %;

– істотно кращі санітарно-гігієнічні умови експлуатації приміщення через сприятливіші умови вологомасопереноса через огороджувальну конструкцію з полістиролбетону, вище комфортність приміщення;

– надійність і довговічність теплоізоляції покрівлі, підлоги вище в 2–4 рази;

– полістиролбетон, у разі влаштування теплоізоляції покрівлі, теплоізоляції підлоги є екологічно чистим матеріалом, на відміну від мінеральної вати, в якій із плином часу (якщо немає вентилязованого прошарку) з'являються цвіль. Мінеральна вата оксидує, розпадається та осідає, або переходить у пил, небезпечний для здоров'я людини (особливо для дітей);

– міцність на стиск у полістиролбетону набагато більше, ніж у мінеральної вати, яка потребує захисного шару (наприклад, полістиролбетон без деформації може витримати навантаження більше $1\ 000\ \text{кг/м}^2$, а мінвата витримує від 3 кг до $40\ \text{кг/м}^2$);

– цемент у полістиролбетоні (у кількості $200\ \text{кг/м}^3$) захищає арматуру від корозії, у мінеральній ваті, схильній до яскраво вираженої здатності вбирання вологи, розчиняються солі, що утворюють розчини особливо агресивні для металу, і тому поверхню металу, який перебуває у контакті з мінеральною ватою необхідно ретельно захищати антикорозійним покриттям;

– здешевлення у разі влаштування покрівлі полістиролбетоном можливе під час гідроізоляції. Надійну гідроізоляцію мінеральної вати може забезпечити лише дорога мембрана, а для полістиролбетону досить наплавлення руберойду;

– досвід експлуатації та влаштування дахів, утеплених мінераловатою, вказує на її неминучу усадку, тому в проекти закладається завищена товщина 150–200 мм. Полістиролбетон практично не має усадки та дає змогу укладати 100 мм завтовшки, що на 50–60 % дешевше порівняно з мінераловатними плитами.

Переваги полістиролбетону порівняно з пінобетоном:

– відношення вологи в умовах експлуатації в полістиролбетоні нижче у 5 разів, ніж у пінобетоні. Цим пояснюється відсутність мікроорганізмів (цвілі) усередині конструкцій із полістиролбетону;

– конструкція чи стяжка з полістиролбетону тепліше на $0,015\ \text{Вт/м} \cdot \text{К}$, ніж конструкція з дерева (у разі однакової товщини стін, підлоги), тобто на 10 %, не кажучи вже про конструкції з пінобетону;

– за морозостійкістю полістиролбетон вище на 50 %, ніж пінобетон тієї самої марки; при рівних марках стінові блоки та стяжки підлоги з полістиролбетону міцніше пінобетонних на 20 %; полістиролбетонні стінові блоки добре працюють на розтяг, на відміну від пінобетонних блоків;

– на відміну від пінобетону, полістиролбетон стійкий до впливу розчинників, бензину, масел, слабких розчинів кислот і лугів, які можуть проливатися на підлогу, наприклад, в автомайстернях або в цеху.

Особливою популярністю серед будівельників і проектувальників останнім часом стала користуватися технологія утеплення за допомогою полістиролбетону підлог і міжповерхових перекриттів. Щоб підлога вийшла «теплою», достатньо товщини шару полістиролбетону всього в 5 см, що покращує також і шумоізоляцію. Полістиролбетон грає при цьому практично ту саму роль, що й цементно-піщана стяжка – на його поверхню можна відразу укладати кахель і керамічний граніт. На сьогодні полістиролбетон упевнено конкурує з іншими утеплювальними матеріалами при улаштуванні підлог. Особливо важлива та його особливість, що більше немає необхідності в укладанні пароізоляції.

Рідка теплоізоляція (ТСМ Керамік)

ТСМ керамічний – це теплоізоляційний матеріал із мікроскопічних пустотілих керамічних кульок, занурених у рідку композицію. Суспензія складається із синтетичного каучуку, акрилових полімерів та неорганічних пігментів. Крім головних компонентів, утеплювач містить спеціальні присадки, які запобігають прояву корозії (якщо поверхня металева) і розмноження грибків-микроміцетов (цвілі) в умовах вогкості. Подібний склад надає матеріалу легкість, гнучкість, гарну розтяжність, хорошу адгезію до поверхонь, на які його наносять. Рідкі утеплювачі за консистенцією схожі на звичайну фарбу. Матеріал має високі теплоізоляційні та експлуатаційні властивості:

- низька теплопровідність (коефіцієнт теплопровідності дорівнює 0,002 Вт/ м · °С);
- відмінна розтяжність – матеріал наноситься на будь-які поверхні як звичайна фарба;
- стійкість до впливу високих і низьких температур (витримує 60 циклів заморожування – відтавання без втрати своїх властивостей);
- TSM Ceramic ізоляційний матеріал, який не підтримує горіння. Плівка завтовшки 1,0 мм обвуглюється при температурі 500 °С і розкладається при температурі 840 °С, виділяючи оксид вуглецю та азоту, що сприяє уповільненню розповсюдження полум'я;
- стійкий до атмосферних опадів, різких температурних перепадів, вітру;
- невелика товщина теплоізоляції (усього кілька мм);
- економічна вигода використання – на 2 м² поверхні використовується близько 1 л речовини.

Матеріал використовується для покриття різних типів поверхонь (металевих, дерев'яних, бетонних, цегляних та інших) будь-якої форми та у важкодоступних місцях. Теплоізоляція TSM наноситься на чисту, знежирену, без бруду та іржі поверхню з температурою від +10 °С до +65 °С та після висихання утворює еластичний шар покриття (рис. 1.14).



Рисунок 1.14 – Нанесення рідкої теплоізоляції

Матеріал TSM Ceramic може використовуватися для покриття стін, стель і дахів будівель, трубопроводів, парових котлів, внутрішніх стінок транспортних засобів, рефрижераторів, морозильних камер і в інших областях. Порівняння з іншими теплоізоляційними матеріалами показує, що TSM Ceramic ефективніше за пінополістирол у 16 разів, за мінеральноватні плити у 19 разів, пінобетон у 60 разів. Також TSM Ceramic можна пофарбовувати у будь-який колір і це не впливає на ефективність покриття, що є важливим фактором для забезпечення естетики фасадів будівель.

Покриття має гарантію до 10 років і термін експлуатації – понад 20 років.

1.5.2 Акустичні матеріали

У звукоізоляційних матеріалах, на відміну від теплоізоляційних, необхідні сполучені пори та менші за розміром. Такі вимоги до будови звукоізоляційних матеріалів викликані тим, що під час проходження звукової хвилі через товщу матеріалу вона призводить повітря до коливального руху, і дрібні пори створюють більший опір потоку повітря, ніж великі. Рух повітря в них гальмується, і внаслідок тертя частина механічної енергії перетворюється в теплову.

На звукопоглинальні властивості матеріалів впливає також їхня пружність. У виробках із гнучким каркасом спостерігаються додаткові втрати звукової енергії внаслідок активного опору матеріалу вимушеним коливанням під дією звукових хвиль. У низці випадків облицювання поверхні будівельних конструкцій здійснюється за допомогою перфорованих листів із порівняно щільних матеріалів (гіпсокартон, азбестоцемент, металеві, пластмасові листи тощо), які забезпечують виробам, поряд зі звукопоглинанням, підвищену механічну міцність і декоративність.

Звукоізоляційні матеріали, призначені для захисту від ударного шуму, є пористими прокладками з малим модулем пружності (пресована пробка в рулоні з пінополіетилену). Їхня звукоізоляційна здатність від ударного шуму обумовлена тим, що швидкість поширення звуку в них значно менше, ніж у щільних матеріалах із високим модулем пружності. Так, швидкість поширення звукових хвиль стали становить 5 050, у залізобетоні – 4 100, у деревині – 1 500, у пробці – 50, а в поризованій гумі – 30 метрів за секунду. Пружні прокладки укладаються між несучою плитою перекриття та чистою підлогою. Такі конструкції підлог називаються «плаваючими». Для усунення передачі ударного звуку необхідно конструкцію підлоги відокремлювати від стін по периметру приміщення пружними прокладками.

Для зменшення рівня повітряного шуму стіни, перегородки, перекриття рекомендується наповнювати пористими звукопоглинальними матеріалами. Масивні конструкції мають більшу звукоізоляційну здатність від повітряного шуму, ніж легкі.

За зовнішнім виглядом (формою) акустичні матеріали можуть бути сипучими, штучними (плитковими, рулонними, матами).

За будовою та видом пористості їх поділяють на три групи:

1. Матеріали з волокнистих каркасом (мінераловатні, азбестові, фіброліт, деревоволокнисті, деревостружкові, повсть).

2. Ніздрюваті матеріали, отримані способом спучування (пористі бетони, піноскло).

3. Змішаної структури, наприклад, акустичні штукатурки, які виготовляються із застосуванням пористих заповнювачів (спучений перліт, спучений вермикуліт).

До звукопоглинальних матеріалів висувають підвищені порівняно з теплоізоляційними матеріалами вимоги за механічною міцністю та декоративністю, оскільки їх застосовують для облицювання стін всередині приміщень. Так само, як і теплоізоляційні, вони повинні мати низьке водопоглинання, малу гігроскопічність, бути вогне- та біостійкими.

Теплоізоляційні матеріали, такі як мінеральна вата та вироби з неї. До теплоізоляційних матеріалів належать також газонаповнені полімерні матеріали (поро- та пінопласти), вироби на основі спученого перліту та вермикуліту можуть одночасно слугувати для акустичних цілей в огорожувальних конструкціях будівель. Зниження рівня шуму здійснюється шляхом використання звукопоглинальних або звукоізолювальних матеріалів. Особливу групу складають декоративні звукопоглинальні плити різного ступеня жорсткості на основі мінеральної вати або скляного волокна з використанням органічних (синтетичних) зв'язуючих.

1.6 Матеріали для гідроізоляції, гідрофобізації та ремонту бетонних, залізобетонних і кам'яних конструкцій

Гідроізоляційні матеріали призначені для захисту конструкцій від руйнівного впливу води. Гідроізоляційні матеріали відрізняються від інших будівельних матеріалів підвищеною водонепроникністю й водостійкістю при тривалій дії води, зокрема мінералізованих і хімічно агресивних водяних розчинів.

Залежно від сфери застосування гідроізоляційні матеріали поділяють на такі:

- для поверхневої й об'ємної гідроізоляції;
- ущільнення швів і з'єднань;
- комплексного призначення.

Залежно від способу провадження робіт їх розрізняють на обклеювальні, фарбувальні, штукатурні, просочувальні, литі, засипні, ін'єкційні й монтажні. Просочувальну й ін'єкційну гідроізоляції можна віднести до об'ємної гідроізоляції, оскільки в цьому разі гідроізоляційні матеріали є частиною об'єму самого матеріалу, який захищають.

Фарбувальні гідроізоляційні матеріали – це органічні в'язучі: бітумні й полімерні, гарячі й холодні, на розчинниках (розріджувачах) та емульсійні, а також бітумні й полімерні суміші у вигляді холодних і гарячих мастик на органічних в'язучих і на розріджувачах, пастах й емульсіях із наповнювачами.

До *штукатурних* гідроізоляційних матеріалів належать асфальтові (гарячі й холодні), цементні й полімерцементні штукатурні суміші. Ці матеріали набувають поширення через простоту їхнього застосування, дешевину, високий рівень механізації процесів нанесення, свою надійність і довговічність.

Обклеювальні гідроізоляційні матеріали – це рулонні, плівкові або листові матеріали заводського виготовлення.

Як *просочувальні* гідроізоляційні матеріали використовуються органічні в'язучі (бітуми, кам'яновугільні дьогті й пеки, петролатум), термопластичні полімери (низькомолекулярний поліетилен), мономер термореактивних смол (стирол, метилметакрилат) тощо.

Ін'єкційні гідроізоляційні матеріали – цементні суспензії й розчини, полімерцементні розчини, рідке скло, бітум і полімербітум, бітумні емульсії, карбамідні й фенолформальдегідні смоли тощо.

У якості *монтажних* гідроізоляційних матеріалів застосовуються листові сталь завтовшки 3–14 мм, пластмасові аркуші, а також склопластики й полімербетони у вигляді плит і блоків.

Засипні гідроізоляційні матеріали – це глина, гідратон (суміш ґрунту з бентонітом і рідким склом), гідрофобні порошки й піски.

До *литих* гідроізоляційних матеріалів належать асфальтовий бетон і мастики, що заливають між ізолюємою поверхнею й опалубкою.

Серед сучасних і дуже перспективних видів гідроізоляції варто виокремити гідроізоляцію *проникної дії*, яка є сумішшю портландцементу, спеціально обробленого заповнювача й хімічно активних речовин, наприклад, суміші неорганічних солей. Принцип дії заснований на проникненні в бетон хімічно активних елементів по капілярних порах основи, на яку наноситься гідроізолювальний шар, за допомогою осмотичних сил із подальшою хімічною взаємодією з вільним вапном і конденсацією на поверхні пор. Такі ізолювальні композиції наносяться переважно на поверхні з розвитою капілярною пористістю, а також для відновлення поверхні старого бетону під час ремонтних робіт і реконструкцій.

В окрему групу можна виокремити матеріали, що використовують для спеціальних видів ізоляцій в особливих умовах, а саме: герметики, гідроантикорозійні, гідротеплоізоляційні тощо.

За видом застосовуваних в'язучих гідроізоляційні матеріали розділяються на такі типи:

- бітумні, що складаються з нафтових бітумів або сплавів нафтових і природних бітумів;

- дьогтьові – зі кам'яновугільних і сланцевих смол або сплавів пеків з кам'яновугільними дьогтями або дьогтьовими маслами;

- дьогтьобітумні – із сумішей кам'яновугільних дьогтьопродуктів або сланцевих дьогтів із нафтобітумами;

- гідрокамові – із продуктів спільного окислювання кам'яновугільних масел і нафтового гудрону або з кам'яновугільних масел (антраценового, креозотового) і нафтобітуму;

- бітумно-полімерні – зі нафтобітумів і полімерів (зокрема каучуки);

- гумо-бітумні, одержувані внаслідок спільної переробки нафтобітумів і старої гуми;
- гумо-дьюгтьові, одержувані шляхом спільної переробки старої гуми й дьюгтьопродуктів;
- полімерні (зокрема каучуки й кремнеполімери);
- мінеральні – на основі різних цементів, силікатів і глин.

Із названих матеріалів найчастіше застосовують бітумні завдяки таким властивостям, як гідрофобність, водостійкість, щільна структура, їхня пористість практично дорівнює нулю, водонепроникність та морозостійкість. Бітуми стійки до водяних розчинів багатьох кислот, лугів, солей і до більшості агресивних газів, розчиняються частково або повністю в різних органічних розчинниках (бензині, бензолі, скипидарі, ацетоні, етиловому спирті тощо).

За видом основного вихідного матеріалу розрізняють асфальтові, мінеральні, пластмасові й металеві гідроізоляційні матеріали.

Гідрофобний портландцемент містить до 0,08–0,25 % гідрофобізуючої домішки (олеїнової кислоти, асидолу, милонафту). Ці речовини, адсорбуючись на поверхні зерен цементу, утворюють найтонші водовідштовхувальні плівки, які зменшують гігроскопічність при перевезеннях та зберіганні в умовах підвищеної вологості повітря без втрати активності. Під час приготування бетонної чи розчинової сумішей гідрофобні плівки порушуються й цемент безперешкодно взаємодіє з водою. Гідрофобні домішки, що залишаються в у матеріалі, поліпшують якість виробів, підвищуючи їхню водонепроникність, морозостійкість та корозійну стійкість. Недоліком такого цементу є сповільнене зростання міцності в початковий період твердіння.

Застосовують гідрофобний цемент так само, як і звичайний, для бетонних і залізобетонних наземних, підземних і підводних конструкцій, зокрема для тих, що працюють в умовах циклічного зволоження чи заморожування.

Бітумні речовини є гідрофобними, вони не змочуються та не розчиняються у воді, що дозволяє їх використовувати як головний компонент гідроізоляційних матеріалів.

З полімерних матеріалів для гідроізоляції особливо широко застосовують плівки, мастики, лаки та фарби (ДСТУ Б А.1.1-29-94; ДСТУ Б В.2.7-77-98; ДСТУ Б В.2.7-78-98; ДСТУ Б В.2.7-79-98; ДСТУ Б В.2.7-106-2001).

Поліетиленові плівки спеціального призначення для потреб будівництва використовують у конструкціях покриттів для захисту піддахового простору від пилу, дощу та снігу.

Під час застосування паропроникних плівок унаслідок мікроперфорації крізь них вентиляється водяна пара, що проникає у теплоізоляційний шар покрівельної конструкції.

Для запобігання конденсації вологи з пари, що підіймається з піддахового приміщення, використовують багатошарові плівки, верхній і нижній шари яких ламіновані й забезпечують гідроізоляційні властивості та паронепроникність матеріалу, а тканинний прошарок – необхідну міцність. Плівки призначені для скатних покрівель, що вентилуються. Наприклад, паронепроникна захисна армована плівка «паробар'єр» використовується як захисний шар із внутрішнього боку теплоізоляції підпокрівельного простору, а також для утворення паронепроникного шару з внутрішньої сторони теплоізоляції у випадках внутрішнього утеплення зовнішніх стін будівель. Різновидом такої плівки є паронепроникна підпокрівельна плівка «паробар'єр-Ал» – чотиришаровий матеріал, який має несучу сітку для армування. Ця сітка з обох боків ламінована поліетиленовою плівкою, як нижній шар використовується віддзеркалювальна алюмінієва фольга.

Достатньо поширеними герметиками є силіконовий (кислотний, нейтральний), акриловий, поліуретановий, бітумний, каучуковий, полісульфідний, полібутановий. Кислотний і нейтральний силіконовий герметик є діелектриком, що відрізняється від інших термостабільністю, високою адгезією та підвищеною хімічною стійкістю.

Акриловий герметик має густину $1,55 \text{ г/см}^3$, здатний витримувати дію температур в інтервалі від мінус $20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+75 \text{ }^\circ\text{C}$, добре піддається фарбуванню, має високу адгезію до різних будівельних матеріалів. Але йому властиві деякі недоліки, що обмежують галузі застосування. До них належать низька водостійкість, усадка від 1% до 15 %, низька стійкість до дії ультрафіолетових променів. Тому його застосовують тільки для внутрішніх робіт.

Поліуретановий герметик характеризується високою міцністю, зносостійкістю, стійкістю до дії кислот, мастил, бензину, має високу адгезію до скла, металів, кераміки. Застосовують його у шляхобудуванні, для ущільнення стиків конструкцій підземних переходів, тунелів.

Бітумний герметик дуже еластичний, має високу водостійкість і водонепроникність та адгезію до бітумних матеріалів, бетону, каменю, деревини, металів, скла. Застосовується для потреб дорожнього будівництва, герметизації щілин і швів покрівлі.

Каучуковий герметик має високу еластичність, стійкий до розтягувальних напружень, дії ультрафіолетових променів та інших атмосферних факторів, зокрема й коливань температури від мінус $25 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+100 \text{ }^\circ\text{C}$. Після затвердіння його можна фарбувати. Крім того, такий герметик має високу адгезію до бетону, скла, кераміки, природного каменю, деревини. Тому його досить широко застосовують у будівництві крім випадків, коли з'єднані елементи перебувають під постійним тиском води.

На основі бітумних та дьогтьових в'язучих виготовляють велику кількість виробів: рулонні покрівельні та гідроізоляційні матеріали, штучні вироби, мастики, емульсії та пасти.

Емульсії – це дисперсні системи, які складаються з двох рідин, що не змішуються між собою, до того ж одна рідина є диспергованою у другій. Стійкість утвореної емульсії досягається шляхом введення до її складу емульгаторів – поверхнево-активних речовин (ПАР) або тонко дисперсних твердих порошків, які, з одного боку, знижують поверхневий натяг між бітумом та водою, а з другого – надають частинкам певного заряду, який перешкоджає їхньому злипанню. Емульгаторами є мила (нафтонових, сульфонафтонових) органічних кислот, лігносульфат технічний (ЛСТ), асидол, олеїнова кислота. До твердих емульгаторів належать тонкі порошки глини, вапна, цементу, кам'яного вугілля та сажі. Тверді емульгатори адсорбуються на поверхні бітуму та дьогтю, утворюючи захисний шар, що перешкоджає злипанню окремих глобул, диспергованих у воді.

Емульсії застосовують для влаштування захисного гідро- та пароізоляційного покриття, ґрунтування основи під гідроізоляцію, приклеювання штучних та рулонних матеріалів, а також гідрофобізації поверхонь виробів.

Бітумні пасти готують із бітуму, води та емульгатора. Пасти застосовують для влаштування захисного гідроізоляційного покриття, ґрунтування поверхні, яка ізолюється, ущільнення стиків у покрівлі, а також як в'язучу суміш для виготовлення холодних мастик.

Мастики – це клейові суміші, якими не тільки з'єднують різні матеріали між собою, але й покривають поверхні деталей та конструкцій порівняно товстим шаром для запобігання корозії, заповнюють щілини, раковини, отвори та інші заглиблення, щоб одержати однорідну гладку поверхню чи забезпечити герметичність швів.

Із великої кількості синтетичних в'язучих матеріалів, що випускається промисловістю з виробництва гідроізоляційних й антикорозійних матеріалів, у наш час застосовуються: поліізобутилен, поліетилен, полівінілхлорид, полівінілацетат, полістирол, поліпропілен, феноло-формальдегідні, інденкумаронові, акрилові, поліефірні, кремнійорганічні, епоксидно-діанові й поліамідні смоли, а також синтетичні каучуки й латекси. Коротка характеристика цих полімерів надана нижче.

Поліетилен – полімер із надзвичайно широким набором властивостей і використовується в більших об'ємах, унаслідок чого його вважають королем пластмас. Поліетилен має винятково високу стійкість проти хімічної деструкції: навіть за 10–12 років експлуатації міцність його знижується лише на чверть.

Сполуки з високими механічними та хімічними властивостями обумовили широке застосування поліетилену в електротехніці, особливо для ізоляції проводів і кабелів.

Крім поліетилену загального призначення, випускаються його багато спеціальних модифікацій, серед яких: антистатичний, із підвищеною адгезійною здатністю, світлостабілізований, що самозагасає, інгібований (для захисту від корозії), електропровідний (для екранування).

Головний недолік поліетилену – порівняно низька нагрівостійкість.

Полістирол – неполярний полімер, що широко застосовується в електротехніці, що зберігає міцність у діапазоні температур 210–350 °С. Завдяки введенню різних добавок він здобуває спеціальні властивості: удароміцність, підвищену теплостійкість, антистатичні властивості, атмосферостійкість, пінистість. Недоліки полістиролу – крихкість, низька стійкість до дії органічних розчинників (толуол, бензол, чотирихлористий вуглець), які легко розчиняють полістирол; у парах бензину, скипидару, спирту він набухає.

Полістирол, такий що спінюється, широко використовується як теплозвукоізолювальний будівельний матеріал. У радіоелектроніці він застосовується для герметизації виробів, коли треба забезпечити мінімальні механічні напруги, створити тимчасову ізоляцію від впливу тепла, випромінюваного іншими елементами, або низьких температур й усунути їхній вплив на електричні властивості, а також – у бортовий і СХЧ-апаратурі.

Поліізобутилен – це каучукоподібний еластичний матеріал, отриманий шляхом полімеризації ізобутілену в присутності каталізатора при низьких температурах (біля 110 °С). Промисловість випускає два види поліізобутилену: низькомолекулярний, що становить олієподібний продукт, який застосовується переважно для виготовлення різних клеїв і лаків, і високомолекулярний, що нагадує своїми властивостями каучук.

Високомолекулярний поліізобутилен – безбарвний гумоподібний матеріал, що має високу хімічну стійкість й водонепроникність. Він розчиняється в ароматичних вуглеводнях, у сірковуглеці й хлорованих вуглеводнях. Під дією світла в присутності кисню швидко «старіє», тому вироби з нього випускають із наповнювачами, такими як крейда, каолін, тальк, сажа, графіт, азбест у кількості до 90 %.

Поліізобутилен застосовується для виготовлення водонепроникних тканин, захисних покриттів, плівок й аркушів. Крім того, він є досить ефективною домішкою до бітумів для додання йому деформативних властивостей. Асфальтові бетони на бітумах із добавками поліізобутилену відрізняються підвищеними пружно-пластичними властивостями, міцністю при

стиску й водостійкістю. У зв'язку з тим, що поліізобутиленова добавка різко зменшує проникнення води крізь бітумну плівку, що покриває зерна кам'яних складових асфальтового бетону, для його виготовлення можна використовувати матеріали, які не відрізняються гідрофобними властивостями. Поліізобутилен упаковують у поліетиленову плівку, а потім у мішки із тканини, просоченої нітролаком. Зберігати його необхідно в сухих приміщеннях при температурі не вище +25 °С і захищати від дії прямих сонячних променів. Гарантійний строк зберігання поліізобутилену – два роки.

Фторопласт (політетрафторетілен – ПТФЕ) – один із найбільш термостійких і холодостійких полімерів, зберігає механічну міцність в інтервалі температур 3–600 °С. Густина – 2,2–2,5 г/см³, відносне подовження 250–500 %, температура розкладання не менш 673 °С. Питомий опір (10³⁸–10²⁰ Ом · см) мало залежить від вологи й температури. Має винятково високу хімічну стійкість, зокрема до дії впливу морського туману, сонячної радіації, пліснявих грибків. Стосовно більшості неорганічних й органічних реагентів він настільки є пасивним, що методи випробувань на стійкість у цих середовищах відсутні. Фторопласт має також високу радіаційну стійкість і використовується для ізоляції дротів на атомних електростанціях. Такі саме дроти можна використовувати і як нагрівачі, занурені безпосередньо у розчини кислот й лугів. Вони не бояться попадання масел, гасу, гідравлічних рідин при підвищених температурах і широко застосовуються для ізоляції бортових авіаційних кабелів. Мають також переваги й під час експлуатації в розрідженій атмосфері, де умови тепло відведення погіршені.

Негорючість фторопласта характеризується тим, що він здатний загорятися тільки у чистому кисні, а це різко відрізняє його, наприклад, від поліетилену; теплота згорання невелика – у 10 разів менша, ніж поліетилену; плавлення при горінні немає, фторопласт у полум'ї лише обвуглюється; під час горіння або тління утворюється небагато диму (але дим містить отрутний фторфосген, тому при температурі вище 773 °С фторопласт небезпечний); фторопласт горить у відкритому полум'ї, але після його видалення горіння припиняється, тобто він нездатний поширювати горіння.

У фторопласта є недоліки, які цілком природно продовжують його переваги:

– наслідок хімічної пасивності він також й є адгезійно інертними, тобто важко піддається склеюванню. Однак способи подолання цієї інертності вже знайдені. Це або обробка в розплаві окислювачів при $T > 370$ °С, або в плазмі тліючого розряду в кисні. У наслідок цього випускаються фольговані фторопластові плівки й плівки з однобічним липким шаром.

– на відміну від типових термопластів фторопласт при підвищенні температури стає в'язкотекучим і його не можна переробляти в екструдерах, оскільки в'язкість його при 626 К (350 °С) буде висока – близько 10^{10} Па·с.

Фторопласт має повзучість і погано працює під навантаженням. Механічні властивості його можуть бути поліпшені шляхом радіаційного модифікування й армування скловолокном.

Поліамід – новий клас термостійких полімерів із високою міцністю, хімічною стійкістю й тугоплавкістю. Поліамідна плівка працездатна при 473 К (200 °С) протягом декількох років, при 573 К – 1 000 год, при 673 К – до 6 год. Короткочасно вона не руйнується навіть у струмені плазменого пальника. За деяких специфічних умов поліамід перевершує по температурній стійкості навіть алюміній.

Поліамід, на відміну від фторопласта, легко піддається травленню в концентрованих лугах, що дозволяє готувати наскрізні отвори в плівці. Поліамід має підвищене вологовбирання, й імовірно, тому діелектричні втрати зменшуються з підвищенням температури. Поліамід випускається в різному вигляді:

– плівка завтовшки 8–100 мкм, зокрема фольгована, призначена для гнучких друкованих плат, шлейфів тощо.

– лак ПАК, стійкий після висихання при 470–520 °С, обмежено стійкий при 573 °С, короткочасно стійкий при 670 °С.

– прес-матеріал для одержання виробів гарячим пресуванням при температурі 590 К і тиску 100 МПа.

– пінопласт (пінополіамід) із густиною 0,8–2,5 г/см³, що застосовується як тепло- й електроізоляційний матеріал для температур 90–520 К.

– склопластик на основі поліаміду, стійкий до 670 °С, і вуглепластик, що не втрачає механічної міцності при 550 °С.

– ізоляційна стрічка, стійка при температурі до 500 °С.

Недолік поліаміду – підвищене вологовбирання (1–3 % за 30 діб), тому він має потребу в технологічному сушінні (особливо під час виготовлення виробів із прес-порошків) і захисту.

1.7 Нанотехнології у будівництві

Учені всього світу одноставно називають нанотехнології найперспективнішим розробками ХХІ століття. Саме цій галузі фундаментальної та прикладної науки належить важлива роль у світовому економічному й соціальному розвитку. Особливо важливі прориви відносяться до використання нанотехнологій у будматеріалах. Ці технології не тільки

допомагають виникненню нових видів продукції, але й збільшують результативність застосування існуючих матеріалів.

За допомогою наночастинок можна міняти забарвлення штучного покриття, їхні функції самоочищення дають можливість виконувати особливий антибактеріальний шар, провідність – формувати особливе покриття, ультрафіолетовий захист – збільшувати властивості антистаріння та попереджати виникнення жовтизни (що, наприклад, дуже цінно для вікон з металопластику та дверей), велика здатність до стійкості допоможе зміцнювати силу опору матеріалів на площині труб із пластику. Наноматеріали, що мають унікальні оптичні, теплові й магнітні характеристики, можуть здійснити революцію у деяких галузях виробництва матеріалів для будівництва.

Але поки фактичне використання нанотехнологій у будівництві є досить обмеженим, оскільки інноваційні ідеї здебільшого орієнтовані на поверхневі ефекти, а не на формування нових структур будівельних матеріалів. Проте досягнення фундаментальних досліджень у сфері нанотехнологій поступово використовуються у будівельній галузі. Уже використовуються конструкційні композиційні матеріали з унікальними характеристиками міцності, нові види арматурних сталей, унікальні наноплівки для покриття світлопрозорих конструкцій, що самоочищаються та зносостійкі покриття, паропроникні й гнучкі скла і багато іншого. Одним з актуальних напрямів розробок є застосування ультрадисперсних, нанорозмірних частинок для створення високоміцних і довговічних бетонів.

Через розрахунки, цементний розчин із використанням наночастинок має час служби до 500 років. Ці матеріали призначаються для будівельних робіт великопрольотних мостів, хмарочосів, захисних оболонок атомних реакторів тощо. За допомогою досліджень учених у сфері наномодифікації металів і сплавів була отримана дуже міцна сталь, яка не має замінників за показниками міцності та в'язкості. Цей матеріал прекрасно підійде для будівництва різноманітних дорожніх і гідротехнічних об'єктів. А композитні та полімерні нанопокриття конструкцій зі сталі неодноразово збільшують їх стійкість до корозії та роблять більше час служби навіть в агресивному середовищі.

Окремо заслуговують на увагу конструкційні композити – це широкий клас матеріалів конструкції з полімерною, залізною або кахельною матрицею. Типовим прикладом композитів вважаються вуглепластики – композити з полімерної матрицею та вуглеволокном. У 1990-і рр. німецьким ботаніком Вільгельмом Бартлоттом відкрито «ефект лотоса». Він зауважив, що пелюсточки квітки покриті воскоподібною речовиною, яка формується в залозах рослини. Китайські вчені спробували зімітувати цей ефект за допомогою нанопокриття, яке застосовували під час будівництва великого

національного театру в Пекіні. Гігантський яйцеподібний купол зі скла та титану за допомогою цього покриття не намокає опадами та не піддається забрудненню.



Рисунок 1.15 – Нанобетони

За судження фахівців, величезним попитом у галузі будівництва незабаром будуть користуватися такі матеріали з використанням нанотехнологій, як фасадні вологостійкі фарби.

Вуглецева стрічка *FibARM Tape Twill* – двоспрямована вуглецева тканина для системи зовнішнього армування. Унікальні властивості вуглецевого волокна – високі характеристики й абсолютна стійкість до всіх агресивних середовищ – дали принципову можливість розробити інноваційну систему посилення. Вона дає змогу відновлювати та збільшувати несучу здатність конструкції у стислі терміни та меншими затратами порівняно з традиційними способами, а також значно збільшує термін служби конструкції.

Можливо виготовлення вуглецевої тканини щільністю 240, 300 і 450 г/м².
Головні її переваги:

- велика сфера застосування;
- універсальна в застосуванні, зокрема в кутових з'єднаннях, а так само на закруглених поверхнях;

- легкість, система посилення не створює додаткового навантаження на конструкцію;
- виняткова стійкість до корозії;
- тонкий шар, навіть якщо тканина наноситься в кілька шарів, мінімальні трудові й тимчасові витрати на проведення робіт;
- можливість виконання ремонтних робіт без припинення експлуатації будинку, що підсилюється або споруди;
- відсутність додаткових витрат при подальшій експлуатації.



Рисунок 1.16 – Вуглецева стрічка FibARM Tape Twill

Тканини FibARM Tape роблять із вуглецевих волокон, одержуваних шляхом високотемпературного впливу в інертному середовищі на органічні волокна. Двонаправлені тканини становить переплетення вуглецевих ниток по основі під кутами 0° і 90° із малюнком, що повторюється.

Сфери застосування:

- система посилення конструкцій на основі вуглецевого волокна, що наноситься зовні з просоченням на епоксидній основі;
- збільшення несучої здатності конструкцій із залізобетону, цегли та дерева.

Стрічка повинна акуратно укладатися на шар попередньо нанесеного адгезиву без складок і зайвого натягу. Після укладання здійснюється накочення стрічки в обох напрямках укладання волокон. Оскільки в процесі накочення відбувається просочення стрічки, вона повинна здійснюватися рівномірно по всій поверхні стрічки. Не допускається наявність складок і відшарувань. Після просочення стрічка повинна бути злегка липкою на дотик, але без присутності адгезиву. Надлишки адгезиву необхідно акуратно видалити.

Композитна арматура ROCKBAR – композиційний матеріал, що складається зі скляного (базальтового) наповнювача і синтетичного полімерного в'язучого. Армувальним наповнювачем слугують переважно

скляні (базальтові) волокна у вигляді ниток, джгутів (ровінг). Скловолокно (базальтоволокно) обробляється в'язучим (поліефірна, епоксидна смоли тощо) для підвищення міцності, опірності волозі та хімічного впливу.



Рисунок 1.17 – Композитна арматура

Застосування композитної арматури ROCKBAR® збільшує термін служби конструкції та міжремонтний період завдяки: високій корозійній стійкості в кислих, лужних й інших агресивних середовищах; довговічності; високій міцності при розтягуванні; низької щільності; низьку теплопровідність; абсолютної екологічності та пожежної безпеки.

Композитна арматура ROCKBAR® пройшла корозійні й фізико-механічні випробування в різних університетах світу.

Відповідно до проектних рішень арматуру ROCKBAR® потрібно застосовувати у такому:

- житлово-цивільному будівництві (фундаменти будівель і споруд, ремонт та посилення несучої здатності цегляних і залізобетонних конструкцій);
- промислового будівництва (армування бетонних емностей, сховищ очисних споруд, кришок каналізаційних колодязів, елементи інфраструктури хімічних виробництв, армування бетонних підлог, конструкції гідротехнічних споруд);
- дорожньому будівництві (зміцнення дорожнього полотна, опори контактної мережі, плити дорожні, аеродромні);
- мостобудуванні та ремонті мостів (плити мостового настилу, мостові огороження, пішохідні доріжки, зміцнення берегових споруд);
- залізничному будівництві (у складі бетонних шпал для високошвидкісних поїздів і метрополітену).

Нанопокриття Percenta для деревини та каменю – це органічний або неорганічний захист для дерева та каменю на водній основі, розроблений на базі сучасної нанотехнології. Антиадгезійні (антиприлипаючі) компоненти

утворюють на поверхні невидиму плівку з гідро- й олеофобними властивостями. «Нанопокриття для дерева та каменю» Percenta можна використовувати на пористих всмоктуючих поверхнях.

Нанопокриття для бетону та кам'яних підлог дає змогу вже під час першої обробки отримати невидиму брудовідштовхувальну та стійку до ультрафіолету захисну плівку, яка захищає оброблену поверхню на тривалий період часу.

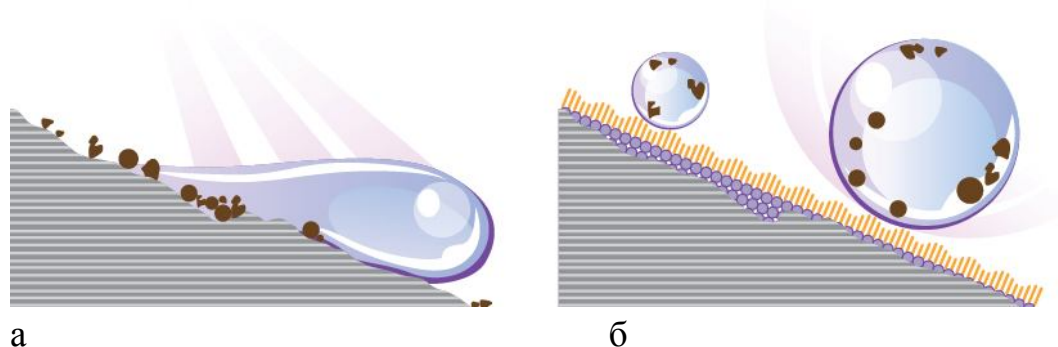


Рисунок 1.18 – Застосування захисної плівки:

а – необроблена поверхня матеріалу; б – матеріал із плівкою

Механічний знос поверхні зводиться до мінімуму. Переваги такого покриття:

- просте застосування;
- ніяких видимих змін поверхні;
- термін служби покриття до 10 років;
- поверхні легко очищаються звичайною водою;
- економія часу та коштів;
- ідеальний захист від бактерій;
- для очищення оброблених поверхонь не потрібні хімічні агресивні миючі засоби.

Сфери застосування: бетоновані в'їзди; сільське господарство; автомайстерні; автомийки; виробничі приміщення та цехи; обеліски, пам'ятники та скульптури.

Існує два різних види нанопокриттів для бетону або кам'яної підлоги:

1. Покриття для бетону та кам'яних підлог (вбираючі поверхні): ідеально для всіх мінеральних каменів, які сильно вбирають воду та схильні до істотного механічного навантаження (натуральний камінь, необроблений волокнистий цемент, необроблені піщаник і газобетонні блоки, клінкерна цегла і облицювальний камінь та інші необроблені кам'яні плити і плитки).

2. Покриття для бетону та кам'яних підлог (маловбираючі й невбираючі поверхні): ідеально для всіх видів глазурованого мінерального каменю (глазурований клінкер, глазурована черепиця, глазуровані кам'яні плити та ін.).

Nanoprof Фотокаталіз – це система на базі спирту, що захищає поверхні зі скла та пластмаси під час їхнього зовнішнього використання від нальоту (поліпшення світлової віддачі або відповідно перешкодження неконтрольованого капання конденсату). Натирання матеріалом створює на поверхнях тонку, гідрофільну плівку в кілька нанометрів. Вологолюбивість поверхні створюється при цьому внаслідок процесу фотокаталізу природним сонячним світлом. До позитивних характеристик належать:

- відсутність розводів;
- невеликі витрати при нанесенні (близько 10–25 мл на м²);
- швидкість затвердіння/висихання (мінімально 1 година, потім 24 годин для затвердіння);
- широкий діапазон температур обробки та зберігання (+5 °С до +25 °С);

При зберіганні таке покриття треба захищати від прямих сонячних променів і морозу, зберігати щільно закритим в оригінальній упаковці.

Майбутнє будівельного матеріалознавства здебільшого обумовлюється зі застосуванням нанотехнологічних підходів – впровадження процесів формування структури сучасних будівельних матеріалів, які передбачають їх складання або самозбирання.

Незважаючи на те, що нові технології та матеріали вже впроваджуються у будівельну галузь, їхня частка ще досить мала – менше 1 % у загальному обсязі матеріалів будівельного сектору.

1.8 Принципи забезпечення комплексу властивостей матеріалів

Завданням будівельного матеріалознавства є виявлення загальних для всіх матеріалів закономірностей із тим, щоб мати можливість отримувати матеріали із необхідними властивостями. Головною залежністю будівельного матеріалознавства є взаємозв'язок «склад – будова – властивості – застосування», яка говорить, що застосування матеріалів визначається їхнім властивостями, а властивості залежать від складу та будови. Управління властивостями (тобто отримання комплексу заданих властивостей) полягає у створенні необхідної структури матеріалу певного складу шляхом технологічного впливу на сировинні матеріали (рис. 1.19).

Цей взаємозв'язок можна зобразити у вигляді схеми.

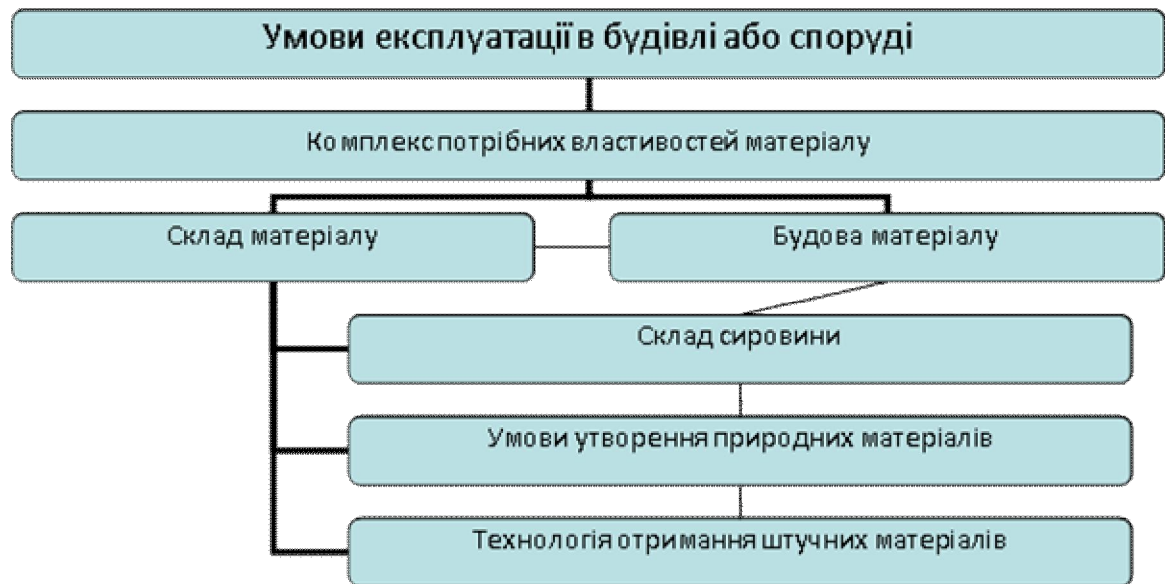


Рисунок 1.19 – Управління властивостями будівельних матеріалів

Далі на конкретних прикладах розглядається цей взаємозв'язок і можливість цілеспрямованого отримання матеріалів із заданими властивостями при підборі їхнього оптимального складу та створення необхідної структури.

2 ВИБІР БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ЗВЕДЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ВІДПОВІДНО ДО УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Розвиток промисловості в нашій країні передбачає будівництво нових, реконструкцію та технічне переозброєння існуючих об'єктів із широким використанням будівельних залізобетонних і металевих конструкцій. Тому проблема забезпечення надійності й довговічності конструкцій будівель і споруд, що зводяться або експлуатуються, є актуальною.

Проблема підвищення довговічності будівельних конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах, є народногосподарським завданням. Вирішення цього завдання можливе лише на базі вивчення та розкриття головних закономірностей корозійних процесів, дослідження дійсного корозійного стану будівельних конструкцій, стійкості проти корозії застосовуваних матеріалів із урахуванням особливостей впливу на них агресивного середовища та впровадження результатів під час проектування, виготовлення, будівництва та експлуатації конструкцій.

До вибору захисних покриттів для металоконструкцій цехів фосфорної промисловості потрібно підходити диференційовано залежно від умов експлуатації конструкцій. Так, у відділенні конденсації стійкішими є покриття з перхлорвінілових матеріалів, а в відділенні грануляції – на основі епоксидних. У всіх інших середовищах усі покриття проявили високі захисні властивості.

Вторинний захист будівельних конструкцій включає в себе заходи, що забезпечують захист від корозії в тих випадках, коли заходи первинного захисту недостатні або не реалізовані. До заходів вторинного захисту належить захист поверхонь конструкцій:

- лакофарбовими, металевими, оксидними та мастичними покриттями;
- обклеєною ізоляцією з листових і плівкових матеріалів;
- обмазувальними, футеровочними та штукатурними покриттями на основі мінеральних і полімерних в'язучих, рідкого скла й бітуму;
- облицюванням штучними або блоковими виробами із кераміки, шлакоситалу, скла, кам'яного лиття, природного каменю;
- ущільнювальним просоченням поверхневого шару конструкцій хімічно стійкими матеріалами;
- обробкою гідроізоляційними проникними сумішами;
- обробкою гідрофобізуючими, антисептичними та біоцидними складами, а також інші способи ізоляції конструкцій від агресивного впливу середовища.

Спеціальний захист включає в себе: заходи захисту, що не входять до складу первинного та вторинного захисту; різні фізичні й фізико-хімічні методи; заходи, які знижують агресивну дію середовища (місцева та загальна

вентиляція, організація стоків, дренаж); винос виробництва з виділеннями агресивних речовин в ізольовані приміщення тощо.

Захист від корозії будівельних конструкцій потрібно передбачати з боку безпосереднього впливу на них агресивного середовища та забезпечувати залежно від виду та класу середовища за умовами експлуатації по СП 28.13330. Вологісний режим приміщень і умови експлуатації огорожувальних конструкцій потрібно визначати відповідно до СП 50.13330.

Заходи захисту будівельних конструкцій від корозії необхідно проектувати з урахуванням виду й особливостей захищаються конструкцій, технології їх виготовлення та умов експлуатації.

Вибір способу захисту необхідно виконувати на підставі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням заданого терміну служби та витрат на відновлення захисту, поточний і капітальний ремонт конструкцій та інші, обумовлені експлуатацією витрати з урахуванням вимог ДСТУ ISO 14040.

Матеріали та системи для захисту та ремонту бетонних конструкцій повинні відповідати вимогам ГОСТ 32016 і ГОСТ 32017.

2.1 Вимоги до матеріалів і конструкцій, що працюють у агресивному середовищі

Бетон залізобетонних конструкцій будівель і споруд із агресивними середовищами потрібно приймати не менше марки за водонепроникливістю W4.

До бетону залізобетонних конструкцій, що зазнають впливу агресивних рідких середовищ і одночасно поперемінного замерзання – відтавання, повинні ставитися вимоги щодо морозостійкості, вище зазначених у СНиП 2.03.01-84. Випробування на морозостійкість мають виконуватися згідно з ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

Для бетонних і залізобетонних конструкцій будівель і споруд з агресивними середовищами необхідно передбачати такі види цементів:

– портландцемент, портландцемент із мінеральними домішками, шлакопортландцемент (Цементи сульфатостійкі. Технічні умови ДСТУ Б В.2.7-85-99) (ГОСТ 22266-94);

– сульфатостійкі цементи (ДСТУ Б В.2.7-85-99 (ГОСТ 22266-94) Цементи сульфатостійкі. Технічні умови);

– глиноземистий цемент (ГОСТ 969-91. Цементы глиноземистые и высокоглиноземистые. Технические условия);

– напружуваний цемент.

Для конструкцій із попередньо напруженою арматурою застосування глиноземистого цементу не допускається.

У конструкціях, до бетону яких ставляться вимоги щодо водонепроникності марок понад W 6, допускається застосування напружуваного цементу марок понад НЦ10.

Як дрібний заповнювач потрібно передбачати кварцовий пісок (пилуватих часток не більше 1 % за масою за ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт), а також пористий пісок.

Як крупний заповнювач потрібно передбачати фракційний щебінь вивержених порід, гравій та щебінь із гравію (ДСТУ Б В.2.7-17-95 Державний стандарт України будівельні матеріали гравій, щебінь і пісок штучні пористі Технічні умови). Потрібно використовувати щебінь вивержених порід марки не нижче 800, гравій та щебінь із гравію – не нижче Др 12.

Щебінь із осадових порід (водопоглинанням не вище 2 % і марки не нижче 600), якщо вони однорідні й не містять слабких прошарків, допускається застосовувати для конструкцій, що експлуатуються в газоподібних, твердих і рідких середовищах при агресивному впливі (крім рідких середовищ, що мають водневий показник нижче, ніж у слабо агресивному середовищі).

Наявність і кількість у заповнювачах шкідливих домішок має бути зазначено у відповідній документації та враховуватися у проектуванні бетонних і залізобетонних конструкцій.

Дрібний і великий наповнювачі необхідно перевірити на вміст потенційно реакційноздатних порід. Як заходи захисту від внутрішньої корозії за рахунок потенційно реакційноздатних порід і зниження взаємодії заповнювача з лугами цементу потрібно передбачати:

- підбір складу бетону при мінімальних витратах цементу;
- виготовлення бетону на цементах із вмістом лугу не більше 0,6 % у розрахунку на Na_2O ;
- виготовлення бетону на портландцементях із мінеральними домішками, пуцолановому портландцементі та шлакопортландцементі;
- введення до складу бетону гідрофобізуючих і газовидільних домішок.

При потенційно реакційно здатних заповнювачах не допускається введення в бетон як домішок солей натрію або калію.

Воду для замішування бетонної суміші необхідно застосовувати відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94) (Суміші бетонні Технічні умови).

Для підвищення стійкості бетону залізобетонних конструкцій, що експлуатуються в агресивних середовищах, потрібно використовувати домішки, що знижують проникність бетону або підвищують його хімічну стійкість, а також підвищують захисну здатність бетону стосовно до арматури.

До складу бетону, зокрема до складу в'язучого, заповнювачів і води замішування не допускається введення хлористих солей для залізобетонних конструкцій:

- із напруженою арматурою;
- із ненапруженою дротяною арматурою класу В-І діаметром 5 мм і менше;
- експлуатованих в умовах вологого або мокрого режиму;
- виготовлених із автоклавною обробкою;
- які піддаються електрокорозії.

Не допускається також введення хлористих солей до складу бетонів і розчинів для ін'єктування каналів, а також для замонолічування швів і стиків збірних і збірно-монолітних конструкцій.

Розрахунок залізобетонних конструкцій, що піддаються впливу агресивних середовищ, необхідно виконувати за ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. (На заміну СНиП 2.03.01-84*) із урахуванням вимог до тріщиностійкості та гранично допустимої ширини розкриття тріщин. При цьому категорію вимог до тріщиностійкості залізобетонних конструкцій, а також гранично допустиму ширину розкриття тріщин потрібно призначати із урахуванням класу застосовуваної арматурної сталі та залежно від ступеня агресивного впливу середовища.

Товщину захисного шару важкого та легкого бетонів конструкцій плоских плит, полиць ребристих плит і полиць стінових панелей допускається приймати рівною 15 мм для слабоагресивного та середньоагресивного ступеня впливу середовища; і дорівнює 20 мм – для сильноагресивного ступеня незалежно від класу арматурних сталей.

Під час застосування оцинкованої арматури в середовищах слабого та середнього ступеня агресивного впливу товщину захисного шару можна зменшити на 5 мм або підвищувати проникність бетону на один щабель. При цьому марка бетону по водонепроникності повинна бути не нижче W 4.

Для конструкцій третьої категорії тріщиностійкості не допускається передбачати застосування дроту класів В-І і Вр-І діаметром менше 4 мм.

Попередньо напружені конструкції для будівель з агресивними середовищами не допускається виготовляти способом натягу арматури на затверділий бетон.

Арматурні канати для попередньо напружених залізобетонних конструкцій потрібно передбачати з дроту діаметром не менше 2,5 мм у зовнішніх і не менше 2,0 мм – у внутрішніх шарах.

Несучі конструкції з легких бетонів на пористих заповнювачах з водопоглинанням понад 14 % за обсягом для застосування в агресивних середовищах не допускаються.

2.2 Захист від корозії поверхонь бетонних і залізобетонних конструкцій

Захист поверхонь конструкцій потрібно призначати залежно від виду та ступеня агресивного впливу середовища.

Для проектування конструкцій потрібно передбачати:

- лакофарбові покриття – у разі дії газоподібних і твердих середовищ (аерозолі);
- лакофарбові багат шарові (мастичні) покриття – у разі дії рідких середовищ, у разі безпосереднього контакту покриття з твердої агресивним середовищем;
- обклеювальні покриття – при дії рідких середовищ, у ґрунтах;
- облицювальні покриття, зокрема з полімербетонів, – при дії рідких середовищ як захисту від механічних пошкоджень;
- просочення хімічно стійкими матеріалами – при дії рідких середовищ, у ґрунтах;
- гідрофобізацію – при періодичному зволоженні водою або атмосферними опадами, утворенні конденсату, як обробку поверхні до нанесення шару ґрунтовки під лакофарбові покриття;
- біоцидні матеріали – під впливом бактерій, що виділяють кислоти, і грибів.

Не допускається застосування лакофарбових покриттів, рулонних, листових матеріалів, а також композицій герметиків на основі бітуму в рідких органічних середовищах (масла, нафтопродукти, розчинники).

Усі матеріали, що застосовуються для захисту від корозії, потрібно супроводжувати сертифікатом якості.

Для захисту підшви бетонних і залізобетонних фундаментів і споруд слід передбачати влаштування ізоляції, стійкої до дії агресивного середовища.

За наявності рідких агресивних середовищ бетонні та залізобетонні фундаменти під металеві колони і обладнання, а також ділянки поверхонь інших конструкцій, що примикають до підлоги, повинні бути захищені хімічно стійкими матеріалами на висоту не менше 300 мм від рівня чистої підлоги. При систематичному попаданні на фундаменти рідин середнього та сильного

ступеня агресивного впливу потрібно передбачати влаштування піддонів. Ділянки поверхонь конструкцій, де неможливо технологічними заходами уникнути обливання або оббризування агресивними рідинами, повинні мати місцеву додатковий захист обклеювальними, облицювальними або іншими покриттями.

Поверхні забивних і віброзанурених паль повинні бути захищені механічно міцними покриттями або просоченням, що збереже захисні властивості в процесі занурення. При цьому бетон для паль слід приймати марки по водонепроникності не нижче W 6.

Для захисту поверхні паль лакофарбовими (мастичними) покриттями або просоченням несучу здатність забивних паль потрібно уточнювати шляхом випробувань.

Для конструкцій, у яких улаштування захисту поверхні не можливе (буронабивні палі, конструкції, які зводяться методом «стіна в ґрунті», тощо), необхідно застосовувати первинний захист спеціальними видами цементів, заповнювачів, підбором складів бетону, введенням домішок, що підвищують стійкість бетону тощо.

У деформаційних швах огорожувальних конструкцій необхідно передбачити компенсатори з оцинкованої, нержавної або гумованої сталі, поліізобутилену або інших матеріалів і установлення їх на хімічно стійкій мастиці зі щільним закріпленням. Конструкція деформаційного шва повинна виключати можливість проникнення через нього агресивного середовища. Герметизацію стиків і швів огорожувальних конструкцій необхідно передбачити шляхом заповнення зазорів герметиками.

Захист від корозії необетонуємих сталевих закладних деталей і сполучних елементів залізобетонних конструкцій потрібно передбачати:

- лакофарбовим покриттям у приміщеннях із сухим або нормальним вологісним режимом при неагресивному і слабоагресивному ступені впливу середовища;

- металевими покриттями (цинковими й алюмінієвими) у приміщеннях із вологим або мокрим режимом у разі неагресивного та слабоагресивного ступеня впливу середовища;

- комбінованими покриттями (лакофарбовими по металізаційному шару) у разі середнього та сильного ступеня агресивного впливу середовища.

На дотичні площини, які з'єднуються шляхом зварювання закладних деталей і сполучних елементів, допускається не наносити захисні покриття.

Закладні деталі та сполучні елементи у стиках зовнішніх огорожувальних конструкцій, що піддаються зволоженню атмосферою вологою, конденсатом, промисловими водами, незалежно від ступеня

агресивного впливу середовища повинні бути захищені металевими або комбінованими покриттями.

Захист сполучних елементів і поверхонь закладних деталей, повністю доступних для відновлення на них покриттів у процесі експлуатації, незалежно від ступеня агресивного впливу середовища потрібно передбачати лакофарбові покриття.

У разі дії на конструкцію середовищ із сильноагресивним ступенем впливу, в яких комбіновані покриття (із металевим шаром на основі цинку або алюмінію) не є стійкими, закладні деталі та сполучні елементи залізобетонних конструкцій повинні бути передбачені зі хімічно стійких у певному середовищі сталей.

Для захисту закладних деталей у конструкціях із бетонів автоклавного твердіння необхідно передбачити алюмінієві покриття.

Алюмінієві покриття потрібно передбачати також для захисту закладних деталей і сполучних елементів у конструкціях будівель і споруд із агресивними газоподібними середовищами, що містять сірчистий газ і сірководень. Покриті алюмінієм закладні деталі, що перебувають у контакті з бетоном, повинні бути піддані додатковій захисній обробці до обетонування конструкцій.

Товщина металізаційних покриттів і металізаційного шару в комбінованих покриттях повинна бути для цинкових і алюмінієвих покриттів не менше 120 мкм.

Товщина цинкових покриттів, одержуваних гарячим цинкуванням, повинна бути не менше 50 мкм, а гальванічним способом – не менше 30 мкм.

При товщині шару алюмінієвого покриття понад 120 мкм потрібно перед зварюванням закладних деталей видаляти покриття з місця накладення зварного шва.

У випадках, коли захист від корозії бетонних і залізобетонних конструкцій неможливо забезпечити описаними заходами, необхідно застосовувати конструкції з хімічно стійких бетонів – полімербетонів або кислотостійких бетонів.

Матеріали для підлог, на які впливає дія агресивних середовищ

Гідроізоляцію підлоги слід вибирати залежно від інтенсивності впливу рідких середовищ на підлогу згідно зі ДБН В.2.6-162:2010 і ступеня агресивного впливу цих середовищ. У разі малої інтенсивності та слабого ступеню агресивного впливу повинна бути передбачена лакофарбова ізоляція. У разі середньої та великої інтенсивності впливу рідких середовищ слабоагресивного ступеня впливу або у разі малої інтенсивності впливу

середовищ середнього та сильноагресивного ступеня впливу потрібно передбачати обклеювальну ізоляцію, виконувану з рулонних матеріалів на основі бітумів або рулонних і листових полімерних матеріалів. У разі великої інтенсивності впливу рідких середовищ сильно агресивного ступеня впливу повинна передбачатися посилена обклеєна ізоляція. Посилена ізоляція повинна передбачатися також під каналами та стічними лотками з поширенням її на відстань 1 м у кожен бік. Матеріали для захисту підлог наведені в таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Матеріали для захисту підлог, призначених для приміщень із агресивними середовищами

Агресивне середовище	Ступінь агресивного впливу	Конструктивні елементи підлоги		
		Гідроізоляція або ущільнювал. шар	Прошарок для штучного матеріалу	Покриття для підлоги
1	2	3	4	5
Кислоти мінеральні та органічні неокисляючі	Слабо-агресивний	Гідроізол, брізол	Силікатні замазки на основі рідкого скла	Кислотоупорні керамічні плитки або цегла. Безшовні підлоги на основі епоксидних смол
	Середньоагр.	Гідроізол, брізол поліізобутилен на клеї 88-Н	Полімерсилікат. замазки	Кислотоупорна цегла або плитка, плитки зі кам'яного литва, плитки зі шлакоситалу
	Сильноагрес.	Поліізобутил. поліхлорвініл. лінолеум або поліетилен на сварці	Полімерсилікат. замазки	Кислотоупорна цегла або плитка, плитки з кам'яного литва, плитки зі шлакоситалу, плитки або блоки полімербетону
Кислоти окисляючі	Від слабо- до сильноагрес.	Поліізобутил. на клеї 88-Н	Полімерсилікат. замазки	Таке саме
Кислоти із фтором	Від слабо- до сильноагреси	Гідроізол, брізол	Бітум або полімеррозчин із коксом або графітом	Графітові плитки типу АТМ, плитки із полімербетону з вуглеутримучим наповнювачем

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
Луги	Від слабо- до сильноагрес.	Поліізобутилен	Цементний розчин, полімеррозчин	Пластифікована епоксидна мастика, керамічні плитки або цегла
Поперемінний вплив кислот і лугів	Від слабо- до сильноагрес.	Таке саме	Бітум, полімеррозчин або замазки	Пластифікована епоксидна мастика, плитки із шлакоситалу, плитки з кам'яного лиття
Складні середовища	Від слабо- до сильноагрес.	Таке саме	Полімеррозчин	Епоксидна мастика, плитки із шлакоситалу

Примітка. Для кислот і окислювальних середовищ замазки, мастики, розчини й бетони потрібно виготовляти на кислотостійких заповнювачах (андезит, графіт, кварц).

Таблиця 2.2 – Хімічностійкі матеріали для підлог

Середовище	Концентрація ² середовища, %	Хімічна стійкість матеріалів для покриття підлог на основі ¹				
		кислото- стійкої кераміки	рідкого скла	бітума й пека	термо- пластів	реакто- пластів
Луги:	Понад 5	–	–	–	+	–
Їдкий натр ³	Від 1 до 5	+	–	–	+	–
	Менше 1	+	–	+	+	+
Основи:						
вапно, сода, основні солі	Не обмежується	+	-	+	+	+
Кислоти:						
Мінеральні	Понад 5	+	+	–	+	+
Органічні.	До 5	+	+	–	+	+
Ацетон, бензин тощо	–	+	+	–	+	+

¹Можливість застосування матеріалів покриття підлог позначена знаком «+».

²Концентрація агресивних розчинів не повинна перевищувати 20%. При великих концентраціях агресивних розчинів можливість застосування матеріалів потрібно визначати за відповідними ГОСТами.

³Покриття підлог допускається виконувати з цементного бетону.

Для відводу зливних вод і технологічних агресивних розчинів з підлог повинні передбачатися стічні канали та лотки, доступні для огляду та ремонту, з максимальною довжиною їхніх прямолінійних ділянок.

Для проектування підлог на ґрунті в разі середньої та великої інтенсивності впливу середньо- та сильноагресивних середовищ повинна додатково передбачатися ізоляція під підстиляльним шаром незалежно від наявності ґрунтових вод та їхнього рівня.

Фундаменти під обладнання, розташовувані на рівні підлоги або вище, повинні мати єдину з конструкцією підлоги суцільну гідроізоляцію. Для збереження цілісності потрібно передбачати влаштування компенсаторів або інші подібні заходи.

Особливості захисту залізобетонних конструкцій від електрокорозії

Захист від електрокорозії необхідно передбачити:

– за наявності блукаючих струмів від установок постійного струму для: залізобетонних конструкцій будівель і споруд відділень електролізу; конструкцій споруд електрифікованого на постійному струмі рейкового транспорту; трубопроводів, колекторів, фундаментів й інших протяжних підземних конструкцій будівель і споруд, розташованих у полі струму від стороннього джерела;

– від дії змінного струму у разі використання залізобетонних конструкцій як заземлювальних пристроїв.

Стан залізобетонних конструкцій будівель і споруд відділень електролізу та залізобетонних конструкцій електрифікованого на постійному струмі рейкового транспорту є свідомо небезпечним, у зв'язку з чим при проектуванні цих конструкцій потрібно обов'язково передбачати заходи щодо захисту від електрокорозії.

Небезпека електрокорозії підземних залізобетонних конструкцій, розташованих у полі струму від стороннього джерела, і необхідність їх захисту від електрокорозії повинні бути встановлені на підставі розрахунків або електричних вимірювань напруженості блукаючих струмів у ґрунті або на існуючих прилеглих аналогічних залізобетонних конструкціях.

Небезпека корозії змінним струмом промислової частоти для конструкцій, що використовуються як заземлювальні пристрої, визначається щільністю струму, які тривалий час стікає з зовнішньої поверхні арматури підземних конструкцій у ґрунт, що перевищує 10 мА/дм².

Способи захисту залізобетонних конструкцій від корозії блукаючими струмами підрозділяються на такі групи:

I – обмеження струмів витоку, яке виконується на джерелах блукаючих струмів;

II – пасивний захист, виконуваний на залізобетонних конструкціях;

III – активний (електрохімічний) захист, виконуваний на залізобетонних конструкціях, якщо пасивний захист неможливий або недостатній.

Пасивний захист залізобетонних конструкцій, будівель і споруд відділень електролізу та споруд електрифікованого на постійному струмі рейкового транспорту повинна забезпечуватися:

– застосуванням марки бетону по водонепроникності не нижче W 6;

– винятком застосування бетонів із домішками, що знижують електроопір бетону, зокрема тими, що інгібують корозію сталі;

– призначенням товщини захисного шару бетону не менше 20 мм, а для опор контактної мережі – не менше 16 мм;

– обмеженням ширини розкриття тріщин не більше 0,1 мм для попередньо напружених конструкцій і не більше 0,2 мм для звичайних конструкцій.

3 ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ ЩОДО ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Із впровадженням нових будівельних та оздоблювальних матеріалів у практику будівництва та реставрації питання безпеки для навколишнього середовища та для людини стає як ніколи актуальним. Екологічна оцінка безпеки будівельних матеріалів та раціональність їх вибору для питань будівництва активно впроваджується у практику будівництва та реставрації в усьому світі. Для проектування важливо вибрати ефективні матеріали не тільки з економічної та естетичної, але й з екологічної позиції. Для цього необхідна екологічна оцінка та класифікація будівельних матеріалів відповідно до вимог щодо захисту навколишнього середовища. Вимоги до санітарного стану житла зросли не тільки у зв'язку з посиленням забруднення зовнішнього середовища, але і у зв'язку зі значним розширенням асортименту будівельних матеріалів, що застосовуються як державними, так і приватними будівельними організаціями. Сутність у тому, що будинки, побудовані у радянський період, виготовлені з матеріалів, передбачених ГОСТами та будівельними нормами. У будівельних організацій, по-перше, не було вибору, по-друге, не було права застосовувати будь-які матеріали, крім зазначених у специфікації на типовий проект будівлі. Крім того, у дорадянський період будь-яких шкідливих будівельних матеріалів практично не існувало. До початку ХХ століття будинку зводилися винятково з цегли або природного каменю, а також таких матеріалів, як цемент, пісок, крейда, вапно. Із хімічних речовин використовувалися фарби та лаки, а також ті, що готуються переважно на основі оліфи. Зараз кількість будівельних та оздоблювальних матеріалів значно збільшилася. Весь асортимент сучасних будівельних матеріалів можна розділити на такі:

- порівняно безпечні;
- такі, які потребують суворого контролю.

Серед порівняно безпечних матеріалів можна виокремити найтрадиційніші, виготовлені на природній основі: цегла, камінь, бетон, оздоблювальні матеріали на основі гіпсу, дерево, скло. Небезпечнішими будівельними матеріалами з позиції екології є матеріали з високим вмістом полімерів у складі: різного роду пластики, лінолеуми, покрівельні матеріали, а також лаки, фарби та матеріали на основі фенолів і формальдегідів. Останні можуть негативно впливати на здоров'я людини. Лінолеум або ламінат під час нагрівання навіть сонячним світлом виділяють цілу гаму органічних і токсичних речовин. Неякісні фарби та лаки можуть із часом спричинити алергію або астму. Статистика ринку будівельних матеріалів досить тривожна.

Понад 50 % усіх будівельних матеріалів на внутрішньому ринку не можна назвати безпечними для здоров'я.

3.1 Життєвий цикл будівельних матеріалів

Для комплексної екологічної оцінки матеріалів необхідно знати весь комплекс негативних властивостей та їхній вплив на здоров'я людини, тобто гігієнічну безпеку на всіх етапах життєвого циклу матеріалу, а в цьому разі, перш за все, на стадії його експлуатації, оскільки від вибору матеріалу для інтер'єру залежить не тільки безпека житла, але й його комфорт.

Існують схеми оцінки екологічних ефектів у життєвому циклі матеріалу, починаючи із видобування сировини, виготовлення матеріалів та виробів, застосування матеріалу, експлуатації матеріалу в об'єкті, необхідності догляду за ним для забезпечення його якості, сумісність із матеріалами, які використовуються для продовження етапу експлуатації, ремонту, реставрації, реконструкції, знищення або повторного використання (при заміні матеріалу, зносі будівлі, споруди).

Розглянемо етапи життєвого циклу будівельних матеріалів із виявленням впливу на навколишнє середовище, а також із розробкою напрямів із вирішення проблем зниження навантаження на навколишнє середовище. Під час здійснення процесу видобування сировини для виробництва будівельних матеріалів відбувається вичерпання матеріальних, енергетичних та природних ресурсів; порушення ландшафту; порушення екосистем у вигляді забруднення повітря, води, ґрунту, виділення небезпечних вибросів тощо. До заходів зі зниження негативного впливу на навколишнє середовище належить уникнення небажаного споживання сировини, використання вторинної та поновлюваної сировини, оптимальне використання сировини.

У процесі виготовлення матеріалів та виробів виробничий процес виробництва матеріалів та виробів супроводжується такими негативними впливами на навколишнє середовище факторами – відходами, викидами у навколишнє середовище (воду, повітря, ґрунт), а також споживанням енергії, необхідною для технологічних процесів виробництва. Підвищення якості вироблюваних будівельних і обробних матеріалів, із високими характеристиками, що відрізняються підвищеною довговічністю у кінцевому підсумку, призводить до зниження природних ресурсів для виготовлення матеріалів та виробів. Зниження кількості етапів обробки у процесі технології виготовлення матеріалів також веде до скорочення шкідливих викидів у навколишнє середовище.

Обумовлені будівництвом (застосуванням будівельних матеріалів) споживання енергії, утворення відходів, шкідливих викидів, забруднення навколишнього середовища, можуть бути мінімізовані шляхом використання якісних матеріалів у разі відмови від використання матеріалів із органічними розчинниками та іншими шкідливими для людини матеріалами, вибором по довговічності будівельних матеріалів, деталей та виробів, відповідних строку служби всього будинку. У процесі експлуатації будівлі та відповідних будівельних та оздоблювальних матеріалів, що мають місце негативні впливи, менш небезпечні, ніж під час виготовлення останніх. Під час зносу (демонтажу) будинків, у разі утворення величезної кількості відходів спостерігається забруднення навколишнього середовища, а також порушення ландшафту від звалищ, спалення, утилізації будівельних відходів. До екологічних заходів зі зниження впливу на навколишнє середовище належить ремонт, реставрація об'єктів, відмова від спалення, утилізація будівельних відходів, сортування відходів, перевага повторного використання без переробки.

Значна екологічна небезпека представляють підприємства по виробництву штучних будівельних матеріалів.

На етапі будівництва важливо попередньо визначити термін придатності різних матеріалів, будівельних елементів та всього будівництва, а також оцінити довговічність матеріалу. Високий показник довговічності означає, що матеріал довго зберігає всі свої властивості та має більший термін використання до ремонту або заміни виробу. Унаслідок продовження періоду використання матеріалу навантаження на навколишнє середовище на цей період зменшується. Важливо, щоб довговічність матеріалів окремих будівельних вузлів завжди відповідала життєвому терміну всього будинку. При екологічній оцінці матеріалу на цій стадії враховується кількість відходів та можливість викиду в навколишнє середовище шкідливих речовин у процесі виробництва будівельних робіт. Акцент при оцінці декоративної продукції робиться на аналіз впливу матеріалу на здоров'я людини. За результатами екологічної оцінки небажаними до використання можуть стати навіть матеріали, що пройшли гігієнічну сертифікацію. Критерієм для відхилення є наявність у них складу небезпечних для здоров'я речовин. До цих матеріалів належать деревостружкові матеріали на фенол формальдегідному зв'язуючому; матеріали, у яких як в'язучий застосовується фосфогіпс, клей та фарби на органічних розчинниках; матеріали, що містять ПВХ та інші. Доцільно уникнути застосування таких матеріалів у житлових та громадських будівлях.

На етапі експлуатації екологічне навантаження більшою мірою визначається вибором, зробленим на попередніх етапах, і тут додатково

необхідно визначити експлуатаційні витрати на утримання матеріалу для збереження його властивостей.

У межах будівельного комплексу залишаються практично не вирішені проблеми, обумовлені використанням матеріалів, що представляють небезпечні для здоров'я людини властивості у новому будівництві, реконструкції та реставрації. Інколи виявляється, що серед широко використовуваних у будівництві матеріалів є і небезпечні (азбест, синтетичні смоли, стирол, хлористий вініл).

На останньому етапі життя матеріалу постає питання про оцінку можливості його використання повторно без значної додаткової переробки. Тому критерієм для екологічного оцінювання матеріалу стає можливість його реставрації, ремонтпридатність. Через реставрацію або бережне утримання конструкцій та матеріали можна подовжити термін їхньої придатності. У цьому разі кількість будівельних відходів може бути скорочено.

3.2 Питання екологічної та пожежної безпеки конструкцій із використанням композиційних будівельних матеріалів

Наукові дослідження показують, що практично всі полімерні будівельні та оздоблювальні матеріали, створені на основі низькомолекулярних з'єднань, у процесі використання можуть виділяти токсичні леткі компоненти, які при тривалому впливі можуть несприятливо впливати на живі організми, зокрема й на здоров'я людини. Наприклад, матеріали на основі карбамідних смол, зокрема деревостружкові плити (ДСП), виділяють формальдегід у 2,5–3 рази більше допустимого рівня. У вільному стані формальдегід становить ізоляційний газ, що володіє загальною токсичністю. Він впливає на життєво важливі ферменти у організмі, призводить до захворювань дихальної системи та центральної нервової системи.

Матеріали на основі фенолформальдегідних смол, а саме деревоволокнисті (ДВП), деревостружкові (ДСП) і деревочаруваті (ДШП) виділяють у повітряне середовище приміщень фенол і формальдегід. Концентрація формальдегіду в житлових приміщеннях, обладнаних меблями та будівельними конструкціями, що містять ДСП, може перевищити НДК у 5–10 разів. Особливо високий надмірно допустимий рівень відзначається у збірно-щитових будинках.

Матеріали на основі епоксидних смол містять леткі токсичні речовини (формальдегід). Наприклад, полімербетон (ПБ) на основі епоксидної смоли

Ед-6 зі введенням у його складі пластифікатора МГФ-9 знижує виділення ЕХГ і може бути рекомендований тільки для промислових будівель.

Полівінілхлоридні матеріали (ПВХ) у процесі експлуатації можуть створювати на своїй поверхні статичне електричне поле напруженості до 2 000–3 000 В/см. У процесі використання полівінілхлоридних плит у повітрі середовища приміщень виявляють фталати та бромувальні речовини. Негативна властивість плиток – низькі теплозахисні властивості, що призводить до простудних захворювань. Рекомендуються тільки у допоміжних приміщеннях і коридорах.

Стиролоподібні полімери виділяються у процесі деструкції стиролу. Полівінілацетатні покриття (ПВА) за умови недостатнього провітрювання виділяють у повітряну середовище приміщень формальдегіду та метанолу в кількості, що перевищує НДК у два рази й більше.

Ще одна екологічна загроза, що впливає з полімерних будівельних матеріалів – протипожежні речовини – вогнегасники, що містяться в негорючих пластиках. Установлений зв'язок шкідливих речовин, які виділяються з них, з захворюванням населення алергією, бронхіальною астмою тощо.

Проведені в останні роки наукові дослідження показали, що полімерні будівельні матеріали можуть виявитися джерелом виділення таких шкідливих речовин, як бензол, толуол, ксилол, аміни, акрилати тощо.

Учені Інституту будівельної екології у Швеції серед найнебезпечніших хімічних сполук, що виділяються в атмосферу житлових будинків із полімерних будівельних матеріалів, виокремлюють ізоціанти, кадмій і вогнетриви. Ізоціанти – небезпечні токсичні сполуки, що проникають у житлові приміщення з поліуретанових матеріалів (ущільнювачі, з'єднання тощо). Як відзначають шведські спеціалісти, поліуретанова піна дуже зручна у роботі, але може виявитися небезпечною для майбутнього житла. Шкідлива дія ізоціантів, що призводять до астми, алергії та іншим захворюванням, підсилюється при нагріванні поліуретанових матеріалів сонячними променями або теплом від опалювальних батарей.

Приведені дані свідчать про небезпеку для здоров'я людини та стану навколишнього середовища використання у будівництві полімерних синтетичних матеріалів.

Пожежонебезпека конструкцій з використанням полімерних матеріалів

На сьогодні поширено рекламу різних теплоізоляційних будівельних матеріалів, таких як пінополістирол, пінополіуретан, мінеральна вата тощо. Виробники цих матеріалів запевняють, що ця продукція є екологічно чистою,

довговічною, пожежонебезпечною та без шкоди для людей, що живуть у будинках, побудованих на основі цих матеріалів.

Однак, оскільки пінопласти становлять дисперсні полімерні системи, вони не тільки є органічними з'єднаннями, але й мають дуже високу поверхню контакту конструкції з киснем повітря. Відомо, що можливість реакції визначається так званою енергією Гіббса, а для будь-яких реакцій органічних сполук із киснем значення цієї енергії буде негативним. Інакше кажучи, якщо органічне з'єднання знаходиться на повітрі, то це буде неминуче окиснення киснем. До того ж, через те що пінопласти мають максимально можливу поверхню, то й окислюватися вони будуть із максимальною швидкістю порівняно з аналогічними полімерами. Тому для будь-якого пінопласту неминуче слід припустити якийсь кінцевий та дуже обмежений час експлуатації, коли його експлуатаційні властивості будуть ще у допустимих межах. Зі зростанням температури швидкість окислення буде тільки зростати. Тому всі пінопласти є пожежонебезпечними матеріалами. І, нарешті, якщо пінопласти окислюються навіть при кімнатних температурах, то продукти такого окислення негативно впливають на навколишнє середовище.

Питання окислювальної деструкції полімерів розглядаються багатьма авторами. І. С. Філатов не тільки дає експериментальний матеріал із випробування різноманітних полімерів у різних кліматичних умовах, але й докладно розглядає механізми окислення та руйнування більшості зі звичайно використовуваних полімерів. Н. Н. Павлов систематизував дані досліджень радянських та зарубіжних дослідників у галузі старіння полімерних матеріалів, розглянув вплив умов зберігання та експлуатації на зміну властивостей полімерів різних класів.

Використання будівельних матеріалів із синтетичних полімерів, таких як пластикові панелі, пінопласт, мінеральна вата тощо. недопустимо, оскільки ці матеріали запобігають створенню сприятливого мікроклімату, а також виділяють ядовиті речовини під час горіння, не розкладаються природним чином. У процесі своєї деструкції протягом часу (цей процес починається з моменту виготовлення та продовжується протягом усього періоду експлуатації), ці матеріали виділяють у повітря шкідливі речовини. На малих інтервалах часу цей вплив може й не бути помітним, але, тим не менше, він надає системний вплив на організм.

В Україні велике розповсюдження як наповнювача для сендвіч-панелей отримало мінеральну вату. Це обумовлюється тим, що за нормами пожежної безпеки мінеральна вата вважається безпечним та негорючим матеріалом. Насправді це не зовсім так – негорючим матеріалом є мінеральна вата як така. При виробництві сендвіч-панелей вату оброблюють спеціальними

органічними домішками, які зі свого боку горять. Небезпека існує також із боку поліуретанового клею, який використовується для скріплення наповнювача зі покривними листами. Отже, якщо розглядати панель із наповнювачем із мінеральної вати як конструкцію, то між листками металу містяться до 10 % горючих компонентів.

Крім того, у разі загоряння конструкцій із використанням синтетичних і полімерних матеріалів (наприклад, мінеральна вата, пластикові облицювальні панелі, «сайдинг», пінополістирол, лінолеум, синтетичні клеї тощо), вони виділяють у повітря житлової зони таку кількість отрути, що той, хто вижив після такої пожежі, отримує серйозне отруєння організму.

Офіційно класифікація всіх будівельних матеріалів на пожежну небезпеку проводиться згідно зі стандартною методикою, у процесі якої враховується зменшення маси матеріалу під час нагрівання повітря, а не можливість самостійно горіти після видалення джерела вогню. Тому за класифікацією на пожежну небезпеку полімери належать до класу «Г», тобто є горючими матеріалами. Теоретичні питання термічного розкладу полімерних матеріалів докладно розглянуті, наприклад, у монографії С. Мадорського. У практиці проблема пожежної небезпеки розглядається зазвичай із двох боків: небезпека горіння полімерів та небезпека продуктів термічного розкладання та окислення матеріалу. Наприклад, дослідники встановили, що головним вражаючим фактором пожеж є леткі продукти горіння. У середньому лише 18 % людей гине від опіків, решта – від отруєнь у поєднанні з дією стресу, тепла тощо. Є дані про те, що навіть у разі порівняно невеликої пожежі у приміщенні, насиченому полімерними матеріалами, відбувається швидка гибель існуючих там людей переважно від отруєння отруйними леткими продуктами.

Виділення газоподібних токсичних речовин у результаті горіння полімерних будівельних матеріалів є серйозною небезпекою для людей, що живуть у такому будинку. Досить вказати, що термічне розкладання у разі горіння 1 кг полімеру дає стільки токсичних речовин, що їх достатньо для отруєння повітря в приміщенні об'ємом 2 000 м³. У людей, які перебувають у такому приміщенні, через 10–15 хвилин виникає важке отруєння або навіть гибель. Продуктами горіння полімерних матеріалів є такі токсичні речовини, як формальдегід, хлоридний водень, окис вуглецю тощо. Під час горіння пінопластів виділяється досить небезпечний газ – фосген (у першій світовій війні він застосовувався як отруйна речовиною задушливої дії), під час термічного розкладу пінополістиролу – ціаністий водень, газоподібний стирол та інші небезпечні продукти. Отже, полімерні матеріали у будівництві не тільки не можуть вважатися пожежобезпечними.

3.3 Енергоємність та довговічність конструкційних матеріалів та проблеми їх утилізації

Любий ефективний утеплювач: полімерний або з мінеральної вати старіє та підлягає деструкції. За перші 8–12 років експлуатації утеплювач втрачає близько 35 % своїх теплозберігальних властивостей, що знижує надійність будівлі, тобто здатність його конструкцій зберегти проектні показники протягом всього розрахункового терміну експлуатації. І замінити її без розбирання зовнішньої версти кладки неможна, тобто обслуговування такої конструкції не потребується.

У монографії С. В. Александровського [1] наведені показники довговічності тришарових стін із пінополістирольним утеплювачем. Згідно із матеріалами даної роботи, зниження міцності утеплювача на 20 % у межах північної орієнтації відбувається протягом 54 років, а у межах південної орієнтації – за 32 роки.

Ю. Д. Ясин [2] приводив такі строки служби огорожувальних конструкцій:

- пінополістирол усередині стінки – від 15 до 50 років;
- мінеральна вата – від 20–50 років;
- склопакети клеєні – 10–15 років;
- панелі із важкого бетону з утеплювачем – 50 років;
- однорідні стіни з пустотного керамічного бруса – від 100 до 150 років.

Будівельна промисловість витрачає величезні матеріальні, енергетичні та трудові ресурси на виробництво утеплювачів та будівництво з його застосуванням усередині кладки або панелі, унаслідок чого вибудовуються об'єкти, надійність і довговічність яких неможливо гарантувати більше ніж на 25–30 років. Цей підхід призводить до перевитрат енергії та ресурсів.

Для того, щоб визначити настільки економічні будинки на основі зазначених вище полімерних та синтетичних будівельних матеріалів та який ефект від їх масового виробництва та експлуатації, необхідно встановити енергоємність процесів їх виробництва та утилізації, що вимірюються у кВт · ч/н. о. За н. о. (натуральну одиницю) приймається 1 м³ матеріалу або 1 м² при однаковій встановленій теплопровідності матеріалу (матеріалів).

Під час вибору будівельних матеріалів необхідно враховувати, що загальні обсяги енергозатрат на зведення будинку (зокрема на видобування та переробку сировини, виробництво будівельних матеріалів та виробів-напівфабрикатів, будівельно-монтажні роботи, транспорт, обладнання будівлі тощо) можуть істотно перевищити узгоджені експлуатаційні енергозатрати на

опалення будівлі за весь розрахунковий термін служби будинку та витрати на подальше утилізацію будівель.

Відповідно, критерієм оптимальності вибраних проектних рішень, зокрема й за вибором будівельної матерії, поряд із критеріями екологічної безпеки, повинні слугувати спільні загальні енергозатрати на будівництво будинку, його опалення за весь розрахунковий термін служби цього будинку та подальша утилізація.

3.4 Екологічні шляхи поліпшення санітарно-гігієнічних властивостей будівельних матеріалів

Гігієнічна безпека будівельних матеріалів для людини визначається комплексом санітарно-гігієнічних характеристик (СГХ), що визначають потенційну небезпеку матеріалу для здоров'я людини, відповідність гігієнічним вимогам, які пред'являються до матеріалів або виробів конкретного призначення. Небезпека матеріалу може проявлятися внаслідок забруднення навколишнього середовища, наприклад, повітря у приміщенні, або за рахунок безпосереднього контакту з людиною. Комплексом санітарно-хімічних характеристик (СХХ) визначається небезпека від речовин, які виділяються з матеріалу, що забруднюють середовище людини. Забруднення середовища, що контактує з поверхнею будівельних матеріалів, відбувається газоподібними речовинами та твердими часточками пилу, які утворюються за допомогою тертя. У цьому разі говорять про процес емісії, міграції з матеріалу, що містяться у ньому легких сполук. Цей процес можна підсилити умовами експлуатації, діями високої температури, радіації, механічних навантажень та ін. Отже, саме середовище, що контактує з матеріалом, може спричинити реакції, що призводять до утворення міграційних зв'язків. При цьому можуть утворюватися так звані вторинні забруднювачі, які також можуть бути шкідливими для людини.

Міграція речовин у матеріалі – складний багатостадійний процес, тривалість якого може становити від декількох годин до багатьох місяців, а іноді й років. Швидкість руху міграційних речовин від матеріалу до кордону його розділу зі середовищем визначається швидкістю дифузії цих речовин у матеріалі, ступенем його кристалічності та іншими структурними та експлуатаційно-технічними властивостями. Тому хімічний склад матеріалу є одним із найважливіших показників. Під час оцінки повітря у закритих приміщеннях застосовується НДК, встановлений для речовин, які можуть виділятися в атмосферу. Однак таку оцінку можна не вважати оптимальною,

оскільки повітря у закритих приміщеннях істотно відрізняється від атмосферного (обмежений об'єм, відсутність фактору «розбавлення», поглинання хімічних речовин будівельними матеріалами та подальше їх виділення тощо). Останні дослідження показали, що для житлового будівництва при виборі матеріалів потрібно враховувати, що значення максимально допустимих концентрацій (НДК) токсичних речовин повинні бути зменшені у сотні разів відповідно до їхніх властивостей.

У вітчизняній та закордонній практиці параметри проведення санітарно-хімічних експериментів регулюються досить умовно, без урахування різноманіття факторів, що впливають на міграцію токсичних з'єднань. Це призводить до поганої відтворюваності результатів, а у низці випадків і до неправильних висновків про гігієнічні властивості матеріалів. Тому найбільш доцільний шлях гігієнічного нормування інгредієнтів будівельних матеріалів – встановлення допустимих рівнів міграції шкідливих речовин на стадії виходу матеріалів із підприємства-виробника, тому що це дозволяє контролювати їхні властивості у межах попереджувального нагляду. Ураховуючи, що у початковий період після виготовлення матеріалу шкідливі речовини виділяються найінтенсивніше, і знаючи концентрацію цих речовин при виході матеріалу з виробництва, можна визначити їхній вміст у повітрі до моменту заселення квартир.

Несприятливий вплив будівельних полімерних матеріалів на організм людини, обумовлений переважно виділенням шкідливих речовин у зовнішню середовище у процесі експлуатації виробів, практично можна усунути тільки шляхом видалення такого матеріалу із приміщення. Щоб уникнути таких дій, необхідно вже на стадії проектування визначити правильний вибір і закладати у проект тільки безпечні для людини матеріали. Це буде орієнтувати та стимулювати виробників БМ на випуск екологічних матеріалів. Реалізація на будівельному ринку в цьому разі також буде визначена вибором споживача – його відмовою від покупки небезпечних матеріалів та відмови від застосування матеріалів, у складі яких є шкідливі для людини речовини. Тому головне завдання архітектора, будівельника та інших полягає у раціональному виборі матеріалів уже на стадії проектування. У спеціальних ситуаціях, наприклад у промислових будинках, у разі, якщо немає альтернативних варіантів застосування матеріалів, що забезпечують задані експлуатаційно-технічні властивості, для певного функціонального призначення тимчасово допускається використання таких спеціальних матеріалів, але в цьому разі потрібно контролювати концентрації шкідливих речовин, виділених ними у приміщення, і не допускати перевищення НДК. У разі появи нових, більш екологічних матеріалів у галузі промислової архітектури потрібно відмовитися

від старих небезпечних БМ. Такі сучасні екологічно цілеспрямовані наукові підходи до вибору будівельних матеріалів для «стабільного будівництва та реставрації» у всьому світі. Співставлення матеріалів за показником НДК потрібно використовувати тільки при попередній оцінці придатності матеріалу для тих чи інших цілей. Остаточне рішення про можливість використання будівельної матеріалу, що містить навіть незначну кількість шкідливих речовин, у конкретних умовах експлуатації приймається тільки після отримання додаткових характеристик токсикологічних досліджень. Під час вибору матеріалів для проекту, коли неможливо за технічних або економічних причин уникнути застосування матеріалу, що містить у своєму складі небезпечні для людини речовини, необхідно обов'язковий докладний аналіз даних про токсичність кожної речовини. Для токсикологічних досліджень будівельних матеріалів особливо необхідно перевірити та виявити хронічні впливи на організм людини речовин малої інтенсивності, що викликають фактор привчання, який вважається негативним, а також кумулятивний ефект – комбінована дія різних хімічних речовин. Кумуляція (накопичення) особливо небезпечна під дією речовин у змінних концентраціях, ступеня освітленості УФ проміннями та ін. Істотна різниця в дії токсичних речовин через їх здатність накопичуватися у живому організмі спостерігається у людей різного віку. У разі виявлення таких властивостей потрібно шукати інший матеріал для заміни або передбачити додаткові конструкційно-технологічні заходи безпеки, що може виявитися набагато дорожче, ніж відмова від дешевого, але шкідливого матеріалу, і його заміна на дорожчий та більш екологічний матеріал.

Найбільшу небезпеку становлять полімерні (синтетичні) будівельні матеріали та матеріали на мінеральних в'язучих, отримані з використанням відходів промисловості, оскільки для них найбільш вірогідний ризик вмісту небезпечних для здоров'я речовин. Використання полімерних матеріалів в умовах, обумовлених їхнім впливом на людський організм, здебільшого жорстко регулюється відповідними гігієнічними вимогами до самих полімерів, до вихідних речовин для їхнього синтезу (мономерів, каталізаторів тощо), а також до інгредієнтів композицій.

Залежно від сфери застосування та передбачуваних умов експлуатації матеріалів і виробів істотне значення можуть мати інші показники, насамперед:

- органолептичні (наприклад, запах і присмак матеріалу);
- фізіолого-гігієнічні (наприклад, температура поверхні шкіри під час контакту з матеріалом);
- фізико-гігієнічні (коефіцієнт теплопровідності, який у гігієнічній практиці прийнято назвати коефіцієнтом теплозабезпечення, водо- та паропроникність матеріалу);

– мікробіологічні (вплив матеріалу на розвиток мікроорганізмів).

Важливе значення для оцінки за цими показниками набули експлуатаційно-технічні властивості матеріалів – такі як пористість, водопоглинання, щільність, повітропроникність.

Під час органолептичних досліджень будівельних матеріалів найбільшу увагу приділено оцінці їхнього запаху, оскільки сторонній запах у приміщенні негативно впливає на стан організму, спричиняючи відчуття дискомфорту, найчастіше – сильні головні болі, нудоту, приступи бронхіальної астми та інші порушення дихання, а у знервованих і хворих людей – погіршення основної хвороби. Запах матеріалів оцінюють у лабораторних та експлуатаційних умовах; у першому випадку використовують спеціальні камери-генератори. Одорометричні дослідження зразка будівельного матеріалу проводяться з метою визначення наявності, інтенсивності та характеру запаху, що створюється хімічними речовинами, виділяються з досліджуваного матеріалу. Для оцінки використовують 6-бальну шкалу:

– 0 – (відсутність запаху) – запах не відзначається ні одним зі спостерігачів;

– 1 – (дуже слабкий запах) – запах виявляється лише найчутливішими спостерігачами;

– 2 – (слабкий запах) – запах не залучає уваги спостерігачів, але відзначається, якщо експериментатор вкаже на його наявність;

– 3 – (помітний запах) – легко відчутний запах, даючи підстави стверджувати, що він обумовлений застосованими полімерними матеріалами;

– 4 – (відмінний запах) – запах, який звертає на себе увагу;

– 5 – (сильний запах) – запах, що виключає можливість тривалого перебування людини у приміщенні.

Інтенсивність запаху матеріалу, призначеного для застосування у житлових приміщеннях, дитячих та лікувальних установ, не повинно перевищувати двох балів за вказаною вище шкалою.

Будівельні матеріали і, насамперед, із застосуванням полімерних матеріалів, обов'язково включають оцінку їхніх фізико- та фізіолого-гігієнічних показників. Наприклад, для покриття підлог головним інтегральним показником властивостей матеріалу є коефіцієнт теплозабезпечення. Цей показник визначає тепловий комфорт приміщень. Полімерні покриття підлог відрізняються від дерев'яних гіршими теплозахисними властивостями, що іноді призводить до простудних захворювань. Тому для будівель різного призначення встановлені оптимальні коефіцієнти теплозасвоєння полімерних покриттів підлог.

Під час оцінки придатності будівельних матеріалів, зокрема, покриттів для підлоги, нормалізують також показник, що характеризує накопичення на їхній поверхні статичної електрики. Критерієм для гігієнічної оцінки статичної електрики тощо є: наявність жалоб населення на розряди статичної електрики при нормальній відносній вологості повітря в приміщенні (напруженість поля статичної електрики не допускається понад 20 кВ/м на поверхні експлуатованого стану, що відповідає пороговій величині відчуття людиною розрядів статичної електрики). Уже при напруженості поля понад 15 кВ/м відзначені переміщення в активності ферментів, а також деякі зміни білків плазми крові.

На стан організму також впливає знак заряду: позитивний – несприятлива дія; негативний – сприятлива дія (шкіра людини отримує заряд, протилежний знак заряду матеріалу).

Електризуємість зразків матеріалів для покриттів підлог оцінюють у спеціальній камері при кімнатній температурі та відносній вологості повітря 30–35 %. Час стікання заряду до залишкового потенціалу 0,2 кВ, що відповідає пороговій величині засвоєння зарядів статичної електрики людським організмом, повинен бути не більше 60 секунд.

Гігієнічні випробування будівельних полімерних матеріалів повинні передбачати мікробіологічні дослідження – оцінку впливу матеріалів на мікрофлору приміщень. Визначається сапрофітна мікрофлора, наявність якої важлива з санітарної точки зору. Під час дослідження матеріалів, що використовуються у будівництві лікувальних закладів, крім того, визначається виживання патогенної мікрофлори. У деяких полімерних матеріалах мікроорганізми виявляють харчові субстрати, що стимулюють їх розмноження та розвиток. Мікробіологічні дослідження проводять шляхом бактеріологічного аналізу повітря приміщень та відбитків із поверхні виробів. Варто звернути увагу, що деякі матеріали володіють вираженими протимікробними властивостями, наприклад, матеріали на основі полівінілхлориду, а також полімербетон на основі мономера ФА (фенол-альдегід), що оцінюється як негативне явище, оскільки ці речовини належать до небезпечних забруднювачів повітря.

Екологічні шляхи поліпшення санітарно-гігієнічних властивостей декоративних будівельних матеріалів

Одним із ефективних способів поліпшення санітарно-гігієнічних властивостей полімерних матеріалів для архітекторів та реставраторів є відмова від використання тих із них, які містять шкідливі, токсичні речовини та

надають інші негативні впливи на людину. У цьому разі виробник буде шукати шляхи підвищення безпеки продукції і, насамперед, при цьому потрібно очікувати підвищення його екологічного якості. У разі, якщо аналіз безпеки матеріалів проводиться для реставраційних проектів, необхідно передбачити використання захисних засобів для виключення прямого контакту людини із небезпечними матеріалами. Цей прийом можна використати і в новому будівництві, якщо вибраний матеріал за санітарно-гігієнічними параметрами містить шкідливі речовини, але для вибору за експлуатаційно-технічними параметрами немає альтернативних варіантів.

Для поліпшення СГХ можуть бути використані такі прийоми:

1. На стадії виробництва:

– підбір відповідних умов синтезу, при якому полімер утворюється з мінімальним вмістом остаточного мономера;

– застосування полімерів, під час синтезу яких були використані фізичні методи ініціювання, наприклад, підвищені температури, УФ або гамма-опромінення (такі полімери не містять домішок токсичних ініціаторів та каталізаторів);

– використання для створення композиції полімерів та інгредієнтів, які добре очищені від токсичних домішок;

– підбір параметрів технологічної переробки полімерного матеріалу, унаслідок якої може бути отримана продукція з мінімальним вмістом токсичних та летких сполук;

– уведення у полімеризаційну систему (або у композицію у разі її переробки) речовин, реакція яких із токсичними сполуками призводить до утворення нетоксичних продуктів;

– вакуумування матеріалу (продукту) перед експлуатацією з метою зниження вмісту в матеріалі летких речовин. У разі такого оброблення не повинні змінюватися головні експлуатаційні властивості полімерного матеріалу, тому для запобігання деструкції полімеру термообробки часто проводять у середовищі інертного газу.

2. Нова стадія будівництва та експлуатації:

– тривале зберігання готового матеріалу або виробу перед його використанням. Цей найпростіший, але не завжди досить ефективний прийом зниження кількості міграційних сполук, широко застосовується, зокрема, для поліпшення гігієнічних властивостей полімерних будівельних матеріалів;

– нанесення на поверхню матеріалу (або виробу) захисного шару, наприклад, кремнійорганічного покриття або інших матеріалів.

Перелічені заходи сприяють появі на будівельному ринку нових продуктів, у яких використовуються безпечні для людини речовини та матеріали.

Висновки

На підставі аналізу санітарно-гігієнічних, фізичних та естетичних властивостей полімерних будівельних матеріалів або конструкцій із їх використанням можна стверджувати, що всі синтетичні та полімерні будівельні матеріали неминуче володіють чотирма негативними експлуатаційними властивостями: нестабільністю, пожежонестійкістю, екологічною небезпекою та високими енергозатратами на виробництво та утилізацію, унаслідок чого їх застосування в будівництві будь-яких типів житлових будинків неприпустимо.

4 ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАРИХ БУДІВЕЛЬ ТА ПРОВЕДЕННІ РЕСТАВРАЦІЙНИХ РОБІТ

4.1 Застосування сучасних матеріалів для посилення будівельних конструкцій

Застосування фіброармованих полімерних матеріалів. На сьогодні поряд із традиційними методами посилення будівельних конструкцій все ширше застосовують спеціальні методи, зокрема посилення конструкцій за допомогою композитних матеріалів, виготовлених із високоміцних волокон (вуглецевих, арамідних, скляних), замоноличених у сполучному складі на полімерній основі тощо.

Як затвердуючий полімер зазвичай застосовують епоксидні або поліакрінітрілові смоли. Волокна у сполучному матеріалі можуть бути випадково розташованими або розташовуватися в одному напрямку. Якщо волокна розташовуються в одному напрямку, то такий композиційний матеріал називається односпрямованим. У разі двоскерованого розташування волокон матеріал називають двовісноармованим. В окремий клас виокремлюють жорсткі композиційні матеріали, звані ламінатами, які складаються з декількох односпрямованих шарів. При цьому орієнтація кожного шару щодо попереднього може змінюватися. Різновидом ламінатів є гібриди, що становлять багат шарові композиційні матеріали, армовані волокнами різного типу.

Композитні матеріали характеризуються винятковими фізико-механічними характеристиками (високою міцністю на розтягування та стиснення, близьким до сталі модулем пружності – до 640 ГПа, значним опором динамічним навантаженням, не схильні до корозії та стійкі до хімічних агентів (кислотних і лужних). Мають високий ступінь витривалості й втомної міцності, термічної та реологічної стійкості.

Матеріали на основі вуглеводневих волокон виготовляються у вигляді *ламінатів і полотен*.

Ламінати – вуглецеві волокна, строго орієнтовані в одному напрямку та замоноличені (ламіновані) у полімері у вигляді жорстких смуг. Їх застосовують для сприйняття розтягувальних зусиль, що згинаються, центрально й позацентрово стиснутих елементів (плоских і ребристих плит, балок, ригелів, нижніх поясів ферм тощо).

Полотна – гнучка тканина з одно- та двоспрямованим розташуванням вуглецевих волокон. Їх використовують для посилення будівельних конструкцій, які працюють у складному напруженому стані, для сприйняття поперечної сили та зсувних зусиль (колон, стійок, приопорних частин балок і

ригелів каркасних будинків). Полотна поставляють у рулонах і застосовують під час так званого «мокрого» способу. Вони наклеюються на посилювану поверхню конструкції пошарово за допомогою спеціальних епоксидних, поліефірних або вінілефірних смол (адгезиви) із просоченням кожного шару. Для придавлювання полотен використовуються рифлені валики, що сприяє кращому просочуванню полотен і виходу залученого повітря з адгезійного шару. Після накопчення здійснюється витримка протягом 30 хв, після чого укладається наступний шар адгезиву та полотна. Після завершення наклеювання всіх шарів на верхній шар наноситься захисне покриття з розрахунку 0,5 кг/м². Для посилення зчеплення полотен з конструкцією проводиться встановлення бандажів і хомутів із полотна. Композит формується під час затвердіння епоксидної смоли в природних умовах.

Ламінати виготовляють завдовжки до 250 м, завширшки 5–15 см завтовшки 1,2–1,5 мм. Їх доставляють на об'єкт згорнутими у рулон і розрізають на гільйотинних ножицях або обрізною машиною на відрізки необхідної довжини.

Перед встановленням на конструкції, що підсилюються, ламінати очищають м'якою тканиною, змоченою в ацетоні. Після цього на поверхню ламінату та на підготовлену поверхню конструкції, що підсилюється, наносять адгезійний шар і накочують гумовим валиком для щільного прилягання до поверхні. Приклеєний ламінат не може бути піддано механічному впливу протягом доби (до затвердіння адгезійного шару).

Найважливішою проблемою під час використання композиційних матеріалів є забезпечення їхньої спільної роботи з підсилювальним елементом. Для цього перед наклеюванням ламінатів і полотен здійснюється підготування бетонної поверхні шляхом видалення частинок бетону в зруйнованих зонах і оброблення їх спеціальними інгібіторами. При цьому каверни та раковини на бетонній поверхні закладаються високоміцними швидкотвердуючими розчинами. Після очищення підготовлена до наклеювання бетонна поверхня обробляється складом ґрунтовки з метою поліпшення зчеплення адгезиву та композиційного матеріалу з бетонною поверхнею.

Посилення стислих і позацентрово стиснутих конструкцій (колони, простінки) здійснюється шляхом влаштування навколо перетину елементів бандажів з напрямком волокон перпендикулярно поздовжньої осі елемента, що підсилюється.

Посилення плитних конструкцій проводиться шляхом наклеювання на нижню поверхню поперечних і поздовжніх накладок фіброармованих полімерів (ФАП) із напрямком волокон перпендикулярно один одному.

Для посилення елементів, що згинаються (балок) наклеювання ФАП проводиться на нижню поверхню ребра з напрямком волокон уздовж осі посилюваної конструкції, або похилих хомутив у приопорній зоні з напрямком волокон перпендикулярно поздовжньої осі.

Вартість вуглецевих композиційних матеріалів перевищує вартість сталевих підсилювальних елементів, проте це компенсується їхніми унікальними властивостями та простотою в роботі. Мала маса і щільність забезпечують легкість транспортування і оброблення матеріалу. Використання вуглецевих матеріалів не потребує застосування важких допоміжних пристосувань. Вони здатні легко повторювати будь-які форми, що підсилюється. Для цього достатньо лише притиснути їх рукою або прикатати валиком і організувати тимчасове кріплення до поверхні, що підсилюється.

Високі механічні та технологічні якості вуглеводневих матеріалів відкривають широкі перспективи використання їх під час реконструкції будівель і споруд із метою посилення та реставрації конструкцій із бетону та залізобетону.

Використання нанобетонів. Розвиток нанотехнологій на сьогодні є актуальною темою, що дає змогу отримати той чи інший матеріал із заздалегідь заданою певною структурою. Особливо широко впроваджують нанотехнології у будівництві під час виготовлення нових будівельних матеріалів із унікальними фізико-технічними властивостями.

Прийнято вважати нанобетоном такий матеріал, який містить у своїй структурі наночастинки розміром від 1 до 100 нанометрів. Найширшим наномодифікатором для виготовлення нанобетонів є мікрокремнезем (МК), що утворюється як побічний продукт під час виробництва феросиліцію, металевого кремнію.

Для виробництва нанобетонів використовуються також фулерени й фуллероїди. Фулерени є зміцнювачами цементного каменю, але через свою високу вартість у широкій практиці не використовуються. Фуллероїди у вигляді одне- та багатошарових нанотрубок, дешевші, ніж фулерени й застосовуються досить широко.

У результаті досліджень було розроблено клас спеціалізованих нанобетонів, що включають:

- легкі нанопенобетони для індивідуального будівництва та зведення легких перегородок у приміщеннях різного призначення;
- нанобетони середньої щільності, що володіють підвищеною міцністю й іншими якостями, що роблять їх перспективними для використання в будівництві мостів, дорожніх і аеродромних покриттів;

– нанобетони високої та надвисокої міцності для ліфтових шахт, балок, ферм, інших несучих конструкцій у житловому та промисловому будівництві.

Дослідженнями встановлено, що механічна міцність нанобетонів у 1,5–2 рази вище міцності звичайного бетону. Вага конструкції, виконаної з такого бетону, знижується у шість разів. Його характеристики жароміцності, морозо- та водостійкості також краще, ніж у звичайного бетону. До переваг цього матеріалу можна зарахувати здатність збереження кольору будівель або конструкцій, протягом тривалого часу за умови агресивного міського оточення. Перелічені унікальні властивості нанобетонів високої міцності дають змогу виготовляти залізобетонні конструкції меншого перетину, знижувати витрату бетону та власну вагу конструктивних елементів. Установлено, що нанобетон може з успіхом застосовуватися у разі посилення старих залізобетонних конструкцій. Під час нанесення нанобетона на поверхню залізобетонних конструкцій відбувається заповнення навіть мікропор у бетоні, у наслідок чого здійснюється процес полімеризації та відновлення міцності бетону. Крім того, новоутворена речовина вступає в реакцію із корозійним шаром проржавілої арматури та відновлює її зчеплення з бетоном.

Технологія виготовлення нанобетонів не потребує нового технологічного обладнання. Приготування бетонної суміші здійснюється в стандартних змішувачах, до того ж на початку (не менше 10 хв) цемент і складники нанобетона змішуються «всуху», потім подаються вода, наповнювачі та різні домішки. Під час посилення будівельних конструкцій нанобетон може наноситися на підготовлені бетонні поверхні методом торкретування за допомогою торкрет-гармати або бетонної суміші, що нагнітається бетоншприцмашиною. На відміну від торкретбетону суміш, що наноситься набризком, крім цементного розчину, може містити щебінь крупністю до 25 мм.

Використання нанотехнологій сприяє прогресу в сфері створення нових будівельних матеріалів і вдосконалення вже наявних, підвищенню якості готових виробів, збільшення міцності зведених будинків, значно збільшуючи їхню експлуатаційну надійність.

4.2 Підвищення гідроізоляційних і теплоізоляційних властивостей покриттів промислових будівель

Покрівлі промислових будівель працюють у важких експлуатаційних умовах. Крім впливів зовнішнього та внутрішнього середовища, на міцність і довговічність покрівлі впливають нерівномірне осідання будівлі, температурні деформації, зсідання залізобетонних настилів, вібрація тощо. Як захисна

конструкція, покрівля відчуває на собі вплив різних температур. Зазвичай температура її нижньої поверхні близька до температури приміщення, а температура зовнішньої поверхні змінюється в досить широкому діапазоні: від $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ узимку до $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ у сонячний літній день. При цьому покрівля повинна надійно захищати внутрішнє приміщення від холоду взимку та від спеки влітку.

Тому вибір матеріалу та конструкції покрівлі є відповідальним етапом проектування під час реконструкції промислових будівель.



Рисунок 4.1 – Покриття промислових будівель із сендвіч-панелей

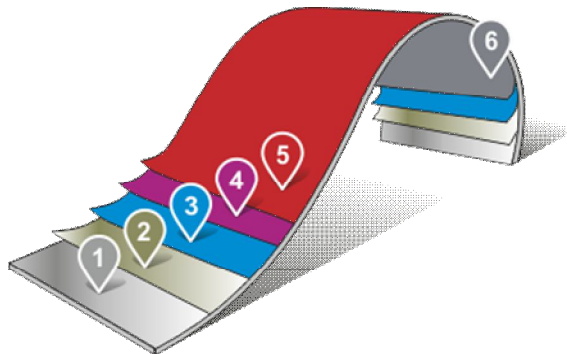


Рисунок 4.2 – Структура металевого сайдингу:

1 – сталевий лист; 2 – шар цинку; 3 – пасиваційний шар;
4 – ґрунтовочне покриття; 5 – верхній шар; 6 – покриття звороту

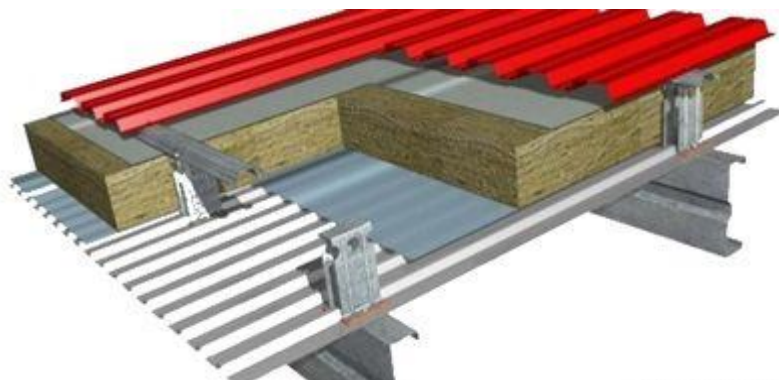


Рисунок 4.3 – Улаштування покрівлі

Переваги покрівельного профнастилу: монтаж профлиста нескладний; міцність матеріалу при вигині дуже висока; великий термін служби; ціна досить прийнятна.

Недоліки покрівельного профнастилу: профнастил належить до «гучних» видів покрівлі дахів, вимагаючи обов'язкової звукоізоляції.

Металочерепиця – міцна, красива, але доволі шумна. Це покриття для дахів іноді й не відрізнити від дорогої керамічної черепиці. Металочерепиця містить у собі сталевий холоднокатаний лист (від 0,4 мм до 0,5 мм завтовшки) з цинковим покриттям, яке для надійності покрито одним із видів полімерів. Зверху наноситься захисний лак, а всередині є ще кілька шарів. Це, зокрема, ґрунтовка, а також пасивуюче алюмінієве покриття. Готовий аркуш зовсім легкий – від 3 кг до 5 кг на 1 м².

Сфера застосування металочерепиці дуже велика. Її використовують як для покрівлі дахів приватних будинків на виробництві, для покрівлі гаражів, кіосків. Часто плоску покрівлю обрамляють металочерепицею, поклавши її під ухилом. У результаті виходить фальш-дах. Довговічність цього матеріалу цілком влаштовує покупця. Від 30 до 50 років нічого не станеться з таким дахом. Якщо врахувати, що за один квадратний метр металочерепиці потрібно віддати від 7 до 15 доларів, то це розумне вкладення грошей.

Переваги металочерепиці: металочерепиця швидко та легко кріпиться; вона легко витримує удари та навантаження; невелика вага; перевезення та навантаження не вимагають дбайливого поводження; ціна не дуже висока.

Недоліки металочерепиці: неекономічність (відходи становлять чималий відсоток); гучність (будь-який звук добре передається через метал).



Рисунок 4.4 – Металочерепиця

Окремо варто виокремити композитну металочерепицю. У ній замість полімерного покриття як захисний шар використовується кам'яна крихта нанесена на поверхню особливим чином.



Рисунок 4.5 – Композитна металочерепиця

Ондулін – екологічний, водостійкий, але горючий. Це покриття приваблює своєю натуральністю та ціною. Складається воно з тонких волокон целюлози просочених бітумом з полімерними добавками. Його називають не тільки ондуліном, але й єврошифером, а також акваліном. Пофарбований термостійкою полімерною фарбою (в один або два шари), він виглядає досить непогано. Листи вагою 6,5 кг виконані у вигляді хвиль з висотою 3,6 см. Їх довжина – 2 м, ширина – 0,96 м.



Рисунок 4.6 – Ондулін

Шифер – дешевий, довговічний, але містить азбест 3 усіх видів покрівельних матеріалів цей, мабуть, найдоступніший за ціною. У ньому 85 відсотків портландцементу, решта – азбест. Стандартний хвилястий шиферний лист важить від 10 кг до 15 кг. Його довжина – 1 750 мм, ширина – від 980 до 1 130 мм Він може бути шести-, сьоми- та восьмихвильовим.



Рисунок 4.7– Шифер

Переваги шиферу: велика міцність у разі згинання та ударів; легкість обробки – шифер у край просто розрізати звичайної болгаркою; низька вартість; нездатність горіти.

Недоліки шиферу: азбест, що міститься в шифері, небезпечний для людини; шифер крихкий; через високу гігроскопічність матеріал накопичує вологу, яка призводить до вицвітання та утворення моху.

Сталева фальцева покрівля – гнучка, гладка та блискуча, але холодна. Рівні сталеві листи, із яких зроблений цей матеріал, не дають волозі затриматися на даху. Сталь використовується з цинковим покриттям або без нього. Може матися полімерний захисний шар. Назву свою ця покрівля отримала через спеціальне з'єднання листів – фальц. Він може бути лежачим або стоячим, подвійним або одинарним. По довжині аркуші скріплюють між собою фальцами стоячого типу, а по ширині – лежачого.

Переваги сталевої фальцевої покрівлі: нездатність покрівлі горіти; приємний зовнішній вигляд; висока гнучкість, що дає змогу крити дахи різної складної форми; невелика вага (від 4 кг до 5 кг) не вимагає посиленних крокв; стійкість до мінусових температур.

Недоліки сталеві крівлі фальца: удари можуть завдати шкоди покрівлі; без утеплення фланцеві листи краще не використовувати (у будинку буде холодно); майстрів із роботи з таким покриттям мало; статична електрика може накопичуватися на крівлі даху; велика гучність покрівлі.



Рисунок 4.8 – Улаштування сталеві фальцевої покрівлі

Фальцева покрівля з міді та алюмінію – ошатно й дуже надійно, але дорого. Ці покриття для даху хороші тим, що їх абсолютно не чіпає головний ворог металеві покрівлі – корозія. Мідні листи завтовшки не менше 0,3 мм роблять завдовжки 1,1 м і завширшки 0,7 м. Важить квадратний метр такої покрівлі від 5 кг до 10 кг (алюмінієвої – 2–5 кг).



Рисунок 4.9 – Фальцева покрівля з міді

Переваги мідної та алюмінієвої покрівлі: догляд практично не потрібен (вистачить чищення раз у півроку) негорючість; безпека й екологічність; корозія та кислотні дощі дах не зіпсують; чудовий вид.

Недоліки мідної та алюмінієвої покрівлі: дуже висока ціна.

М'яка покрівля та її різновиди

Гнучка черепиця. Це покриття називають ще гонтом, шигласом або просто м'якою покрівлею. Для його виготовлення основа з склополотна просочується бітумом із модифікатором, а зверху наноситься кам'яна крихта (базальтова або сланцева). Вона-то і дає покрівлі захист від ультрафіолету, колір і об'ємний візерунок. З вивороту нанесено самоклеючий шар бітуму з полімером.



Рисунок 4.10 – Гнучка черепиця

Переваги гнучкої покрівлі: безшумність; здатність затримувати сніг на шорсткій поверхні; гарний дизайн; відсутність корозії та конденсату; гнучкість. розумна ціна.

Недоліки гнучкої покрівлі: крихкість у разі морозу; плавлення та запах у спеку; горючість.

Рулонна покрівля, що наплавляється

Її ще називають гідроізолом або склоізолом. Однак, деякі виробники дають цього матеріалу свої назви, але вміст від цього кардинально не змінюється. Робиться це покриття на основі склополотна, склотканини або поліестеру. Поліестер міцний, але дорогий, склотканина теж непогана. Основу заливають окисленим бітумом, у який для еластичності й довговічності

доданий один із видів модифікаторів. Це або СБС (стирол-бутадієн-стирол), або АППП (атактичний поліпропілен). Потім йде шар полімеру та посипка з піску, дрібного сланцю або слюди.



Рисунок 4.11 – Рулонна покрівля, що наплавляється

У виробничих будівлях зазвичай застосовують суміщені покриття стандартної конструкції, які економічно неприйнятні для використання через верхнє розташування гідроізоляційного килима. Як гідроізоляційний рулонний матеріал у плоских дахах ще не так давно найдоступнішим і найдешевшим уважався руберойд. Ультрафіолетове випромінювання й озон активізують процеси старіння руберойду, призводять до коксування та розтріскування поверхні матеріалу. Під впливом вологи, яка потрапляє через тріщини, руйнується картонна основа руберойду, унаслідок чого через 3-5 років замість захисного покриття утворюється просочена водою суміш із бітуму та целюлози.

Унаслідок цього на рулонній покрівлі утворюються відшарування, здуття, тріщини і отвори, які вимагають ремонту або повного заміни покрівельного покриття. Ремонт покрівлі становить собою одну з найважливіших проблем реконструкції будівель.

Дрібні дефекти усувають шляхом прорізання рулонного килима, розкриття та розчищення пошкоджених ділянок до місць якісного зчеплення склеєних шарів або дощенту, просушування зони пошкодження та приклеювання додаткового двохшарового гідроізоляційного шару на гарячій бітумній або холодній ізовій мастиці внапуск до 100–150 мм на неушкоджені ділянки покрівлі. Латки на ремонтні ділянки перед наклеюванням покривають мастикою по всій поверхні.

Западини й поглиблення завглибшки до 15 мм усувають шляхом вирізання всієї деформованої ділянки, ремонту стяжки та наклеювання 2–3 шари гідроізоляційного матеріалу на ізовій мастиці внапуск до 100 мм на

неушкоджені ділянки покрівлі з подальшим промазуванням по периметру мастикою.

Матеріали, використовувані під час ремонту, і матеріали ремонтної покрівлі повинні бути сумісні за хімічним складом.

Повне замінування покрівельного рулонного покриття виконують у разі втрати міцності або водопроникності гідроізоляційного килима, а також при значних відшаруваннях покрівельного покриття. Під час змінювання покрівельного покриття передбачають заходи щодо запобігання зволоження утеплювача.

У тому разі, коли потрібно замінити утеплювач, його розбирають, оглядають стяжку та за необхідності її відновлюють або замінюють на нову. Що прийшла у непридатність пароізоляцію замінюють на плівкову, яку укладають вільно або приклеюють на мастиці.

Розібраний утеплювач сортують на придатність для повторного застосування та просушують до норм, установлених ДБН. Необхідну товщину шару, що утеплює, визначають шляхом теплотехнічного розрахунку. Після укладання утеплювача по поверхні шару, що утеплює, влаштовують вирівнюючу стяжку, а потім проводять наклеювання рулонного килима або влаштовують мастичну покрівлю.

Перед наклеюванням рулонного килима необхідно здійснити ґрунтування вирівнювальної стяжки за допомогою пневматичної установки, яка складається з нагрівального бачка та пістолета-розпилювача. Для ґрунтування використовують бітум, розчинений у бензині або гасі, а також бітумно-полімерні або полімерні склади, які збільшують міцність зчеплення гідроізоляційних матеріалів з основою. Вид ґрунтування залежить від використовуваного гідроізоляційного матеріалу.

На сьогодні розроблені й застосовуються нові найякісніші гідроізоляційні рулонні матеріали, виготовлені з міцної негниючої основи типу склотканини, скловолокна або поліестеру з просоченням високоякісним модифікованим бітумним в'язучим (рубітекс, лінокром, мостопласт, техно-еласт, уніфлекс). Нові матеріали витримують перепади температур, відрізняються біостійкістю, високою міцністю й опірністю атмосферним явищам.

Під час наклеювання гідроізоляційних покрівельних матеріалів розроблені покрівельні установки інфрачервоного випромінювання, які створюють рівномірне нагрівання, наклеюються до полотен по всій ширині без ділянок перегріву та недогріву. Для виконання робіт використовується спеціальна покрівельна машина, яка механізує процес розігрівання, укладання та накочення нового шару матеріалу (рис. 4.13).

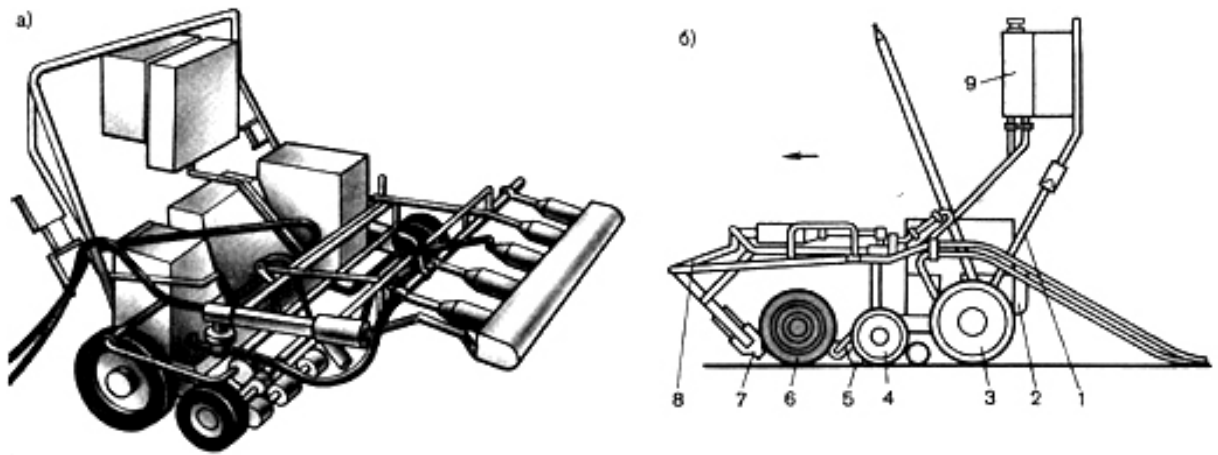


Рисунок 4.13 – Самохідна машина для наклеювання наплавленого руберойду вогневим способом:
а – загальний вигляд; б – принципова схема

Самохідна покрівельна машина застосовується у разі великих обсягів покрівельних робіт при ухилі покрівлі не більше 5° і здійснює розкочування рулонного матеріалу, розплавлення пальниками покривного шару мастики й накопчення матеріалу до поверхні підстави покрівлі. На чотириколісному самохідному шасі (1) із гумовими колесами (3) і (4) змонтовані блок пальників (7) із газопроводом (8), рулоноукладальник із прикочуючими катками (5), електропривод механізму пересування машини, приладова панель і пульт управління (9).

Машина комплектується за допомогою чотирьох газових балонів місткістю по 50 л, розміщеними на двох візках. Кожен візок має ложементи для двох балонів і захисний кожух. Балони з'єднуються з газопроводом машини за допомогою гнучких шлангів. Під час пересування машини пальниковий блок із п'ятьма пальниками підплавляє покривний шар мастики по всій ширині рулонного матеріалу (6), розкочуваного рулоноукладальником по поверхні основи покрівлі.

Прикачування полотнища матеріалу до основи покрівлі забезпечується накочувальними катками (5), кожен із яких установлений на пружних плаваючих опорах для забезпечення щільного прилягання до прикачувального полотна. Газоповітряна суміш подається до блоку пальників по газопроводу (8). Газ (пропан-бутан) надходить у систему газопроводу під тиском 0,2–0,3 МПа з газових балонів через редуктор. Подавання газу регулюється за допомогою муфтового крана, витрата контролюється ротаметром, відключення газу проводиться електромагнітним вентилем. Привід двох ведучих коліс (3) шасі здійснюється від електродвигуна (2) через систему механічних передач. Привід шасі забезпечує робочу швидкість пересування машини 200 м/год.

Під час наплавлення такого матеріалу під новим покрівельним килимом утворюються канали, які забезпечують розподіл пара, що утворюється під покрівлею, і зменшується ймовірність утворення здуття покрівельного килима.

Відведення водяної пари здійснюється через парпетні випуски або флюгарки. Через флюгарки відводяться водяні пари, що потрапляють в утеплювач у зимовий період часу з внутрішнього об'єму приміщення внаслідок різниці тиску внутрішнього та зовнішнього повітря. Ця технологія зарекомендувала себе під час реконструкції існуючих рулонних покрівель, коли потрібне встановлення додаткового шару утеплювача.

Під час реконструкції рулонних покрівель із внутрішніми водостоками рекомендується замість старих водозливних воронок, які виступають із площини покрівлі, встановлювати водозливні воронки в площині покрівлі.

Під час реконструкції плоских покриттів, крім рулонних матеріалів, використовують мастичні покрівлі, армовані стекломатеріали та безрулонні покрівельні покриття з холодних мастик, застосування яких дає змогу здійснити комплексну механізацію робіт, скоротити витрати матеріалів і грошових коштів у 2-6 разів порівняно з влаштуванням рулонних покрівель.

Для влаштування безрулонних покрівель використовують перхлорвінілові полімерні склади, а також емульсійні бітумні або бітумно-полімерні мастики. Ці мастики зберігають еластичність у діапазоні температур від мінус 50 до плюс 100 °С і мають межу міцності на розрив більше 3,5 МПа.

Покрівельне безрулонне мастичне покриття складається з ґрунтового, гідроізоляційного та захисного шарів при загальній товщині 10–15 мм. Холодні мастики можна наносити на вологі основи, які повинні бути міцними й не деформуватися. Під час виконання мастичних покрівель особливу увагу потрібно приділяти влаштуванню деформаційних швів, відстань між якими визначають шляхом розрахунку.

Переваги рулонної покрівлі: догляду покрівля майже не потребує; захист від вогню, вологи та шуму; екологічність та безпечність; невисока ціна; невелика вага. Недоліки рулонної покрівлі: зберігати рулони потрібно тільки в стоячому положенні, вдалині від приладів опалення.

Плоска мембранна покрівля

До нових покрівельних гідроізолювальних матеріалів належать полімерні рулонні мембрани, які виготовляють із етилен-пропіленового каучуку, термопластичних олефінів або ПВХ (полівінілхлориду). Вони відрізняються високою надійністю та довговічністю й не втрачають

еластичності до температури 50 °С. Термін експлуатації мембран понад 30 років.

Деякі мембрани мають підкладку з штучної повсті завтовшки 1 мм і клейову кромку по довжині, за допомогою якої мембрани склеюють між собою. Підкладка з повсті пропускає повітря та забезпечує видалення конденсату з утеплювального шару покрівлі, а також захищає покриття від пошкодження в період експлуатації. Наявність клеючої кромки у мембран робить склеювання швів надзвичайно простою операцією та створює міцне й довговічне з'єднання.

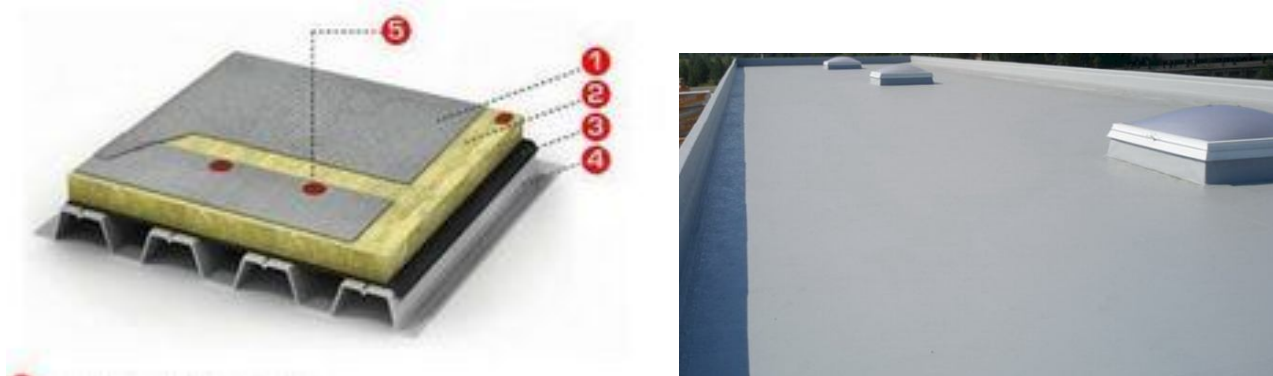


Рисунок 4.14 – Улаштування полімерної мембрани:

1 – полімерна мембрана; 2 – теплоізоляція; 3 – пароізоляція; 4 – основа (профліст або бетонна плита); 5 – телескопічне кріплення

Загальна товщина полімерних мембран становить 2,5 мм при товщині самої мембрани 1,5 мм. Полімерні мембрани настиляють зазвичай в один шар. Покриття полімерними мембранами забезпечує високу швидкість монтажу, незалежно від конфігурації покрівлі й погодних умов.

Для випадків, коли потрібна особлива надійність і абсолютна гарантія по гідроізоляції покрівлі, застосовуються двошарова поліетиленова мембрана з шаром бентонітової глини. Бентонітова глина в замкнутому просторі не пропускає воду навіть під тиском. Поліетиленова мембрана забезпечує міцність системи й перешкоджає розмиванню бентоніту.

Покрівельні мембрани мають групу горючості Г1, що дає змогу застосовувати їх на дахах без обмежень по площі без протипожежних розтинів. Мембрани можуть бути виготовлені у будь-якому кольорі, що дає змогу задовольнити практично будь-які архітектурні задуми.

Під час укладання полімерних мембран використовується механічне або баластне кріплення до утеплювати шару.

Механічне кріплення здійснюється за допомогою спеціальних кріпильних елементів (телескопічні дюбелі, саморізи, металеві оцинковані

шайби тощо), довжина яких вибирається у такий спосіб, щоб між нижнім кінцем кріплення та конструкцією основи залишався проміжок для відпружинювання стисненого теплоізоляційного матеріалу.

Для зварювання покрівельних мембран застосовують автоматичні зварювальні апарати Liester Varimat (220 В-4000 Вт або 380 В-5000 Вт), які можуть регулювати температуру.

Головними перевагами полімерних мембран є такі:

- довговічність, надійність і висока ремонтпридатність;
- можливість проведення покрівельних робіт практично цілий рік;
- швидкий, зручний і економічний монтаж;
- морозостійкість, високі технічні та протипожежні характеристики;
- зносостійкість, водонепроникність із високим ступенем паропроникності;
- стійкість до впливу атмосферних впливів і бактерій;
- невелика вага мембрани (1,6 кг/м²).

Останніми роками для влаштування та відновлення рулонних покрівель знаходять застосовуються еластичні гідроізоляційні покриття, виготовлені з модифікованої бітумно-полімерної емульсії на водній основі (рідка гума).

Під час ремонту старих м'яких покрівель може наноситися без зняття зношеного гідроізоляційного килима. Товщина шару становить 2 мм і відповідає рубероїдній покрівлі з чотирьох шарів. Технологія дає змогу за одну зміну виконати гідроізоляційні роботи площею до 1 000 м². Головна перевага такої гідроізоляції полягає у відсутності швів і стиків, виконувати роботи на поверхнях будь-яких ухилів з численними примиканнями.

Швидкотверднучі одно- та двокомпонентні системи у процесі холодного нанесення на поверхню, що захищається, відразу набувають властивостей високоякісної безшовної гідроізоляції, стійкої до ультрафіолету й різких перепадів температур.

Матеріал має високу еластичність і адгезію до бетонних і металевих поверхонь, призначений для швидкого розпилення, характеризується простотою влаштування примикань до вертикальних поверхонь. Може наноситися на вологу основу. Головний елемент із водної емульсії бітуму з додаванням полімеру змішується з іншим компонентом із водного розчину хлористого кальцію, який прискорює твердіння головного компонента. Склади наносяться через розпилювальний пристрій у вигляді двоканальної вудки, змішуючись на виході, і тверднуть через 5–20 с, перетворюючись у безшовну гумову мембрану. Товщина гідроізоляційного покриття в 2 мм відповідає рубероїдній покрівлі з чотирьох шарів.

В опалюваних виробничих приміщеннях застосовують утеплені суміщені покриття. Правильно підібрана теплоізоляція збільшує термічний опір покриття, що дає змогу знизити витрати на опалення шляхом зменшення тепловтрат.

У зв'язку з тим, що утеплені суміщені покриття побудовані за старими теплотехнічним нормам і не відповідають сучасним вимогам щодо теплового захисту будівель, тому проблема підвищення рівня теплозахисту цих будинків стоїть особливо гостро, так як реальні втрати теплової енергії через ці конструкції зазвичай у 2–4 рази перевищують установлені норми.

На сьогодні для утеплення покрівель застосовують різноманітні теплоізоляційні матеріали на основі скловати, мінеральної вати, пінополістиролу (насамперед – екструдованого), пінополіуретану тощо.

Важливим є той факт, що плитні теплоізоляційні вироби можуть застосовуватися у вигляді двох ізоляційних шарів різної щільності. Верхній шар, завдяки вертикальному напрямку волокон, має високу стійкість до механічних навантажень. Він по довгих сторонах плит має шпунтові кромки «паз-гребінь» і облицьовану верхню поверхню склохолстом, що є відмінною основою для гідроізоляційного килима. Розміри верхнього та нижнього шарів теплоізоляційного матеріалу розрізняються, що виключає можливість виникнення наскрізних швів в ізоляційному шарі. Для додаткової вентиляції в як верхній шар можуть застосовуватися плити з вентиляційними боріздками, які під час укладання повинні бути спрямовані до краю покрівлі.

Сучасні теплоізоляційні плити використовують як у новому, так і під час додаткового утеплення вже існуючих покрівель під час укладання їх на стару гідроізоляцію. Завдяки специфічним властивостям матеріалу, механічні напруги та термічні деформації старої конструкції покрівлі не переносяться на новий теплоізоляційний шар. Крім того, новий теплоізоляційний шар закриває всі нерівності старого гідроізоляційного шару.

На дахах стандартної конструкції теплоізоляційні плити укладають нижче гідроізоляційного шару, який приймає на себе всі механічні та кліматичні впливи, ризикуючи пошкодженням, внаслідок чого швидко виходять з ладу. Для захисту гідроізоляційного шару та підвищення довговічності суміщеного покриття промислових будівель доцільно під час реконструкції покрівлі використовувати технологію інверсійної покрівлі.

За концепцією інверсійної покрівлі теплоізоляційні плити розташовуються поверх гідроізоляційного шару та накривають баластовим шаром. Така конструкція покрівлі є безпечною та довговічною, оскільки гідроізоляційний шар захищений від впливу зовнішніх температур і

ультрафіолетового випромінювання; він не піддається механічній дії і термін експлуатації інверсійної покрівлі становить понад 50 років (рис. 4.15, а).

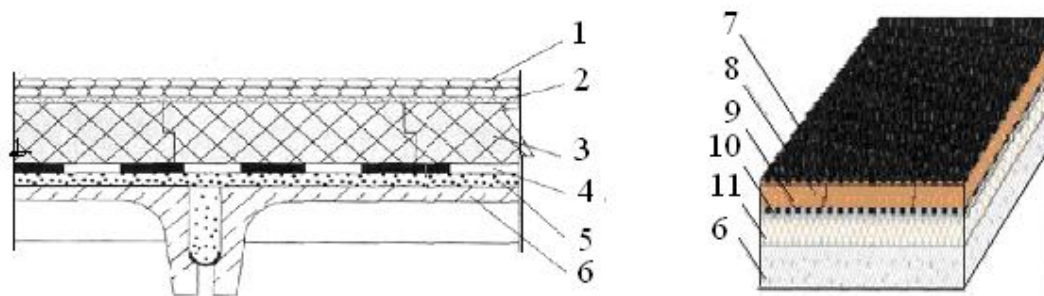


Рисунок 4.15 – Улаштування інверсійної покрівлі (а) і додаткового шару, що утеплює, (б) в існуючих покриттях:

- 1 – привантажувальний шар з гравію; 2 – запобіжний шар із геотекстилю;
 3 – утеплювач; 4 – гідроізоляційний килим із бітумно-полімерних рулонних матеріалів; 5 – похилоутворюючий шар із легкого бетону; 6 – залізобетонна плита покриття; 7 – новий покрівельний килим; 8 – новий шар утеплювача;
 9 – існуючий покрівельний килим; 10 – цементно-піщана стяжка;
 11 – існуюча теплоізоляція

Укладання додаткового шару плит утеплювача здійснюється безпосередньо на стару покрівлю (рис. 4.15, б), що дозволяє відмовитися від трудомістких процесів зняття старого гідроізоляційного килима та ремонту стяжки. Знову покладені жорсткі мінераловатні плити з втопленої в верхню поверхню склотканиною утворюють ідеальну основу під нове дахове гідроізоляційне покриття, яке приклеюється до додаткового шару утеплювача методом наплавлення.

У разі застосування як додаткового теплоізоляційного шару екструзійного пінополістиролу замість приклеювання гідроізоляційного килима можна використовувати привантажувальний шар зі щебеню.

Останніми роками під час реконструкції покрівлі використовують металеву фальцеву покрівлю, що забезпечує повну надійність і герметичність. Для її виготовлення використовують тонкостінну оцинковану сталь завтовшки 0,55–0,65 мм із захисним покриттям із поліуретанової мастики (рис. 4.16).



Рисунок 4.16 – Влаштування покрівлі з оцинкованого листа

Оцинкована сталь надходить у вигляді рулонів і за допомогою спеціального електромеханічного фальцезакатного інструмента безпосередньо на даху перетворюється в панель-картини. Кріплення покрівельних картин здійснюється за допомогою клямерів, які приховані під швом і не вимагають отворів у самій покрівлі (рис. 4.17).



Рисунок 4.17 – Кріплення покрівельних карт за допомогою клямерів

Розрізняють такі фальцеві з'єднання: лежачі та стоячі, одинарні та подвійні. Бічні довгі краї смуг сталі, що йдуть уздовж ската покрівлі, з'єднують стоячими фальцами, а горизонтальні – лежачими.

Покрівельні картини виробляють із рулонного металу, якими може слугувати оцинкована сталь із полімерним покриттям, мідь, алюміній, алюцинк,

цинк-титан й інші метали металів, які можуть мати будь-яку довжину, що дає змогу повністю позбутися від поперечних швів (єдина панель-карта на весь скат). У разі великої довжини ската використовуються плаваючі кляммери, що дозволяють враховувати температурні деформації металу.

Монтаж металевої покрівлі починають із встановлення несучих стійок покрівлі. Стійки виконують з одиночних або спарених гнутих профілів С-подібного перетину заввишки 100–150 мм і встановлюють із кроком 2,5–3,0 м. Бази стійок виготовляють із прокатних куточків, які кріпляться до бетонного шару або плит покриття за допомогою анкерних болтів завдовжки 150–200 мм.

Висоту стійок приймають залежно від необхідної товщини шару утеплювача та зазору 30–50 мм, передбаченого для природної вентиляції простору між покрівлею та поверхнею утеплювача.

На стійках кріплять тятиви зі спарених гнутих профілів швелерного перетину заввишки 100 мм із сталі завтовшки 0,8–1,0 мм, які розташовують уздовж ската покрівлі з кроком 1,0–1,5 м. На тятивах кріплять елементи обрешітки з гнутих профілів П-подібного перетину висотою 40 мм з кроком 300–500 мм, крім ділянок завширшки 1,0 м по периметру покрівлі, де крок знижують до 250 мм, оскільки на цих ділянках розрахункове навантаження від вітрового відсмоктування подвоюється відповідно до норм.

Листи покрівельні з'єднують між собою по поздовжніх краях за допомогою фальцезгинальної машинки, що утворює подвійний фальц у стику, одночасно закріплюючи у ньому кляммери. Такий стик забезпечує повну водонепроникність з'єднання листів без герметизувального матеріалу при ухилі покрівлі не менше 7 %. При менших ухилах у поздовжні стики листів вводять герметик у вигляді пасти або мастики.

У будівельній практиці відомі приклади, коли довжина скатів покрівлі, виконаної за цією технологією, досягала без поперечних стиків 108 м.

Головне, що відрізняє покрівлю, виконану з металу – її довговічність, яка для покрівлі з міді становить понад 100 років, з алюмінію та його сплавів – 80, із оцинкованої сталі з полімерним покриттям – 50 років.

4.3 Характеристика систем теплоізоляції зовнішніх стін будівель

Із метою економії тепло-, електроенергії, відповідно до вимог Національної програми енергозбереження, в Україні необхідно провести утеплення житлових і громадських будівель. Це дасть змогу значно зменшити витрати на опалення й знизити викиди в атмосферу продуктів горіння, що

позитивно вплине на стан докiлля. Заходи з теплоiзоляцiї будiвель забезпечують рiзноманiтнiсть й архiтектурно-естетичну виразнiсть фасадiв, подовження термiну експлуатацiї огорожувальних конструкцiй.

Ефективними є такі рiшення, за допомогою яких на фасадi будинку можна створити суцiльну та рiвномiрну теплоiзоляцiйну оболонку. Довговiчнiсть та експлуатацiйна надiйнiсть теплоiзоляцiйних систем залежать вiд iхнiх умов експлуатацiї та якостi будiвельних робiт.

До обов'язкових елементiв системи утеплення належать:

- теплоiзоляцiйний шар iз ефективного утеплювача;
- захисний шар;
- декоративний шар (екран).

Додаткову теплоiзоляцiю можна влаштувати як на зовнiшнi, так i на внутрiшнi поверхнi стiн. Головним недолiком методу утеплення «зсередини» є виникнення конденсату на внутрiшнiй поверхнi огорожувальної конструкцiї, що у процесi експлуатацiї призводить до утворення цвiлi, грибкiв, а також пiдвищеної вологостi в житлових примiщеннях. Недолiком є також утворення «мiсткiв холоду» у мiсцях з'єднання стiн iз перекриттями. На цих дiлянках з'являються мокрi плями, якi руйнують опоряджувальний шар. Свiтовий досвiд показав переваги утеплення зовнiшнiх поверхонь.

Инодi потрібно передбачити вентиляцiйну щiлину завтовшки 1,5–3,0 см мiж утеплювачем i захисним (декоративним) екраном для забезпечення мiграцiї вологи з утеплювача в зовнiшню атмосферу. Такий тип утеплення називається «вентильований фасад». При його улаштуваннi вiдсутнi «мокрi» процеси, не потрібно спецiально пiдготовлювати зовнiшнi стiни, роботи можна здiйснювати з пiдвiсних колисок навiть при мiнусовiй температурi навколишнього середовища. Для несучих елементiв i захисно-декоративного шару використовуються довговiчнi матерiали, що забезпечує довговiчнiсть фасаду. Можлива заміна окремих пошкоджених елементiв фасаду, оскiльки не застосовуються зварювання та мокрi процеси.

Однак необхідно зауважити, що останнiм часом поширилися випадки пожеж на об'єктах, якi утеплюються за типом «вентильованого фасаду». Особливо небезпечнi плити полiстирольнi, що використовуються в якостi утеплювача. Через щiлину в системi теплоiзоляцiї вiдбувається потiк повітря, який сприяє загорянню матерiалу. Крім того, при певному напрямi вiтру фасади гудуть i свистять, що зменшує комфортнiсть проживання в таких будинках. Порiвняно з iншими типами фасадiв «вентильований фасад» має високу вартiсть.

Останнiм часом на ринку утеплення фасадiв з'явилося енергозберiгаюче захисне покриття у виглядi шару фасадної фарби. Покриття складається з

полімерної основи, наповненої вакуумованими керамічними сферами. Полімерний зв'язник забезпечує захист стіни від атмосферних опадів. Керамічні сфери здатні відбивати тепло, унаслідок високої паропроникності виводити з матеріалу огорожувальної конструкції залишки води. Тобто створюються оптимальні умови для збереження теплоізоляційних властивостей матеріалу стіни. Проте таке покриття разом із огорожувальною конструкцією не може забезпечити мінімально допустимі значення опору теплопередачі конструкцій, наведені в ДБН В.2.6.31:2006 «Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель».

Зазвичай теплоізоляційно-оздоблювальна система (ЗТОС; аббревіатура Євросоюзу – ETICS) складається з пінополістирольних або волокнистих мінеральних матеріалів, які закріплюються на поверхні стіни, а потім штукатуряться цементно-вапняними або полімерцементними сумішами. Цей метод називається «скріпленою системою теплоізоляції». Плити закріплюються так, щоб між ними практично не було стиків, унаслідок чого утворюється суцільна й рівномірна теплоізоляція без «містків холоду». Утеплювач повністю захищений від агресивних атмосферних чинників і, оскільки довговічність системи визначається терміном експлуатації утеплювача, такі системи вважають найефективнішими. Варто зазначити, що за останні 10–20 років не було випадків поширення вогню по системах утеплення стін, улаштованих методом скріпленої теплоізоляції.

Недоліками такої системи є необхідність періодичного фарбування декоративного шару, можливі механічні пошкодження в процесі експлуатації (навішування кондиціонерів, антен тощо). За умови недотримання технології улаштування скріпленої теплоізоляції можливе утворення тріщин у захисно-декоративному шарі. Проте ці недоліки легко усуваються, оскільки система є ремонтпридатною.

4.3.1 Технологія улаштування скріпленої теплоізоляції

Для улаштування скріпленої теплоізоляції об'єкта насамперед необхідно встановити засоби підмоцнення. Їхній вибір залежить від габаритних розмірів будинку (висоти, ширини будинку, кількості поверхів), а також від обсягу й складності виконуваних робіт.

Засоби підмоцнення :

- риштування;
- самопідіймальні помости;
- пересувні вишки (рис. 4.18);
- інвентарні легкі збірно-розбірні помости (рис. 4.19);

– колиски (рис. 4.20).

Роботи із утеплення фасадів також виконуються промисловими альпіністами зі спеціальним обладнанням (рис. 4.21).



Рисунок 4.18 – Пересувні вишки



Рисунок 4.19 – Виконання робіт з інвентарних помостів



Рисунок 4.20 – Виконання робіт із колиски



Рисунок 4.21 – Улаштування теплоізоляції альпіністом

На споруджуваному об'єкті до початку робіт з улаштування теплоізоляції потрібно влаштувати покрівлю, вставити вікна й двері в утеплювальній зоні, прокласти всі комунікації. Для влаштування зовнішньої теплоізоляції будинку, який був в експлуатації, потрібно попередньо перевірити стан конструкцій, наявність пошкоджень і забруднень, міцність зчеплення опоряджувальних шарів із основою. Стару штукатурку або облицювання потрібно перевірити простукуванням по всій поверхні (на ділянці, де є відшарування матеріалу, при простукуванні чути «глухий» звук).

Опоряджувальні шари, що втратили зчеплення з основою, видаляють за допомогою машин для сколювання бетону типу УМСБ-1, УМСБ-2, електричних зубильних молотків, бучарди, а також за допомогою струменя води, що подається під тиском до 30 МПа. За невеликих обсягів робіт використовують кирки, зубила, скарпелі й щітки. Очищені ділянки відновлюють за допомогою розчинних сумішей.

Напливи бетону й розчину видаляють за допомогою електричних молотків типу ИЭ-4207, ручних наждакових кругів, шліфувальних машин або ручних інструментів.

Великі тріщини та вибоїни в поверхні конструкцій розчищають стисненим повітрям від компресора, ґрунтують, а потім заповнюють розчинною сумішшю. Дрібні подряпини й нерівності поверхні не усувають.

Покриття з фарб видаляють піскоструминними апаратами, промивають струменем води та просушують. Для видалення лакофарбових покриттів допускається використання органічних і неорганічних засобів із подальшим очищенням поверхні механічним способом. Обов'язково поверхні, які утеплюються, необхідно очистити від мохів, порослі, грибків, обробити відповідними препаратами та висушити. Після обробки спеціальними речовинами роботи з улаштування скріпленої теплоізоляції можна починати не раніше ніж через три дні.

Для фіксації першого (нижнього) ряду теплоізоляційних плит на певній висоті, отримання рівної кромки системи, а також для захисту плит від пошкодження в процесі монтажу та в процесі експлуатації системи до цоколя будинку прикріплюють металеві профілі з перфорованими полицями. Профілі укріплюють так, щоб полиця, що розміщується перпендикулярно до цоколя, перебувала нижче на 50 см від перекриття між підвалом і першим поверхом будинку. Перед кріпленням торці профілів, якими вони з'єднуюватимуться на торці будинку, обрізають. Полиці, які розміщуються паралельно цоколю, обрізаються під кутом 90°, а полицю, що розміщується перпендикулярно до цоколя, обрізають під кутом 45°. Для різання профілів використовують:

- електричні ножиці типу ИЭ-5405;
- дискові пили;
- лобзикові пилки;
- пилки-ножівки.

Для кріплення профілів до цоколя будинку використовують спеціальні дюбелі діаметром 6 мм і шайби. Відстань між осями отворів під дюбелі має становити близько) 0,35 м. Для свердління отворів під дюбелі використовують електричні дрилі або перфоратори. Перед встановленням дюбелів отвори

очищають стисненим повітрям. Дюбелі встановлюють в отвори й загвинчують шурупом.

Для зміцнення поверхні основи й підвищення міцності зчеплення клейового розчину з поверхнею конструкції на неї наносять ґрунтовку вручну кистю або повітряним розпиленням електрофарбопультами. На будівельних майданчиках широко розповсюджений розпилювач С-71А, який відрізняється від інших більшою продуктивністю.

Утеплювач приклеюється до поверхні конструкції після остаточного висихання ґрунтовки. Клейові розчинні суміші готують безпосередньо на будівельному майданчику в пластмасових посудинах місткістю 15–25 л. Для перемішування сухої суміші використовують дріль із рамною насадкою. До місця виконання робіт суміш подають підіймачем або лебідкою, а також підносять уручну.

Клейову розчинну суміш на теплоізоляційні плити наносять смугами, маячками або суцільним шаром. Вибір того чи іншого способу розподілу клейової розчинної суміші на поверхні плит залежить від виду плит і якості поверхні зовнішніх огорожувальних конструкцій. На мінераловатні плити розчинну суміш наносять тільки суцільним шаром. На поверхню пінополістирольних плит клейову розчинну суміш наносять суцільним шаром зубчастим шпателем із розмірами зуба 10 × 10 мм тоді, коли поверхня зовнішніх огорожувальних конструкцій має нерівності до 5 мм.

Якщо поверхня зовнішніх огорожувальних конструкцій має нерівності до 10 мм, то клейову суміш наносять на поверхню плити смугами на відстані 20 мм від краю по всьому периметру плити, а потім посередині.

Якщо поверхня зовнішньої огорожувальної конструкції має нерівності до 15 мм, розчинну суміш наносять на поверхню плити у вигляді коржів діаметром близько 100 мм (у центральній частині плити) й у вигляді смуг по периметру плити на відстані 20 мм від торців плити. Смуги повинні мати розриви, щоб при наклеюванні плити на поверхні конструкції не утворилося повітряних пробок. Кількість клейової суміші в кожному конкретному випадку підбирають так, що після притиснення плити до основи клейова розчинна суміш вкривала щонайменше 70 % поверхні склеювання. Час, що минув з моменту нанесення клейової суміші до приклеювання плити до основи, не має перевищувати 20 хв. Притискати плиту до основи за допомогою штукатурної терки потрібно доти, доки її площа не зрівняється з поверхнею сусідніх плит. Плити утеплювача закріплюють на конструкції знизу вгору, установлюючи перший ряд плит на профілі з перфорованими полицями. При цьому вертикальні шви між плитами мають бути зміщені один щодо одного. Ширина стику між плитами утеплювача не повинна перевищувати 2 мм. Відстань між

теплоізоляційними плитами в місці влаштування деформаційних швів має становити 10–12 мм. Шви між плитами потрібно за шліфувати дерев'яною теркою з грубим наждаковим папером.

Через 2–3 дні залежно від температури та вологості повітря після приклеювання плит до зовнішніх огорожувальних конструкцій їх кріплять дюбелями для надійності й міцності теплоізоляції. Кількість дюбелів на 1 м² поверхні конструкції розраховують, відповідно до конкретних умов будівництва.

Роботи, обумовлені кріпленням плит утеплювача до зовнішніх огорожувальних конструкцій дюбелями, виконують у такій послідовності:

- розмічування отворів під дюбелі відповідно до схеми розміщення;
- висвердлювання отворів в утеплювачі;
- свердління отворів в основі;
- очищення отворів від пилу;
- установлення дюбелів у отвір;
- загвинчування кріпильного стрижня або забивання розпірного штифта у дюбель.

Для точного виконання розмітки рекомендується використовувати лазерні установки. Отвори в конструкціях свердлять відповідно до розмітки перфораторами й дрелями.

Наступний етап роботи – улаштування армованого захисного штукатурного шару. Насамперед, необхідно додатково проармувати кути віконних та дверних блоків, що дає змогу уникнути появи тріщин у місцях концентрації напружень. Потім потрібно зміцнити кути перфорованим металевим кутиком. На стінах першого поверху щонайменше на висоту 2 м над рівнем землі потрібно продублювати захисний шар додатковим шаром сітки для захисту плити від механічних пошкоджень (рис. 4.22).

Поверхню зовнішніх огорожуючих конструкцій поділяють на захватки, а захватки – на карти. Розміри захваток і карт установлюють залежно від прийнятих засобів підмоцнення. Працюючи з риштувань, висоту карт беруть такою, що дорівнює висоті одного ярусу, ширину – не більше як 10 м. У процесі виконання робіт із колиски висоту карт беруть такою, що дорівнює висоті ярусу, ширина визначається довжиною колиски.

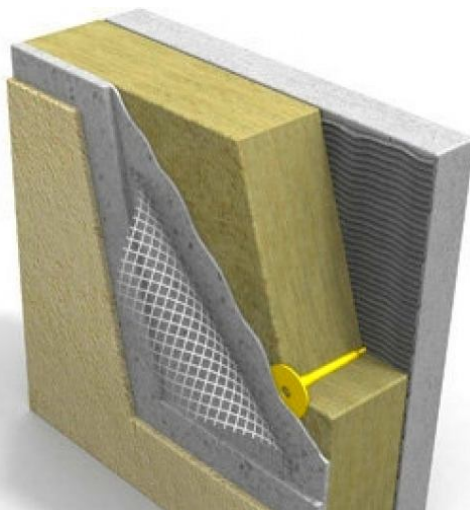
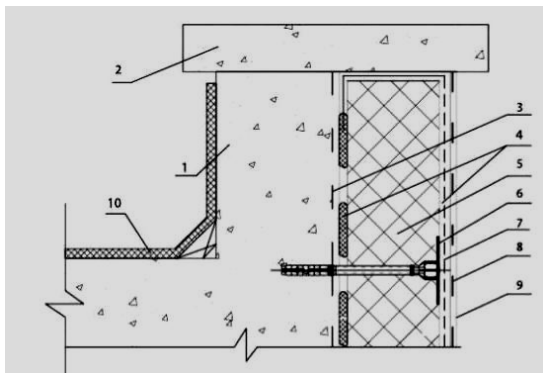


Рисунок 4.22 – Улаштування теплоізоляції на останньому поверсі в будинку з плоским дахом:

- 1 – несуча стіна, 2 – карнизна плита, 3 – ґрунтовка, 4 – ключа суміш для приклеювання теплоізоляційних плит та улаштування захисного шару, 5 – теплоізоляційна плита, 6 – дюбель, 7 – армуючі скло сітка, 8 – ґрунтовка, 9 – декоративна штукатурка, 10 – гідроізоляція

Рулони склосітки нарізають на відрізки таких розмірів, щоб напусток сусідніх смуг сітки становив не менше ніж 100 мм.

Розчинові штукатурні суміші готують із сухих розчинних сумішей. На утеплювач наноситься шар захисної штукатурної суміші завтовшки до 2 мм. Відразу по нанесеному й вирівняному шару штукатурної суміші укладають скло сітку, заглиблюючи її в шар штукатурки за допомогою дерев'яної терки. Сітку укладають смугами зверху вниз по поверхні фасаду, накладаючи кожен наступну смугу на попередню. На торцях будинку передбачають напусток полотнищ сітки не менше ніж 100 мм на кожен стіну.

Другий шар захисного штукатурного розчину укладають завтовшки не менше ніж 2 мм. При нанесенні другого шару потрібно стежити, щоб головки дюбелів були сховані, а кути чітко відформовані.

Деформаційні шви заповнюють герметизувальним матеріалом через сім діб після нанесення другого шару штукатурної суміші. Герметизувальні роботи виконують за температури навколишнього природного середовища 10–30 °С. Герметизувальний матеріал уводять у деформаційний шов ручним шприцом для мастик.

Поверхню фасаду будинку через три доби від дня нанесення другого шару штукатурної суміші ґрунтують для спрощення процесу формування

захисних декоративних штукатурок і підвищення адгезії цих штукатурок до захисного штукатурного шару. Грунтовки висихають упродовж 4 год.

Фасад будинку починають опоряджувати після закінчення робіт із влаштуванням штукатурного армованого шару, деформаційних швів і закладання місць прилягання теплоізоляційного шару до віконних і дверних прорізів та до елементів покрівлі.

Шар опоряджувального матеріалу захищає теплоізоляційний шар і штукатурку від безпосереднього впливу атмосферних опадів і, крім того, надає поверхні фасаду певних кольорів. Полімерцементну суміш наносять на опоряджувану поверхню шпателем або теркою з нержавіючої сталі. Після того, як розчинова суміш перестане прилипати до інструмента, поверхні опоряджуваного шару надають потрібної фактури за допомогою пластмасової терки, губчастого валика, щітки та інших інструментів. У разі потреби висохлі мінеральні декоративні штукатурки можна фарбувати силікатною або силіконовою фарбою.

Технологія утеплення фасадів у зимовий період

До початку робіт, обумовлених влаштуванням системи теплоізоляції, потрібно:

- розбити будинок на захватки з урахуванням можливостей калориферів і кількості робітників, зайнятих в технологічному процесі;
- закрити робочу зону, що визначена захваткою, армованою поліпропіленовою плівкою;
- установити калорифери;
- установити термометри для контролю температури в робочій зоні на кожному поверсі;
- визначити робоче місце для складування матеріалів і приготування робочих складів матеріалів;
- підвести джерела енергії для забезпечення роботи калориферів і підігрівання води, потрібної для замішування матеріалів (температура води 18 – 21 °С).

З урахуванням можливості калорифера (1 шт.) рекомендується захватка, яка має ширину 6 м і висоту 5 поверхів.

До початку робіт поверхня стіни повинна бути прогрітою до температури не нижче ніж + 3 °С. Для організації оптимальної роботи з утеплення необхідна ланка з трьох осіб (площа утеплення 100 м²): перший робітник готує робочі суміші, складає матеріали, підігріває воду, подає робочі суміші до місця використання, бере участь у закріпленні плит утеплювача; другий і третій виконують монтажні роботи.

4.3.2 Монтаж навісного вентилязованого фасаду

Вентильований фасад – сучасне рішення для будь-якого випадку реконструкції фасаду. Він не тільки приховає недоліки стін будівлі, а й надає їм додаткове утеплення та підвищить захисні властивості. Навіть стіни старого будинку можна вкрити навісним фасадом, а будинок буде виглядати як новий, до того ж його експлуатаційні характеристики зростуть, у наслідок чого він зможе прослужити довше. Конструкції навісних фасадів ефективно вирішують завдання енергозбереження, і до того ж існують десятки різних матеріалів різноманітного кольору та фактури, які підійдуть саме конкретній будівлі.



Рисунок 4.23 – Улаштування вентилязованого фасаду

Реставрація передбачає зміну існуючих техніко-економічних показників об'єкта, підвищення ефективності його використання, відновлення зовнішнього вигляду. Навісні фасади з повітряним зазором – це складна конструкція, що складається з матеріалів із різними фізичними властивостями. Вентильовані фасади складаються з металевого каркаса, жорстко прикріплюватися до несучої стіни, утеплювача, повітряного зазору та захисно-декоративного облицювання. Для виготовлення каркаса застосовуються системи профілів і кронштейнів зі сталі. Для виготовлення навісних вентилязованих фасадів використовуються матеріали високої якості – облицювальні панелі сайдинг, панелі «Фасад» і фасадні касети. Панелі «Фасад» та фасадні касети виконують не тільки декоративну роль, але й захищають стіни будівель від атмосферних опадів, а також характеризуються високим ступенем шумопоглинання, а повітряний простір між вентилязованим фасадом і стіною забезпечує ефективну термоізоляцію. Використання панелей «Фасад» або фасадних касет дає змогу повністю виключити появу сольових розводів у цокольній частині будівель, а

також реалізовувати складні геометричні рішення в дизайні вентилязованих фасадів. Кріплення вентилязованих фасадів, здійснюється за допомогою профільної системи, яка дає змогу використовувати панелі різної величини та форми, що розширює можливості зовнішнього оформлення будівель. До конструкції вентилязованого фасаду ставляться особливі вимоги:

- високий ступінь стійкості до впливу вітрових навантажень;
- достатня міцність при дії навантаження від ваги облицювання;
- антикорозійна стійкість;
- певна рухливість вузлів для витримування статичних (власна вага конструкції, включаючи вагу панелей і утеплювача) і динамічних (вітер, температурні перепади тощо) навантажень;
- можливість вирівнювання стін;
- легкість і висока швидкість монтажу.

Зручність системи полягає ще й у тому, що фасади можна встановлювати в будь-яку пору року. Використовуваний матеріал не старіє, не втрачає свої властивості під дією атмосферних явищ. Завдяки вентиляційному каналу в пристрої фасаду, волога не накопичується в масиві будівлі, а виводиться у вентилявану зону, що не дає змоги загнитися шару утеплювача. Теплоізоляційний матеріал, зі свого боку, перекриває незадовільні шви та забезпечує збереження тепла безперервно по всій площі фасадів. Узимку фасад зберігає тепло, а влітку не дозволяє будівлі перегріватися.

Головні технічні та експлуатаційні характеристики навісних вентилязованих фасадів:

- тривалий час зберігається презентабельність будівлі;
- збільшується термін експлуатації самої будівлі;
- можливість ремонту фасаду або заміни їхніх окремих частин без руйнування конструкції зовнішніх стін;
- можливість зміни архітектурного вигляду фасадів шляхом варіювання облицювальних матеріалів, форматів і кольорів;
- невеликі витрати в обслуговуванні;
- забезпечується здоровий клімат приміщення через безперешкодну дифузію водяної пари (будівля «дихає»);
- найкращий звукозахист будівлі;
- невелика вага системи, особливо порівняно з обробкою керамогранітом або фіброцементними плитами;
- пожежна безпека;
- фасадна технологія підходить як для новобудов, так і для будівель уже перебувають у тривалій експлуатації;

– з економічної та екологічної точки зору – це єдиний правильний теплозахист і захист від погодних зовнішніх умов.

Навісні фасади чудово сполучаються з покрівлею, цоколем, вікнами та вітражами через спеціальні вузли. Для захисту утеплювача від можливого проникнення вологи застосовується спеціальна паропроникна плівка, яка дозволяє водяним парам безперешкодно виходити з шарів конструкції. Відбувається це завдяки методу природної вентиляції, передбаченої системою вентилязованих фасадів, що істотно поліпшує теплоізоляційні властивості стін, забезпечуючи комфортний температурний режим усередині будівлі. Вентильовані фасади застосовуються у всіх кліматичних зонах. При цьому робочий діапазон температур починається з мінус 50 °С до +80 °С при високому рівні сонячної радіації та великій теплопоглинальній здібності облицювального матеріалу. Коефіцієнти температурних деформацій для різних матеріалів можуть значно відрізнятись. Тому при спільному їх використанні в конструкціях вентилязованих фасадів передбачаються технічні рішення, що компенсують різну реакцію матеріалів на зміну температури та запобігають виникненню додаткових напружень, деформацій і руйнувань.

Проблеми під час проектування та будівництва вентилязованих фасадів

Як матеріал несучої стіни використовуються пористі матеріали з малою несучою здатністю. Виникає складність підбору анкерних кріплень. Проектувальникам під час вибору та розрахунку системи вентилязованого фасаду необхідно враховувати вагу й розмір облицювального матеріалу для визначення кількості кронштейнів на 1 м² і товщини металу. Зовнішнє облицювання вентилязованого фасаду з використанням повітряного зазору й утеплювача є акустичним екраном для зовнішніх звуків. Але при цьому не можна забувати, що сам зазор є акустичною трубою та будь-які звуки, вироблювані в самому зазорі, будуть поширюватися практично по всьому фасаду (у межах однієї площині). Деякі вентилязовані фасади мають один дуже неприємний недолік. При певному вітрі вони свистять або гудуть. Особливо часто це відбувається в місцях завихрень вітрових потоків. Однак застосування малих (4 мм) зазорів між плитами облицювання значно знижує ймовірність цих неприємних явищ. Вентильований фасад – дуже відповідальна інженерна конструкція.

Запитання для контролю знань

1. У чому полягають сутність та переваги скріпленої теплоізоляції фасадів?

2. Проаналізуйте ефективність «вентильованих фасадів».
3. Назвіть недоліки утеплення стін «зсередини».
4. Які роботи включає влаштування скріпленої теплоізоляції фасадів?
5. Як прикріплюють плити утеплювача до огорожувальної конструкції?
6. Яке обладнання, пристосування, машини, інструмент необхідні для виконання робіт з влаштування теплоізоляції?

4.4 Технологія ремонту та реконструкції будівель і споруд

У сфері будівництва реконструкція будівель і споруд займає особливе місце. Реконструкція будівлі буває необхідна в багатьох випадках – наприклад, коли замовник хоче змінити функціональне призначення будівлі (реконструкція заводів в офісні центри), або коли будівля прийшла у непридатність або морально застаріла, а також у багатьох інших ситуаціях, коли потрібна зміна конфігурації та розмірів будинку, перепланування будівлі, перебудова будівлі, надбудова поверхів, додаткова прибудова тощо.

Очевидно, реконструкція будівель – це комплекс організаційно-будівельних заходів та будівельно-монтажних робіт, обумовлених із зміною функціонального призначення будівлі, зміною кількості і якості внутрішніх приміщень, необхідністю збільшення загальної площі будівлі та її місткості. Реконструкція старого будинку може включати в себе наступні варіанти:

- реорганізацію та переобладнання внутрішніх приміщень будівлі;
- прибудови до будівлі, надбудова поверхів, будівництво та реконструкція мансардного поверху;
- нарощування цоколя;
- посилення всіх несучих конструкцій;
- реконструкція цегляної кладки, стяжка тріщин фасаду.

Варто зауважити, що реконструкція будівель і споруд – це робота, здебільшого складніша і делікатніша, ніж нове будівництво. Це обумовлено тим, що будівля, зазвичай, уже вписана в сформовану промислову або житлову середу, та тісно пов'язана з нею в технічному та естетичному плані. Тому будь-яка реконструкція потребує індивідуального підходу до кожного об'єкта.

4.4.1 Головні методи руйнування будівель і споруд

Типовим видом робіт за будь-якої реконструкції є знесення, розбирання та демонтаж будівель і конструкцій.

Знесення та розбирання споруд можуть бути повними або частковими. Повне знесення споруди виконують у разі значного фізичного зносу конструкцій споруди або якщо на її місці має бути зведена інша споруда. Часткове розбирання виконують при зніманні окремих конструкцій під час перепланування або заміні їх на міцніші. В обох випадках частину конструкцій (якомога більшу) демонтують, а частину ламають, якщо конструкції неможливо демонтувати. Демонтовані конструкції можуть бути застосовані повторно.

Роботи з демонтажу можна віднести до трудомісткого процесу, який характеризується порівняно високою кошторисною вартістю. Найскладнішими роботами, які вимагають великих трудовитрат, є збирання та перевезення будівельного сміття, матеріалів від демонтажу. Головним завданням демонтажних робіт є видалення непридатних будівельних конструкцій і елементів, створення фронту для наступних будівельно-монтажних робіт. Виконання робіт повинно обмежуватися однією захваткою, при цьому необхідно точно дотримуватися технологічної послідовності демонтажних робіт щодо обладнання та конструкцій, забезпечити безпечні умови робіт і максимально можливе збереження матеріалів від демонтажу. Технологія виробництва робіт для будівель із цегли та інших кам'яних матеріалів характеризується своїми специфічними особливостями, які залежать від схеми виробництва робіт, від типу використовуваних у роботах техніки та обладнання.

Роботи з демонтажу будівельних конструкцій зазвичай здійснюються підрядними організаціями згідно зі заздалегідь розробленим і погодженим проектом. Демонтаж конструкцій становить досить складний у технологічному плані процес, який складається з двох етапів: підготовчого та головного. До початку підготовчого етапу необхідно підготувати повний пакет документів, ознайомити робітників бригад із технічною документацією та правилами техніки безпеки.

У процесі підготовчого етапу здійснюються такі види робіт як: обстеження будівельних конструкцій, вивчення та узгодження умов виробництва робіт, розробка технології демонтажу, підготовка під'їзних шляхів, а також доставка та монтаж необхідного обладнання на об'єкт.

Головний етап виробництва демонтажних робіт передбачає виконання безпосередньо демонтажу відповідно до певної послідовності. Насамперед виконується демонтаж конструкцій за допомогою виокремлення елементів конструкцій один від одного, зняття окремих елементів, огляд, сортування, руйнування конструкцій.

Після цього виконується сортування демонтованих матеріалів, навантаження та транспортування будівельного сміття та залишків конструкцій до місця утилізації, до місця повторного їх використання або на звалище.

Завершальним етапом демонтажних робіт є підготовка майданчика для виконання наступних робіт.

Для руйнування матеріалів будівельних конструкцій широко застосовуються засоби, які можна класифікувати за видом енергії, що впливає на матеріал конструкцій, і за руйнівною силою. *За видом енергії* способи руйнування діляться на механічні, термічні та вибухові; *за руйнівною силою* – на контактні та шпурові засоби. Головними недоліками контактних засобів руйнування в умовах реконструкції є великий розліт осколків зруйнованого матеріалу, а також значні габарити установок. З цієї самої причини обмежено застосовуються заряди на основі вибухових речовин. Однак у разі руйнування низки конструкцій, наприклад фундаментів, можна організувати робочу зону руйнування (на вільних майданчиках, у цехах, із яких виведено діюче виробництво або можлива зупинка, відключення або захист діючого обладнання).

Перевагами шпурових засобів є порівняно малий розліт осколків матеріалу, безшумність, простота конструкції, надійність у роботі, можливість розташування установок руйнування на відстані до 30 м від робочого органу, що дозволяє застосовувати їх в особливо стиснених умовах реконструкції. Недолік шпурових засобів – необхідність виробництва трудомістких робіт із буріння шпурів. У разі руйнування шпуровими засобами залізобетонний масив (наприклад, фундамент) розбивається в плані на технологічні захватки або ділянки руйнування, розміри яких залежать від руйнівної сили застосовуваних засобів і способу збирання зруйнованого бетону. Послідовність руйнування по захватках, а також відстань між шпурами залежать від кількості поверхонь фундаменту, звільнених від землі та прилеглих конструкцій, тобто від вільних поверхонь фундаменту.

Механічний спосіб із використанням ручного інструменту застосовують у разі обвалення монолітних бетонних, залізобетонних і цегляних склепінних покриттів, а також у разі руйнування монолітних бетонних конструкцій невеликого обсягу. Цей спосіб є трудомістким і дорогим, тому його можна застосовувати тільки при невеликому обсязі робіт. Інші різновиди механічного способу руйнування конструкцій застосовують для руйнування склепінних цегляних, бетонних і залізобетонних перекриттів (із застосуванням клин-молотів на екскаваторі, крані), для руйнування цегляних стін і перегородок (із застосуванням куля-молота), руйнування бетонних підстав (автобетоноломи, розпушувачі ударного дії, гідро- та пневмомолоти від гідравлічних

екскаваторів), бетонних і цегляних конструкцій. Руйнування будівельних конструкцій з використанням навісних падаючих органів дає змогу істотно скоротити трудомісткість і терміни виконання робіт, однак при цьому відбувається швидке зношування механізмів і несучих канатів машини. Найбільшого поширення набув метод руйнування конструкцій ударними навантаженнями («куля-молот»). Недолік методу – значні втрати конструкцій і матеріалів у разі обвалення будівлі, придатних для подальшого використання, а так само великий знос деталей екскаватора, який працює з «куля-молотом» (рис. 4.24).

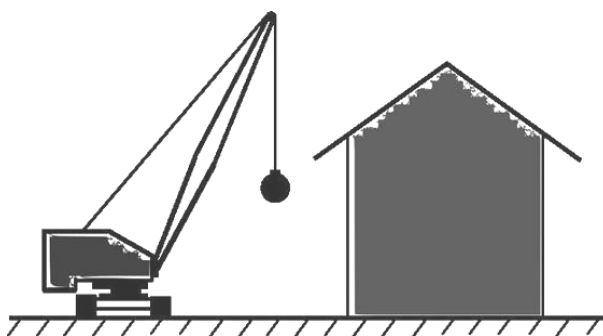


Рисунок 4.24 – Знесення будинків за допомогою екскаватора, обладнаного куля-молотом

Для руйнування бетонних і залізобетонних конструкцій, розробки мерзлих ґрунтів добре зарекомендували себе навісні пневмомолоти. Усе ширше застосовуються гідромолоти, які навішуються як змінне обладнання на гідравлічні екскаватори. В обмежених умовах гідромолотом можна успішно руйнувати бетонні покриття та фундаменти, мерзлі та скельні ґрунти, ущільнювати насипні ґрунти. Екскаватор із гідромолотом мобільніше екскаватора з пневмомолотом через відсутність компресора. Під час застосування гідромолотів відсутній шум, що виникає під час роботи компресора та вихлопі стисненого повітря. У разі руйнування бетонних, асфальтобетонних та асфальтових покриттів завтовшки 0,3–0,5 м молотами в покритті пробивають отвори, і подальше руйнування проводиться ковшем екскаватора в процесі екскавації.

Механічний і термічний способи застосовують для розділення конструкцій (під час їх розбирання) і влаштуванні прорізів і отворів у різних конструкціях: механічне свердління, буріння та різка (із використанням ручних свердлильних машин і верстатів із алмазними кільцевими свердлами та відрізними дисками, бурових установок і перфораторів, гідравлічного навісного обладнання та установок для зрізання голів паль, електричних борозноробів);

газокисневе різання та термічне різання (порошково-кисневий різак, реактивно-струменевий пальник, термобур); електродугова, плазмова та лазерна різка (установки електродугового плавлення, плазмової та лазерної різки), гідроструменеве різання.

Вибуховий спосіб під час реконструкції будівель застосовується для руйнування або дроблення кам'яних, бетонних і залізобетонних конструкцій, обвалення старих будівель і споруд на їх підставу або в заданому напрямку. У наслідок вибуху об'єкт, падаючи на свою основу, руйнується. Висота розвалу зазвичай не перевищує $1/3$ висоти будівлі, а ширина розвалу у бік за периметр будівлі – $1/2$ висоти стін. Перед вибухом усі внутрішні перегородки та печі, перекриття, крокви, дах, дверні та віконні коробки зазвичай розбирають і видаляють. Обвалення будівель і споруд здійснюється шляхом підривання зарядів у шпурах або рукавах. При обваленні будівель на підставу шпури розміщують із внутрішнього боку будівлі. Спрямоване обвалення будівлі або споруди проводиться для збереження інших будівель, що розташовані поблизу.

Безударні методи передбачають використання алмазного різання та спеціальних фрез. За допомогою гідронозиців допустимо проводити і первинне руйнування будівлі, і демонтаж бетону. Головна перевага безударного методу полягає у відсутності шуму та вібрації. Роботи з руйнування бетонних конструкцій безударними методами дозволені в спальних районах міста.

Алмазне різання передбачає відсутність ударних динамічних навантажень, які негативно позначаються на стані матеріалу.

Перевага технології:

- відсутність вібрації – виключає можливість появи тріщин на сусідніх стінах і перегородках;
- низький рівень шуму – алмазне різання можна використати в будинках із поганою звукоізоляцією;
- підвищена точність робіт;
- мінімальна кількість пилу – досягається шляхом використання води під час руйнування бетону.

Іншим варіантом демонтажу бетонних конструкцій є їх *руйнування за допомогою розширювальних сумішей*. Сутність цього методу зводиться до засипання НРС-1М або НРР-80 у тріщини конструкції. Протягом 1–2 днів міцний матеріал тріскається та розсипається, залишається тільки розчистити територію.

За допомогою електричної дуги можна провести якісні роботи по демонтажу бетонної стіни. Матеріал плавиться за допомогою температури від її горіння. Зазвичай для розбирання будівлі використовуються комбіновані методи демонтажу. У разі часткової реконструкції будівлі не можна

використовувати вибухові роботи. Для демонтажу бетонної стіни або перегородок можна використовувати алмазне різання або відбійний молоток.

4.4.2 Перенесення будівель

Перенесення будівель, що мають історичну цінність, практикувалося у багатьох країнах світу (рис. 4.25).



Рисунок 4.25 – Перенесення будівель

Перше перенесення будівлі було виконане ще в 1455 році. Італійський архітектор Аристотель Фіорованті пересунув дзвіницю церкви Святого Марка на 105 метрів. У Росії практикувалося масове пересування будівель у 30-ті роки ХХ ст., коли, відповідно до нових генеральних планів, розширювали магістралі, вели будівництво нових будівель, створювали зелені зони і проспекти.

Головні проблеми, які доводиться вирішувати інженерам, – це величезна вага переміщуваного об'єкта та його крихкість. Будинок необхідно дуже делікатно відірвати від фундаменту, підняти, перенести й при цьому його не зруйнувати. Насамперед необхідно відокремити будинок від основи. Для цього навколо будівлі відривають траншею, а потім відрізають її від фундаменту. На цьому етапі досить злегка зрушити будівлю з місця – і вона почне руйнуватися. Перший крок – зміцнення будівлі так званими поясними балками, інший варіант – оперізування будинку бетонним монолітом. Наступний крок – спорудження потужної металевої рами, на якій будівля буде переміщуватися. Зовнішні та внутрішні стіни, які виявляться перпендикулярними до напрямку руху, найуразливіші, тому їх потрібно зміцнити особливо. У стінах проробляють поздовжні борозни, куди вмуровують потужні залізні балки у вигляді двотавра. Ці зміцнювальні конструкції називаються рандбалками. Нижче рандбалок у стінах пробивають отвори для рейкових шляхів (вони розташовуються перпендикулярно до рандбалки). На прокладені колії

встановлюють катки, а на них – так звані ходові балки. Над ходовими балками розміщують поперечні балки, які жорстко скріплюються з рандбалками. У залишений просвіт між ходовими та поперечними балками вбивають металеві клини. У цей момент вага будівлі переносять із фундаменту на катки, поставлені на рейки. Залишилося розібрати ділянки кладки між прорізами для рейкових шляхів, і будинок можна котити. Власне, описана технологія – це лише один із варіантів. У різних випадках залежно від ваги будинку й інших умов, конструкція опорної рами та методи її постановки на катки могли відрізнятись, але загальний принцип залишався незмінним. У процесі пересування будівлі зазвичай використовувалися штовхальні домкрати та лебідки для буксирування будівлі вперед.

У США пересування будівель було вперше в історії поставлено на комерційну та індустріальну основу. Продовжують там рухати будинки й сьогодні. Наприклад, ще у 2001 році перенесли будівлю старого терміналу аеропорту у штаті Нью-Джерсі. Його вага близько 7 000 т. Ще правда, технології, які сьогодні застосовуються для переміщення настільки габаритних вантажів, дещо відрізняються від того, що описано вище. Зараз замість ковзанок практично повсюдно застосовуються колеса (рис. 4.26).



Рисунок 4.26 – Сучасні технології переміщення будівель

Починається все стандартно. Будинок обкопують траншеєю для оголення фундаменту, відокремлюють від нього та крізь підвальне приміщення в будівлю заводять потужні двотаврові балки (типу рандбалок). Вони стануть основою міцної рами. Далі будівлю необхідно підняти, щоб підвести під нього колісні візки. Це робиться за допомогою гідравлічних домкратів. Домкрати розставляють на підставках із дерев'яних брусків. Зусилля слід розподіляти рівномірно, і будівля не має кренитися. Під час роботи, поки одні домкрати утримують будівлю, під інші підкладають додаткові бруски.

Потім вже ці домкрати приводяться у дію. Сучасне обладнання дає змогу управляти усіма працюючими домкратами одночасно, домагаючись того, щоб піднята будівля займала ідеально горизонтальне положення. При досягненні необхідної висоти під металеві балки рами підводять колісні візки. За допомогою стійки-домкрата візки впираються у залізні балки, приймаючи вагу будівлі на себе. Далі починається транспортування на буксирі. Іноді, якщо будівля не дуже велика, замість візків під нього підводять спеціальну вантажівку з величезною платформою, на якій здійснюється транспортування.

4.4.3 Реконструкція фундаментів

Довговічність будівель і споруд, їхня відповідність своєму призначенню залежить від стану основ і фундаментів. Фундаменти в умовах експлуатації постійно відчують одночасний вплив багатьох факторів, із яких найважливішими є зміна властивостей основи, природні явища та техногенні впливи. Результати обстеження житлових будівель дають конкретизувати причини деформацій будівель, розташувавши їх за ступенем значущості:

- нерівномірне ущільнення слабких, торфованих або насипних ґрунтів внаслідок зміни гідрологічного режиму території або рівномірного завантаження цих ґрунтів;

- порушення структури ґрунтів під час відкачування води з підвалів, витоку їх у колектори з виносом тонкодисперсних частинок (механічна суфозія), а також при динамічних впливах транспорту, промислової сейсміки;

- повсюдне зниження горизонту підземних вод у центральній частині міста у зв'язку з будівництвом інженерних мереж глибокого закладення, метро, що призводить до гниття дерев'яних лежнів і паль;

- будівництво поруч зі старими будівлями нових, більших за існуючі;

- зведення заглиблених споруд (гаражів, переходів);

- локальне обводнення основи техногенними водами, що змінюють хімічний склад і температуру ґрунтових вод;

- аварії на інженерних мережах, у підвалах будівель з виносом ґрунту в каналізаційну мережу (глибокі колектори);

- промерзання та відтавання ґрунтів в основі тощо.

Порушення нормальної роботи основ і фундаментів зустрічається досить часто. Без усунення причин втрати їхньої несучої здатності, невиконання необхідних ремонтних робіт може призвести до найсерйозніших наслідків.

З огляду на зазначені та інші причини, під час реконструкції будівель і споруд може виникнути необхідність виконання відповідних видів та обсягів робіт з підсилення фундаментів.

Вибір способів посилення диктується конкретними умовами: станом основи, особливостями пошкодження фундаменту, його елементів, архітектурно-будівельними рішеннями, наявними матеріально-технічними ресурсами. На сьогодні у практиці реконструкції використовується низка методів підсилення фундаментів існуючих будівель. На практичному досвіді найбільш широкого розмаху набули такі технологічні схеми підсилення, класифіковані за частотою їх застосування:

– збільшення опорної площі фундаментів шляхом підведення стрічкових чи плитних конструкцій під подошву існуючих фундаментів. Це дає можливість не тільки підсилити фундаменти, а й збільшити (заглибити) висоту підвальних чи цокольних приміщень (рис.4.27);

– влаштування буронабивних паль із переопиранням підсилюваних конструкцій через ростверки. Цей спосіб забезпечує передачу навантажень на нижчі шари ґрунтів через монолітні бетонні чи залізобетонні палі. Однак, застосування цього способу обмежується можливими обваленнями стінок свердловини, та довгостроковий термін набору монолітними палями проектної міцності;

– влаштування вдавлених паль. Цей спосіб включає передачу навантажень від фундаментів на нижчі, міцні шари ґрунтів, за допомогою статично вдавлених збірних конструкцій паль. Це дає можливість, практичні відразу включати їх у роботу, значно скорочуються терміни та трудомісткість робіт;

– ін'єкції розчинів у ґрунти основ та фундаментів забезпечують збільшення зв'язності окремих частин ґрунтів або матеріалу фундаментів (рис. 4.28).

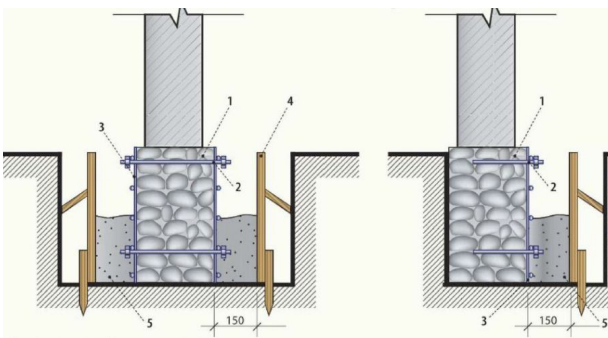


Рисунок 4.27 – Підсилення фундаментів збільшенням площі опирання:
1 – бутовий фундамент; 2 – анкер;
3 – арматура; 4 – опалубка;
5 – бетонна суміш

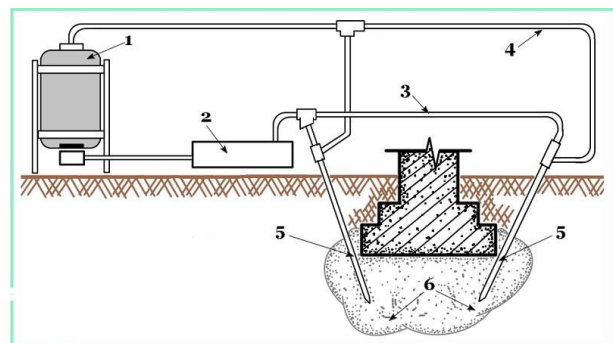


Рисунок 4.28 – Підсилення фундаментів закріпленням слабого шару ґрунту:
1 – бак для замішування розчину;
2 – насос для розчину; 3 – напірний трубопровід; 4 – зворотній трубопровід;
5 – ін'єктори; 6 – закріплений ґрунт

Застосування різновиду розчинів, диктується властивостями ґрунтів. Складності виникають під час перевірки якості робіт, що здійснюється по факту виконання. Спосіб досить ефективний для покращення гідроізоляційних властивостей конструкцій. Для збільшення площі підшви фундаменту його розвантажують (під несучі конструкції, що на нього опираються, підводять тимчасові опори), відкопують по периметру ґрунт і добетонують тіло фундаменту до потрібних розмірів. Зв'язок добетонованої частини зі старою забезпечують шляхом збільшення шорсткості старої поверхні насічкою, оголенням старої арматури і з'єднанням її з новою, вирубуванням спеціальних пазів, обтягуванням обручами тощо. Збільшення заглиблення фундаменту практикують нечасто у зв'язку з тим, що відкопаний фундамент необхідно підвішувати до тимчасових балок і шпренгелів, а потім під ним робити підкоп і заповнити цей простір бетоном чи кладкою.

Пересаджування фундаменту на палі – це технологічно і конструктивно найдосконаліше рішення. Поряд із фундаментом з двох протилежних боків відкопують приямки, із яких у ґрунт удавлюють збірні палі або виконують їх буронабивними. У створі з палями над ними крізь фундамент пробивають отвір і забетонують балку, яка спирається на палі. На практиці найбільшого поширення набули дві технологічні схеми підсилення фундаментів: із використанням пристінних монолітних залізобетонних ростверків (рис. 4.29) і з-під стіни будівлі (рис. 4.30).

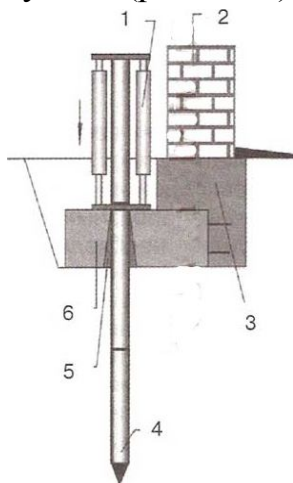


Рисунок 4.29 – Схема посилення фундаменту з використанням залізобетонного ростверку:
 1 – установка для задавлювання палей;
 2 – стіна; 3 – фундамент;
 4 – трубобетонні паля; 5 – корзина;
 6 – залізобетонний ростверк

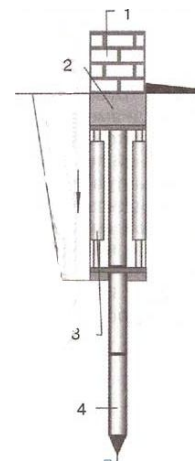


Рисунок 4.30 – Схема посилення фундаменту з-під стіни:
 1 – стіна; 2 – залізобетонний ростверк;
 3 – установка для задавлювання палей;
 4 – трубобетонна паля

Підсилення фундаменту можна виконувати також буроін'єкційними палями, які пропускають крізь тіло фундаменту. Здебільшого для зменшення

осідання фундаменту під навантаженням нові його частини вдавлюють у ґрунт за допомогою домкратів або клинів до з'єднання зі старою частиною. В окремих випадках замість підсилення фундаментів закріплюють ґрунт основи методами силікатизації, цементації або смолизації, але це досить високовартісні способи.

Рішення про застосування наведених способів приймається на підставі детального аналізу особливостей об'єкта та мети реконструкції. Схеми підсилення повинні прийматися в кожному конкретному випадку залежно від навантажень на фундаменти, наявності підвалу та інших підземних споруд, інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов.

Одним із достатньо ефективних способів підсилення фундаментів є спосіб влаштування паль заводського виготовлення, що вдавлюються на відмітки значно нижчі подошви фундаментів із подальшим включенням останніх у сумісну роботу. Цей спосіб досить широко використовується у світовій практиці реконструкції, але на жаль дещо обмежений при застосуванні у нашій країні. Способом передбачено статичне вдавлення залізобетонних чи металевих паль на відмітки нижчі від подошви існуючих фундаментів із послідувачим переопертям на них конструкцій, що підсилюються. Палі виготовляються циліндричної, прямокутної чи трапецеїдальної форми (рис. 4.31). При цьому палі виготовляються у вигляді невеликих ланок завдовжки 800–1 200 мм, які при влаштуванні нарощуються як телескопічна конструкція. Загальна довжина палі може становити 30,0 м. Палі вдавлюються переважно гідравлічними домкратами (рис. 4.32), які спираються на конструкції, що підсилюються.

На виділеній ділянці будівлі розробляється ґрунт окремих захваток з кроком не менше ніж через три суміжних. Виїмка виконується на ширину захватки, глибиною біля 1800,00 мм. Влаштовуються лідерні свердловини завглибжки приблизно 2,0–3,0 м нижче подошви фундаменту

Виконуються установлення гідравлічного домкрату на оголовку палі й розпирається в подошву існуючого фундаменту (рис. 4.33). Включається гідропривід й домкрат вдавлює палю в ґрунт. Для збільшення ходу поршня застосовуються спеціальні вставки. Довжина ланки палі становить 1 000,0 мм

Глибина вдавлення (заглиблення) паль сягає 6,0–8,0 м нижче рівня подошви існуючого фундаменту. Послідовно вдавлюються палі з їх нарощуванням на проектну глибину. Аналогічно вдавлюються палі всього куца. Контроль якості здійснюється постійно, ведеться журнал удавлювання паль та проводяться інструментальні випробування паль, з оформленням належних актів.



Рисунок 4.31– Заготовлені палі



Рисунок 4.32 – Установа для закріплення палей



Рисунок 4.33 – Встановлення гідравлічного домкрата у робоче положення



Рисунок 4.34 – Улаштування арматурного каркаса ростверки

Відповідно до технологічної послідовності роботи виконуються на всіх захватках, що врешті забезпечує перепирання існуючих конструкцій фундаментів на нововлаштовані ростверки по вдавненим палям (рис. 4.34).

Основне технологічне обладнання включає установку по вдавненню палей (що складається з домкрата, насосної станції та пристроїв), бурову установку, зварювальний трансформатор, оснастку.

Цей метод дає змогу виконати роботи із використанням тільки внутрішнього простору підвального приміщення. Необхідне технологічне обладнання, будівельні матеріали та вироби через їхню невелику масу та розміри доставлені в приміщення вручну та за допомогою засобів малої механізації.

Отже, застосований метод дає змогу швидко та ефективно виконати роботи з підсилення фундаментів.

4.4.4 Реконструкція фасадів

У нашому суворому кліматі досить швидко настає необхідність проведення реконструкції фасаду будівлі. Зараз це досить нескладно зробити, оскільки з появою сучасних матеріалів і технологій можна з легкістю демонтувати фасад, посилити кладку або приховати пошкодження за навісним фасадом. До заходів із реконструкції фасаду будівлі відносять такі роботи:

- облаштування окремого входу, ремонт старого, оформлення вхідної групи;
- збільшення розміру або кількості вікон;
- облаштування зимового саду;
- прибудова приміщень тощо.

Для проведення реконструкції фасаду будівлі, необхідно отримати дозвіл на реконструктивні роботи, щоб врахувати та зовнішній вигляд будівлі й не порушити єдиного архітектурного вигляду будівлі.

4.5 Вибір матеріалів під час реставраційних, консерваційних та ремонтних робіт на пам'ятках культурної спадщини

У процесі виконання консерваційно-реставраційних робіт слід застосовувати традиційні для пам'ятки технології та матеріали, а також перевірені практикою сумісні матеріали, розроблені спеціально для ведення реставраційних робіт і виготовлені за чинною нормативною документацією.

Якщо застосування традиційної техніки (матеріалів і технологій) неможливе або не дає бажаного результату, консервацію або реставрацію пам'ятки можна здійснювати за допомогою сучасної техніки збереження та будівництва, ефективність якої доведена науковими даними та гарантована практичним досвідом і не завдає шкоди автентичності пам'ятки.

Не допускається застосування матеріалів, які можуть створювати несприятливі умови зберігання пам'ятки: парникових ефектів, засолення тощо.

Головні вимоги до матеріалів, для реставрації і консервації пам'яток:

- їхня сумісність (механічна, фізична, хімічна тощо) зі стародавніми будівельними матеріалами;
- реверсивність (зворотність), здатність до видалення;
- відсутність шкідливої післядії (наслідків застосування) на пам'ятку.

Матеріали для реставраційних робіт на пам'ятці за своїм походженням повинні бути подібними до автентичних матеріалів, їхні фізико-технологічні характеристики визначаються технологічною частиною проекту на реставрацію.

Заміна цих матеріалів іншими допускається тільки за письмового погодження з замовником та розробником технологічної частини проекту та головним архітектором проекту.

Матеріали для реставрації необхідно підбирати на підставі досліджень автентичних (історичних) матеріалів пам'ятки, їхніх фізико-технологічних характеристик та вивчення можливих негативних наслідків при застосуванні нових матеріалів.

У процесі розробки проекту та виконанні реставраційних робіт потрібно віддавати перевагу традиційним (історичним) матеріалам та технологіям.

Не допускається заміна природи елементів пам'ятки, крім тих випадків, коли це єдиний шлях збереження пам'ятки й така заміна повинна бути науково-обґрунтованою та погодженою з пам'яткоохоронними органами.

Забороняється застосування матеріалів, які можуть призвести до руйнування пам'ятки або її окремих елементів, появи небажаних побічних ефектів (засоленість, збільшення вологості, зміна зовнішнього вигляду тощо).

Не допускається:

- застосування портландцементу та цементних розчинів на пам'ятках, де він не був застосований при первісному (історичному) будівництві;
- контакт виробів із різних металів, які можуть утворювати гальванічну пару (залізо – мідь, свинець – мідь тощо);
- застосування гіпсокартонних листів замість мокрої вапняно-піщаної штукатурки.

Матеріали, вироби та напівфабрикати, що використовуються під час реставрації пам'яток, повинні відповідати вимогам проекту, чинних стандартів, технічних умов, сертифікатам відповідності та якості, а також мати паспорти та інструкції виробника зі вказівкою методів і умов застосування.

На об'єкті реставрації потрібно здійснювати вхідний лабораторний контроль матеріалів (згідно з нормативними актами) щодо визначення їхньої якості та придатності для застосування на пам'ятці. Відповідальність за проведення випробувань матеріалів покладається на генпідрядника, який залучає спеціалізовані науково-реставраційні лабораторії, що акредитовані та мають ліцензію на виконання цього виду робіт.

Усі види матеріалів, виробів і напівфабрикатів повинні постачатися комплексно за лімітно-комплектувальними картами, які, зі свого боку, повинні розроблятися на кожний об'єкт реставрації.

Під час транспортування та складування матеріалів, виробів і напівфабрикатів необхідно вживати заходів щодо їх збереженості. Авторський нагляд за веденням реставраційних робіт повинен включати вибіркового

контроль якості реставраційних матеріалів, правильність їх застосування і дотримання технології реставрації.

Довідки про стародавні та сучасні матеріали, що рекомендуються для застосування при проведенні робіт на пам'ятках, наведені в таблицях 4.1, 4.2.

Засоби вогнезахисту повинні бути сертифіковані та забезпечувати групу вогнезахисної ефективності згідно із чинними нормативними актами.

4.5.1 Стародавні будівельні розчини та матеріали

Проведення реставраційних робіт тісно пов'язане з первісною технологією будівництва пам'яток архітектури.

У різних історичних районах із відмінними природними ресурсами використовувалися відповідно різноманітні будівельні матеріали та технології. Їх вивчення та порівняння дає можливість проаналізувати розвиток будівельної справи з давніх часів дотепер, встановити вихідний речовинний склад стародавніх будівельних розчинів, відновити давні технологічні рецепти, встановити хронологічну послідовність етапів будівництва та розробити технологічні рекомендації для консервації та реставрації.

Пам'ятка архітектури в комплексі – будівельних конструкціях, декорі, оздобленні фасадів й інтер'єрів – складається з різноманітних видів матеріалів і їхніх композицій. Використання кожного з них визначається конкретною технологією.

Пам'ятки періоду Київської Русі Х–ХІІІ ст. вирізняються застосуванням вапняно-цем'янкових розчинів та плінфи, а також технікою мурування – «з утопленим рядом». Яскравим прикладом цих особливостей стародавнього будівництва є Софійський собор у Києві, який також є шедевром монументальної архітектури та найдавнішою збереженою пам'яткою Київської Русі.

Види стародавніх будівельних розчинів

У будівництві розчинами названо спеціально виготовлені суміші з в'язучого та заповнювача.

Залежно від речовинного складу в'язучої розчини поділяють на глиняні, вапняні, гіпсові, цементні та їхні похідні, наприклад, вапняно-гіпсові та інші.

Заповнювач здебільшого відіграє роль опіснювача: зменшує витрату в'язучого та може виконувати специфічні функції, наприклад, надавати розчинам гідравлічних властивостей, використовуватися для армування тощо.

Штукатурні розчини однієї пам'ятки, зазвичай, відрізняються від її

мурувальних розчинів ретельнішим приготуванням: наявністю добре відсортованого заповнювача, більш масним складом, домішкою клею, гіпсу, більш високою пластичністю та адгезією при ідентичності мінерального складу. Саме аналогія мінерального складу й дозволила штукатурні розчини не виокремлювати в окремі групи. Винятком стали розчини під живопис та спеціальні декоративні штукатурки, технологія виготовлення яких різко відрізняється від виготовлення більшості мурувальних та штукатурних розчинів.

Глиняні розчини

Використання глини в будівництві відоме з давніх часів як в'язучого у муруваннях із природного каменю, для тинькування стін, бутування підмурків, виготовлення цегли-сирцю та обпаленої цегли, будівельної кераміки (трипільська та придунайська культури).

Нині глина продовжує залишатися одним з найважливіших компонентів будівельних матеріалів.

Глина – тонкоуламкова дисперсна пластична гірська порода – продукт вивітрювання вивержених та метаморфічних порід, багатих польовими шпатами. Різновидів глиняних мінералів досить багато, але головним серед них є каолінит.

Розчин має жовтувато-бурий колір, який визначається гідроокислами заліза, щільний, руйнується руками.

Мікротекстура неорієнтована. Мікроструктура алевритова в поєднанні з тонколускуватою.

Порода складається з тонколускуватого агрегату глиняних та гідрослюдистих мінералів, дрібних подовжених лусочок гідробіотиту та кутастих зерен кварцу й польового шпату розміром до 0,1 мм.

Група глиняних розчинів представлена зразками розчину забутування фундаменту, виявленого на території поблизу Десятинної церкви в Києві. Ця будівля, можливо, є однією з найдавніших часів Київської Русі, що датовані X ст., – палацом княгині Ольги.

Вапняні розчини

Розчини на вапняному в'язучому є найпоширенішими в Україні і тому їх класифікація вимагає додаткових пояснень.

Вапняне в'язуче є мікротонкозернистим агрегатом продуктів гідратації та карбонатації вапняного тіста: карбонату кальцію та гідрату окису кальцію.

Різноманітність розчинів цієї групи обумовлена не стільки періодом їх використання, скільки різницею складу їх заповнювачів. За складом заповнювача серед вапняних розчинів можна виокремити такі головні групи:

– вапняно-піщані;

- вапняно-карбонатні;
- вапняно-цем'янкові;
- вапняно-карбонатно-цем'янкові.

Вапняно-піщані розчини

Як заповнювач у вапняних розчинах використовується пісок. До піщаних належать уламкові породи з розмірами зерен від 0,05 мм до 2 мм.

Для розчинів, що використовувалися для будівництва пам'яток Кримського півострова та Північного Причорномор'я – Херсона, Миколаєва, Одеси – притаманне використання морського піску, який складається з добре обкоченого матеріалу гальки та напівобкочених уламків черепашок молюсків, голкошкірих, мшанок, коралів тощо.

У розчинах на пам'ятках Придніпров'я та центральних областей України використовувався річковий пісок, до складу якого входить велика кількість уламків кварцу з домішкою польових шпатів, лусочок глиняних мінералів та гідрослюд. У деяких спорудах спостерігається використання розчинів з піском, що добували в ярах. Він має мінеральний склад, аналогічний річковому піску, але відрізняється більшим вмістом польових шпатів та глиняних мінералів.

Мікроструктура вапняного розчину з річковим кварцовим піском

Розчини мають сірий, світло-сірий, іноді з бурим відтінком кольори середньої міцності. Іноді мікрохімічна реакція фіксує наявність домішки рослинного клею.

Співвідношення в'язучого та заповнювача 1:1-1:2.

Заповнювач складається з обкочених та кутасто-обкочених зерен кварцу. Розмір домінуючої фракції становить 0,4 мм – 1,0 мм.

Ці розчини були використані в муруванні стін церкви Іоанна Хрестителя (XII ст.), м. Львів.

Вапняно-карбонатні розчини

У будівельних розчинах споруд західних областей України (Волинській, Івано-Франківській, Львівській тощо) роль заповнювача виконував подрібнений вапняк різних порід.

Розчини з карбонатним заповнювачем характеризуються досить великою міцністю. Взаємодія вапняного в'язучого з карбонатним заповнювачем – піском із черепашок, меленим вапняком чи мрамуром – заснована на ідентичності хімічного складу вихідної речовини – кальциту (CaCO_3). Унаслідок цієї взаємодії в процесі перекристалізації утворюється кальцит, що підвищує міцність розчину.

Вапняний розчин із заповнювачем у вигляді морського піску

Розчин має рожево-бурий колір, досить високу міцність.

Текстура неоднорідна. Мікрохімічна реакція дала позитивну реакцію на

наявність рослинного білка.

Мікроструктура органогенно-детритова.

Заповнювач складається з обкочених уламків черепашок молюсків, пеліціпод, мшанок, форамініфер тощо.

Фракційний склад заповнювача:

5,0 мм ... 1,0 мм – 40 %;

1,0 мм ... 0,5 мм – 50%.

Вапняні розчини з морським піском з уламків черепашок було використано в мурувальних розчинах підмурків та стін Генуезької фортеці (XIV–XV ст.), м. Судака на Кримському півострові.



Рисунок 4.35 – Вежа та барбакан фортеці Чембало; Балаклава, Крим

Вапняний розчин із заповнювачем у вигляді подрібненого оолітового вапняку

Розчини кремового кольору, середньої міцності.

Співвідношення в'язучого та заповнювача –1:1.

Мікроструктура оолітова.

Заповнювач складається з подрібненого оолітового вапняку. Оолітовий вапняк – гірська порода, яка складається з оолітів, тобто кристалізаційних облямівок кальциту навкруги уламків кварцу та черепашок.

Фракційний склад заповнювача:

0,7 мм – 0,4 мм – 10%;

0,2 мм – 0,4 мм – 80 %;

0,1 мм – 0,2 мм – 10 %.

Розчини такого складу було використано в муруванні стін церкви-фортеці (II – XIX ст.) м. Сітківці Хмельницької обл.



Рисунок 4.36 – Сутковецький замок (руїни)

Вапняно-цем'янкові розчини

Специфічна технологія будівельних вапняних розчинів на пам'ятках Київської Русі Х–ХІІІ ст. характеризується використанням у складі заповнювача цем'янки або подрібненої плінфи.

Макроструктура та мікроструктура вапняного розчину з цем'янкою

Розчини мають рожевий, бурий, жовтий, кремуватий, червоний колір з неоднорідною грудкуватою текстурою, що обумовлено наявністю в них уламків цем'янки відповідного кольору. Різноманітність кольорової гама уламків цем'янки залежить, як від присутності домішки мінералів відповідного кольору (наприклад, гідроокислів заліза), так і від параметрів обпалювання (температура обпалювання, час охолодження тощо).

Міцність розчинів висока та досягнута внаслідок хімічних процесів взаємодії в'язучого та заповнювача з утворенням нових мінеральних форм – гідроалюмосилікатів кальцію, які за складом наближаються до продуктів гідратації сучасних цементів.

Співвідношення в'язучого та заповнювача – 1:1, але кількість останнього може зменшуватись до 15–30 %.

Заповнювач складається з подрібненої цем'янки (обпаленого суглинку).

Розмір уламків заповнювача – від кількох сантиметрів до сотих часток міліметра.

Звертає на себе увагу контакт в'язучого з заповнювачем. Унаслідок інтенсивної взаємодії межа уламків не чітко означена. Розмір зерен кальциту в приконтактних зонах збільшується до 0,01 мм порівняно з мікрозернистою основною масою вапняного в'язучого, що призводить до утворення облямівок навкруги уламків заповнювача.

Окрім уламків цем'янки, спостерігаються поодинокі кутасті зерна кварцу, які за розміром та формою аналогічні зернам кварцу з цем'янки та потрапили в розчин унаслідок подрібнення цем'янки, а не як спеціальна домішка.

Вапняно-цем'янкові розчини застосовувались у пам'ятках X–XI ст. – Десятинній церкві, Золотих воротах, Софії Київській (м. Київ).

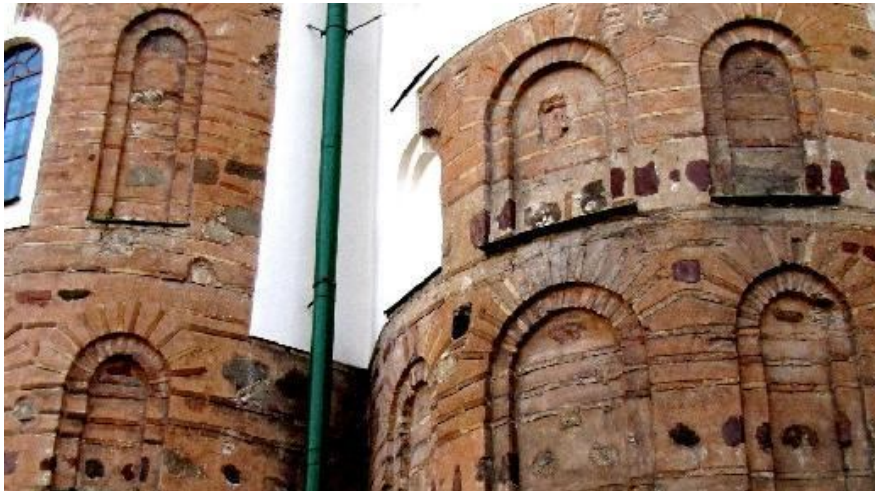


Рисунок 4.37 – Софійський собор



Рисунок 4.38 – Десятинна церква

Вапняно-карбонатно-цем'янкові розчини

Доволі часто в вапняних розчинах використовують заповнювач, що складається з кількох компонентів: піщано-карбонатний, піщано-цем'янковий, піщано-гіпсовий, карбонатно-цем'янковий тощо.

Яскравим прикладом використання вапняно-карбонатно-цем'янкових

розчинів є Спасо-Преображенський собор у м. Новгород-Сіверський.

В'яжуче представлене субмікросталічним карбонатом кальцію з яскравим інтерференційним забарвленням.

Заповнювач представлений уламками вапняку місцевого походження та уламками цем'янки.

Уламки вапняку мають обкочену форму та розмір від 0,1 мм до 2 мм.

Уламки цем'янки мають кутасту форму і розмір від 0,5 см до 1 см. Цем'янка – ізотропна глиниста маса, насичена кварцово-польовошпатовим опіснювачем у вигляді кутасто-уламкових зерен польових шпатів розміром від 0,01 мм до 0,05 мм та кутасто-обкочених і обкочених зерен кварцу розміром від 0,1 мм до 0,2 мм. Поодинокі зерна кварцу досягають 0,2 мм – 0,6 мм. Контакт в'яжучого та заповнювача досягає товщини від 0,1 мм до 0,5 мм.

Кількість спіснювача – до 75 %.

Гіпсові розчини

Розчини на гіпсовому в'яжучому широко використовуються в спорудженні пам'яток архітектури України.

Гіпсове в'яжуче готується шляхом випалу гіпсового каменю ($\text{Ca}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$). До гіпсу також додається вапно. Співвідношення цих складових змінюється в досить широкому діапазоні залежно від того, з якою метою використовується розчин. Завдяки істотній різниці оптичних констант ці мінерали досить легко діагностувати мікроскопічними методами.

У будівельних розчинах деяких пам'яток подрібнений природний гіпсовий камінь (алебастр) використовувався як заповнювач, наприклад, гіпсові розчини з подрібненим алебастром у муруванні стін дзвіниці Успенського собору (1157 р.) у с. Кринос Івано-Франківської області.

Розчин має світло-сірий колір, щільний, міцний, неоднорідної макротекстури.

Співвідношення компонентів (гіпс – заповнювач) – 1 : 0,3.

Мікроструктура тонковолокниста в поєднанні з крупноволокнистою.

В'яжуче – гіпсове з невеликою домішкою вапна. На тлі тонковолокнистого гіпсового в'яжучого зустрічаються ділянки крупноволокнистого гіпсу з розміром кристалів до 1,5 мм, які можливо є наслідком «недовару» в'яжучого. Острівці вапняної складової в'яжучого представлені субмікросталічним карбонатом кальцію з яскравим інтерференційним забарвленням і становлять не більше ніж 2–3 % площі шліфа.

Заповнювач – пісок карбонатно-кварцового складу. Пісок є продуктом подрібнення піщаного вапняку (міцної гірської породи), в якому округлі та кутасті зерна кварцу, польового шпату зцементовані кристалічним (іноді мармуризованим) карбонатом кальцію.

Таким чином, заповнювач у шліфі має вигляд більш-менш рівномірно розподілених у полі в'язучого зерен кварцу, польового шпату, кристалів карбонату кальцію розміром від 0,1 мм до 1,00 мм, кількістю до 10–30 % площі шліфа.

Зустрічаються включення деревного вугілля, піщано-карбонатного аргіліту з тонкозернистою структурою та поодинокі уламки алебастру (розміром до 2 см).

4.5.2 Фресковий живопис

Назва «фреска» для цієї живописної техніки з'явилася в Італії в XV ст. й означала живопис по вологому. Однак сама ця техніка виникла багато раніше (точний час виникнення невідомий). Робота фарбами по вологому вапняному тиньку описана у римського автора Вітровія. Він відзначав, що не всі фарби можуть наноситися по вологому вапняному тиньку. Деякі з них вимагають клейового в'язучого. Зразки античних фресок відкриті під час розкопок римських міст Геркуланума, Стабія, Помпеї. Відомі вони й в інших місцях, зокрема на Україні в Криму.

Античні фрески виконувалися переважно на багат шаровому тиньку, у вапно якого додавали як наповнювач найчастіше пісок. Інколи вживали гідравлічні наповнювачі типу тертої кераміки, пемзи чи пуцоланової землі. У верхні шари тиньку могла додаватися мармурова пудра, яка дозволяла полірувати поверхню тиньку й у такий спосіб разом із використанням пігментів імітувати поверхню мармуру.

Від римлян фрескову техніку успадкували візантійці, які застосовували її для розписів церковних інтер'єрів, а подекуди зовнішніх стін. Як і римляни, візантійці писали по вологому вапняному тиньку здебільшого із значною домішкою клейового розчину. Техніку виготовлення тиньку вони значно спростили роблячи переважно двошаровий тиньк. Мінеральні наповнювачі частково замінили соломою. Разом з тим традицію використання гідравлічних мінеральних домішок зберегли.

Після прийняття Київською Руссю християнства в кінці X ст. ця техніка потрапила через грецьких майстрів до Києва. Першим храмом у Києві, розписаним у такий спосіб, про який маємо відомості, була Десятинна церква, освячена у 996 році (відома з розкопок). З Києва ця техніка потрапила в північну Русь (Новгород, Володимир на Клязьмі). Фресковий живопис на значних площах зберігся в Софійському соборі XI ст., Кирилівській церкві XII ст., Михайлівському соборі XI ст., Видубицькому монастирі, пам'ятках XI–XII ст. Чернігова та Галича. Зразки фресок знаходили в розкопах

старокиївських храмів. Із XIV–XV ст. фрески відомі у Лужанах та Лаврові. Тут у тиньку виявлені ще волокна овечої вовни (Лужани) та коноплі (Лаврів). З деякою модифікацією фреска у візантійському варіанті продовжувала використовуватись для розписів храмів і в Московській Русі й Росії до початку XVIII ст. Пізніше її починають витісняти сучасні на той період і розповсюджені в стінному малярстві західної Європи чисто клейова та олійна техніки. В Україні середньовічна фреска, заснована на візантійській традиції, зникає дещо раніше ніж у Росії. Останній, відомий на сьогодні її зразок – це розписи церкви Спаса на Берестові біля Києво-Печерського монастиря, виконані майстрами, запрошеними до Києва у 1644 р. митрополитом П. Могилою з Афону, де візантійська традиція стінних розписів продовжувала існувати ще довгий час після падіння Візантії. У XVIII ст. фреску замінює вапняно-казеїнова техніка настінного малярства.

У західній Європі в середньовічний період у стінописах використовувалась фрескова техніка у візантійському варіанті, але переважно з піщаними наповнювачами. У період проторенесансу та ренесансу починає відроджуватися традиція виготовлення античних багаточарових штукатурок з піщаним наповнювачем.

Таблиця 4.1 – Стародавні будівельні матеріали та технології, що використовувалися при спорудженні та ремонті пам'яток культурної спадщини

Назва	Характеристика
1	2
А. Матеріали	
Плінфа	Плінфа – давньоруська цегла особливої форми та розміру, що більше нагадує керамічну неглазуровану плитку від світло-жовтого до червоно-бурого кольору, випалена при температурі вище 1 000 С. Плінфа – квадратна або прямокутна з розміром сторін від 27 см до 36 см, товщиною – 2,5...5 см
Цем'янка	Цем'янка – активна домішка, яка виготовлялась випаленням лесовидного суглинку, розтиралась і в подрібненому вигляді додавалась до вапна. Пізніше (у XII–XIII ст.) вироблялась подрібненням керамічної маси (уламків плінфи, гончарних виробів тощо). Ця домішка містила активні SiO та AlO, які реагували з Ca(OH), утворюючи силікати й алюмінати кальцію, що обумовлювало гідралічність даних розчинів
Брущата цегла, брущатка	Великорозмірна довговічна цегла, виготовлена з міцних порід каменю, яка використовувалась для мощення доріг і підлог

Продовження таблиці 4.1

1	2
Глиняна цегла (обпалена)	Великорозмірні тесані блоки з каменю-вапняка використовувались для мурування стін, спорудження товстостінних оборонних укріплень, фортець, соборів тощо. Блоки з каменю-вапняка застосовувались як будівельний матеріал у західній і південно-західній областях України. Різновидом цього будівельного матеріалу є блоки з каменю-черепашника, який використовувався у спорудах Кримського півострова. Основний стіновий матеріал південних та центральних районів України в XVII–XVIII ст. Його широко застосували в культовому, цивільному та житловому будівництві
Б. Спеціальні вироби та технології	
Голосники, акустичні резонатори	Керамічні посудини, що вмуровувались у склепіння церков та соборів, виконували роль акустичних резонаторів та полегшували конструкції споруд. Крім того, на внутрішніх стінах голосників конденсувалась волога з повітря в періоди негоди, яка згодом поступово випаровувалась. Цей процес сприятливо впливав на вологісний стан мурування та живопису
Ліпні вироби з глини	Для ліпних робіт використовувались глини, що утворювались в природі з ущільненого мулу, намулу, глею. Вони мали синюватий колір, у них мало піску та інших домішок. Видобута в кар'єрах глина доставлялась до місця призначення у вигляді грудок різної форми та розміру. Після спеціальної обробки й додавання рослинної олії (до 20 % від маси глини) готувалось глиняне тісто, із якого виготовляли ліпні вироби. Для надання виробам зеленуватого кольору в глину добавляли ультрамарин
Черепиця	Покрівельний матеріал у вигляді випалених глиняних жолобчастих пластинок або плиток
Керамічні труби	Керамічні труби в давнину використовувались для водовідведення, водопостачання та їх застосування датується початком нашої ери
Мозаїки	Зображення або візерунок, зроблений із окремих, щільно припасованих один до одного та закріплених на мурувальному розчині або спеціальній мастиці різнокольорових шматочків скла (смальти), кераміки, природного каменю. Здебільшого мозаїкою прикрашали стіни культових споруд, але інколи у такий спосіб улаштовували й підлоги (окремі вставки, візерунки, зображення тварин тощо)
Технологія мурування стін із застосуванням плінфи	Специфікою стародавніх технологій мурування стін були: – змішана техніка мурування («opus mixtum») – чергування рядів плінфи з рядами валунів природного каменю (Софія Київська); – мурування з «утопленим» (захованим) рядом (церква Спаса на Берестові); – порядове мурування з плінфи (Кирилівська церква); – використання цем'янкових розчинів

4.6 Сучасні матеріали, рекомендовані для проведення консерваційних і реставраційних робіт

Одним із головних завдань перед реставраторами є підбір матеріалів для консервації та реставрації пам'яток.

Якщо прийнято рішення, що заміна матеріалу – єдиний вихід під час реставрації пам'ятки, то новий матеріал повинен бути сумісним та відповідати тому, який замінюють за композицією, дизайном, кольором, фактурою та іншими візуальними якостями (характеристиками).

Матеріали для проведення консерваційних та реставраційних робіт можна розподілити за такими напрямками застосування:

- загально-реставраційного призначення;
- для захисту пам'ятки від надмірного зволоження;
- для розчищення поверхні пам'ятки;
- для захисту та укріплення поверхні пам'ятки;
- для пофарбування фасадів та інтер'єрів;
- для штукатурних та ліпних робіт і консервації каменю;
- для консервації деревини;
- для реставрації металу;
- клеї;
- розчинники.

Перелік матеріалів, які пройшли апробацію протягом багатьох років на пам'ятках України та за її межами й можуть бути рекомендовані для застосування під час проведення консерваційних та реставраційних робіт на пам'ятках, наведений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Сучасні матеріали, рекомендовані для проведення консерваційних і реставраційних робіт

№ з/ч	Матеріал (ГОСТ, ДСТУ, ТУ тощо)	Сфера застосування	Головні характеристики та вимоги щодо якості	Примітки
1	2	3	4	5
1 Матеріали загальнореставраційного призначення				
1.1	Вапно (ДСТУ Б В.2.7-90-99)	Реставрація мурування та штукатурки, ліпнини та різного декору, природного каменю	Не нижче 2-го сорту	Бажано застосування вапняного тіста з терміном гашення не менше двох місяців, без незагашених часточок та сторонніх домішок
1.2	Пісок для будівельних робіт (ГОСТ 8735-88)	Реставрація мурування та штукатурки	Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	Зазвичай, для реставраційних робіт пісок просіюють через відповідне сито і промивають
1.3	Гіпс (ДСТУ Б.А.1.1-36-94)	Реставрація ліпних виробів та штукатурки	Марки не нижче Г10	Не допускається присутність грудок і сторонніх домішок
1.4	Білий портландцемент (ГОСТ 965-78)	Реставрація мурування та штукатурки	Марки не нижче М 300	Застосовується обмежено, зазвичай як домішка до вапняного тіста
1.5	Цементи (ДСТУ Б В.2.7-46-96, ГОСТ 25328-82)	На пам'ятках, де він застосований при їх спорудженні (будівлі ХХ ст.)	Марки не нижче М 400	Слід застосовувати дуже обережно й тільки згідно з технологією на реставрації пам'ятки. Міцність розчину не повинна істотно перевищувати міцності основи. Цементні розчини утримують вологу таможуть бути джерелом засолення
1.6	Розчини будівельні (ГОСТ 5802-86)	Для робіт загального призначення	Визначаються технологічним розділом проекту	
1.7	Суміші бетонні (ДСТУ Б В.2.7-96-2000 ГОСТ 7473-94)	На пам'ятках де він застосовувався під час спорудження	Визначаються технологічним розділом проекту	

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
1.8	Вода для бетонів та розчинів (ГОСТ 23732-79)	Для робіт загального призначення	Показники – згідно з ГОСТ	
<i>2 Захист пам'ятки від надмірного зволоження (див. також р. 4 цієї таблиці)</i>				
2.1	Композиції для ін'єкційної (горизонтальної) гідроізоляції (Норми ВТА: 2-2-91)	Нормалізація вологості кладки, захист від капілярного підсмоктування та гідростатичного тиску в товщі мурування	Визначаються технологічним розділом проекту	Під час вибору системи перевагу потрібно віддавати матеріалам, які проникають у кладку самопливом та мають більший коефіцієнт дифузії. Необхідна перевірка в реставраційних технологічних лабораторіях. Мають практику застосування в Україні системи фірм «Кремнійполімер», Remmers, Deiterman
2.2	Композиції для вертикальної (поверхневої) гідроізоляції (Норми ВТА: 2-2-91)	Захист від капілярного підсмоктування та гідростатичного тиску підземних мурувань та конструкцій даху	Визначаються технологічним розділом проекту	Необхідно застосовувати згідно з інструкцією виробника. Необхідна перевірка в реставраційно-технологічних лабораторіях
2.3	Жирні глини	Для засипної гідроізоляції (глиняних замків) - захист підземних мурувань пам'ятки від дії води	Пластичність 12... 30 % Набухання 0,1... 3,5%	Обов'язкове шарове трамбування під час укладання
2.4	Вапняні та цементно-вапняні сануючі штукатурки (Норми ВТА: 2-2-91)	Для пониження вологості та вмісту солей у кладці історичних будівель	Висока пористість ($\geq 40\%$) та паропровідність при низькій капілярній провідності (глибина проникнення води $h \leq 5$ мм). Висока солестійкість	Необхідно застосовувати згідно з інструкцією виробника. Необхідна перевірка в реставраційних технологічних лабораторіях. Мають практику застосування в Україні сануючі системи фірм Bayosan, Tubag

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
2.5	Цементні та вапняно-цементні сануючі штукатурки (Норми WTA: 2-2-91)	Для пониження вологості та вмісту солей у кладці будівель, де застосовувався цемент	Висока пористість ($\geq 40\%$) та паропровідність при низькій капілярній провідності (глибина проникнення води $h \leq 5$ мм). Висока солестійкість	Необхідно застосовувати згідно з інструкціями виробника. Необхідна перевірка в реставраційних технологічних лабораторіях. Мають практику застосування в Україні сануючі системи фірм Remmers, Deiterman
3 Розчищення поверхні пам'ятки				
3.1	Змивка СМВ-1 (ТУ У В.382.13684477.001-96)	Для видалення лакофарбових покриттів (олійних, пентафталевих, гліфталевих, нітроемалей) з поверхні металу, деревини, штукатурок, гіпсу, каменю	Містить органічний розчинник, має тиксотропні властивості, умовна в'язкість 50–70 с, рН = 1,5-2,5	Застосовувати згідно з інструкціями виробника. Використовується для робіт в інтер'єрах та на фасаді
3.2	Змивка ФА	Видалення щільних атмосферних забруднень, кіптяви з поверхні каменю, цегли, кераміки	Прозора рідина з легким запахом аміаку	Не рекомендується для розчищення мармуру та вапняку, оскільки змивка містить компоненти, які недостатньо інертні до цих видів каменю
3.3	Змивки на основі органічних розчинників: ФЛ-(ТУ 6-10-1088-96); СД(СП) - (ТУ 6-10-1088-96); АФТ-1 -(ТУ 6-10-102-86); СП-6; СП-7; СПС-1	Для видалення лакофарбових покриттів олійних, епоксидних, полівінілбутиральних, фенольно-олійних, вінілових	Містить органічні розчинники, має специфічний запах, прозора рідина	Застосовувати згідно з інструкціями виробника. Використовується для робіт в інтер'єрах та на фасаді
3.4	Водні розчини: лимонної кислоти; щавелевої кислоти; сульфамінової кислоти; трилону Б	Іржаві плями на природному камені. Зняття висолів та сольових забруднень.	Прозорі водні розчини Характеристики - згідно з нормативною документацією	Необхідно працювати дуже обережно під час очищення вапняку та мармуру

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
4 Захист та укріплення поверхні пам'ятки				
4.1	Грунтовки на основі акрилових смол (ТУ У 6-00204625.042-98)	Для закріплення сипкої та крейдованої поверхні	Напівпрозора емульсія. Показники – згідно з ТУ	Застосовується перед подальшою обробкою – пофарбуванням, штукатуркою, гідрофобізацією. Грунтовки придатні тільки під вапняні та акрилові фарби
4.2	Пунічний віск на основі бджолиного воску (ГОСТ 25374-82)	Для захисту поверхні мармуру та деревини, для проведення художніх та декоративних робіт	Температура плавлення більше 74 °С. Білого кольору	Спеціально очищений та відбілений натуральний віск. Для захисту поверхні застосовується 3–5 % розчин в пінени, скипидарі, вайт-спіриті
4.3	Воскові мастики	Для натирання з метою захисту природного каменю, дерев'яних та металевих поверхонь від агресивних забруднювачів повітря та біологічних чинників	Емульсія в органічному розчиннику від білого до світло-коричневого кольору	Стійка у вологому середовищі
4.4	Восково-каніфольна мастика	Для захисту деревини (меблі, кесонні стелі тощо) укріплення настінного розпису	Аморфна пластична маса від світло-жовтого до коричневого кольору	
4.5	Гідроізолювальна композиція ГІС (ТУ У 13684477-003-97)	Для надання водовідштовхуючих властивостей поверхням з природного та штучного каменю, деревини, а також поверхням, пофарбованим вапняними фарбами	Розчин без кольору. рН>9. Крайовий кут змочування > 40°	Композиція на водній основі, надає будівельним матеріалам властивості відштовхувати воду з поверхні. Найкраще підходить для пористих поверхонь

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
4.6	Герметики: силіконові, уретанові, тіоколові, акрилові	Для ущільнення швів	Аморфна пластична маса. Характеристики – згідно з нормативною документацією	Композиція одноразового використання
4.7	Кремнійорганічний розчин ЕКО	Для гідрофобізації та часткового (консерваційного) закріплення поверхонь із природного та штучного каменю, деревини, кольорового металу	Однорідний прозорий розчин. Водневий показник водної витяжки 3,5–6,0. Крайовий кут змочування > 90°	При високих концентраціях чіткіше проявляє малюнок каменю. Композиція на органічних розчинниках. За необхідності видаляється органічними розчинниками
	Рідина ГКЖ-11, ГКЖ-94 Рідина гідрофобізуюча 136-41 (ГОСТ 10834-76)	Для гідрофобізації поверхонь	Густина 1,17–1,23. Водовідштовхуюча рідина від світло-жовтого до світло- коричневого кольору	
5 Пофарбування фасадів та інтер'єрів				
5.1	Вапняна фарба для фасадних робіт	Пофарбування історичних фасадів та інтер'єрів	Паропроникна фарба. Тістоподібна маса (вміст води 60...40 %)	На фасадах це пофарбування рекомендується покривати розчином ПС для гідрофобізації та збільшення строку служби. Придатна для слабких основ та нових штукатурок із вологістю ≤ 8 %
5.2	Фарби водно- дисперсні (ГОСТ 28 196-89): акрилові силікатні силіконові	Пофарбування фасадів та інтер'єрів	Коефіцієнт паропроникності $Sd_{но} < 0,1$. Характеристики – згідно з нормативною документацією	Рекомендується застосовувати на тих пам'ятках, де вже були використані синтетичні фарби. Перевагу варто віддавати паропроникним фарбам

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
6 Штукатурні роботи, консервація каменю				
6.1	Формопласт ФР-96 (ТУ У В.2713684477.002-96)	Для копіювання та тиражування окремих елементів та виробів архітектурно-ліпного декору	Пружна пластична маса від молочно-білого до темно-коричневого кольору без сторонніх включень. Температура плавлення 115...130 °С	Синтетичний гумоподібний матеріал багаторазового використання
6.2	Композиції на основі кремнійорганічних сполук (силіконів)	Для копіювання та тиражування окремих елементів та виробів архітектурно-ліпного декору	Визначаються технологічним розділом проекту	Одноразового використання. Знайшли застосування матеріали фірми REMERS
6.3	Емульсія ПВА (ГОСТ 18992-80)	Для пластичності і міцності штукатурних розчинів та формувувальних мас	В'язка рідина білого кольору. Динамічна в'язкість 2,0 – 6,0	Додається як пластифікатор (за необхідності) у кількості до 10-15 % від маси в'язучого
6.4	Мінеральні сухі суміші	Реставрація мурування, штукатурки, природного каменю	Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	Слід застосовувати згідно з інструкціями виробника. Небажано використання цементних сумішей та тих, які мають низький коефіцієнт паропроникності. Необхідна перевірка в реставраційних технологічних лабораторіях
6.5	Пунічний віск і сполуки на його основі (див. також п. 4.2)	Для захисту ліпнини, скульптури, деревини, каменю	Температура плавлення понад 74 °С. Білого кольору	
6.6	Оліфи натуральні (ГОСТ 7931-76)	Штукатурні та ліпні роботи	Прозора в'язка рідина	Захисний шар на поверхні ліпнини, що експлуатується зовні
6.7	Композиції REMERS, KEIM	Реставрація мурування, штукатурки, природного каменю	Характеристики – згідно з нормативною документацією виробника	Використовується згідно з рекомендаціями виробника

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
6.8	Антисептик «Септодор» (ТУУ31305135.01-2001)	Видалення та профілактика біоуражень на штукатурці, кладці та інших матеріалах	Концентрат, рН 7,5, що розводиться до робочих концентрацій. Застосовується при t 20 °С – 45 °С	Використовується згідно з технологічною інструкцією та рекомендаціями виробника
7 Консервація деревини				
7.1	Розчин вогнебіозахисний ББ-11; БС-13 (ГОСТ 28815-96)	Вогнебіозахист деревини	Прозорий водний розчин Р = 1,017–1,076 г/см ³ рН = 8,0-10,0	Залежно від умов використання та призначення просоченої деревини використовують розчини з концентрацією від 5 до 20 мас. %. Забезпечує II групу вогнезахисної ефективності за ГОСТ 16363-98
7.2	Препарати антисептичні («Концепт» серії – Ф)	Для дезінфекції поверхонь (деревини, каменю, штукатурки тощо) та профілактики біопшкоджень	Характеристики згідно з паспортними даними	За необхідності може бути приготовлено водний або водно-спиртовий розчин препарату
7.3	Препарат інсектицидний («Концепт» серії – І)	Для знищення дереворуйнівних комах та з профілактичною метою	Характеристики згідно з паспортними даними	Робочий розчин повинен готуватися із застосуванням розчинника (скипидару, вайт-спіриту, бутилацетату)
7.4	Вогнезахисна фарба «АК-В-501» (ТУ У 24.3-00203645-89-2001)	Призначається для поверхневого захисту деревини	Показники згідно з ТУ	
7.5	Емалі : ОК-125 ОЦМ (ТУ У 6-00204625.048-99) ОК-125 ДЕП	Для захисту металу з оцинковкою та міді	Показники – згідно з ТУ	Надається в комплекті: ґрунтовка ОК-125 ДЕП з фарбою ОК–125ОЦМ

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
7.6	Засіб дезінфікуючий «Гембар» (ТУ У 24.2--21643506-002-2001) Препарат «Акватон-10» (ТУ У25274537.002-98)	Для дезінфекції поверхонь (деревини, каменю, штукатурки тощо) та профілактики біопшкоджень	Показники – згідно з ТУ	Слід застосовувати тільки згідно з технологією на реставрацію. Можуть утворювати плівку на захищеній поверхні
7.7	Поліуретанові смоли (на органічних сполуках)	Просочення зруйнованої деревини, склеювання та приклеювання до будівельних матеріалів	$P = 0,80-0,95$ Характеристики – згідно з нормативною документацією	Якість згідно з ТУ
7.8	Акрилові смоли (на водній основі)	Добавка до шпаклівок при закладанні тріщин	Характеристики – згідно з нормативною документацією	
8 Реставрація металу				
8.1	Емаль ПФ-1246 (ТУ 6-27-13-90)	Для металевих і дерев'яних поверхонь	Показники – згідно з ТУ	Весь спектр кольорів
8.2	Емаль ПФ-1 15 (ГОСТ 6965-75)	Алкідна емаль для внутрішніх і зовнішніх робіт по деревині та металу	Показники – згідно з ГОСТ	Весь спектр кольорів
8.3	Грунт-перетворювач іржі ВА-01 ПСІ (ТУ 81-06-121-71)	Для перетворення іржі в водонерозчинні солі та утворення на поверхні металу захисної плівки	$pH = 5,5...6,0$ Умовна в'язкість – 26 с,	Потребує захисту лакофарбовими покриттями. Двокомпонентна система, в змішаному стані термін зберігання обмежений. Слугує грунтом під лакофарбові матеріали
8.4	Перетворювач іржі (танідний)	Для перетворення іржі та утворення на поверхні металу захисної плівки	Водно-спиртовий розчин темно-коричневого кольору	Поліпшує зчеплення лакофарбових матеріалів з металом
9 Клеї				
9.1	Клей тваринного походження. Риб'ячий клей ГОСТ 2776-67	Для скріплення шарів штукатурки, які відшаровуються	Висока клеюча здатність Показники – згідно з ГОСТ	Може давати тріщини в грунтах. Втрачає свої властивості при $T > 60$ °С. Підвищена вологостійкість

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
9.2	Клей осетровий (карлуг)	Для укріплення фарбових шарів, укріплення левкасу	Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	Має високу клеючу здатність та водостійкість
9.3	Міздряний клей (ГОСТ 3252-80) та його модифікації	Для укріплення фарбових шарів, реставрація деревини, укріплення левкасу	Вміст води в твердих клеях не більше 17 %	Модифіковані сорти є досить еластичними та стійкими до біоуражень. Має високу клеючу здатність
9.4	Клей кістковий (ГОСТ 2067-93)	Реставрація деревини, укріплення ліпнини та штукатурки	Клей холодного твердіння	У процесі експлуатації в умовах підвищеної вологості трохи розчиняється
9.5	Казеїнові клеї	Реставрація деревини, укріплення ліпними та штукатурки	Сірувато-жовтуватий порошок Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	В чистому вигляді не розчиняється ні в холодній, ні в гарячій воді
9.6	Желатин технічний (ГОСТ 4821-77)	Укріплення левкасу, реставрація деревини, укріплення ліпнини та штукатурки	Показники – згідно з ГОСТ	У сухому вигляді легко може бути подрібнений у порошок, у вологому – в'язкий і еластичний.
9.7	Рослинні клеї	Широкий спектр реставраційних робіт	Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	
9.8	Синтетичні клеї	Широкий спектр реставраційних робіт	Необхідні характеристики визначаються технологічним розділом проекту	
9.9	Ціанакрилатні (ціакрини) Клеї (марки ТК,КМ,БК)	Для укріплення порохуватих поверхонь і руйнованих будівельних матеріалів (цегла, розчин)	Безбарвна рідина, допускається жовтуватий відтінок, МПА не менше 90 кг/см ²	Непридатний для вологого матеріалу

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5
10 Розчинники				
10.1	Розчинник 646 (ГОСТ 18188-72)	Розчинник для лакофарбових матеріалів	Безбарвна або злегка жовтувата рідина	
10.2	Ефіри	Розчинники широкого спектру застосування	Необхідні характеристики визначаються за технологічним розділом проекту	
10.3	Скипидар живичний (ГОСТ 1571-82)	Основа мастик Розчинник для олійних фарб	Густина при 20 °С 0,855-0,861	
10.4	Толуол (ГОСТ 14710-78)	Розчинник для лакофарбових покриттів, полімерів	Густина 0,867, температура кипіння 110,6 °С	
10.5	Ксилол (ГОСТ 9949-76)	Розчинник лаків, фарб, мастик	Густина при 20 °С 0,864 – 0,880. Температура кипіння 138. ..144 °С	
10.6	Нафтові розчинники (бензин, вайт-спірит)	Розчинники для знежирення з низькою розчинною здатністю	Необхідні характеристики визначаються за технологічним розділом проекту	
10.7	Ароматичні вуглеводні, спирти, складні ефіри	Розчинники зі середньою розчинною здатністю	Необхідні характеристики визначаються за технологічним розділом проекту	
10.8	Ацетон технічний ГОСТ 2768-84)	Розчинники широкого спектру застосування	Показники – згідно з ГОСТ	
10.9	Хлоровані вуглеводні	Розчинники з високою розчинною здатністю	Необхідні характеристики визначаються за технологічним розділом проекту	

4.6.1 Гідроізоляція стін

Першочерговими роботами під час реставрації пам'яток архітектури є роботи з гідроізоляції стін. Одним із методів є горизонтальна гідроізоляція в основі мурування стін методом електроін'єктування. Сутність методу полягає в просочуванні горизонтального шару кладки через просвердлені отвори спеціальним гідрофобним розчином під одночасною дією постійного електричного струму (рис. 4.39 – 4.42).

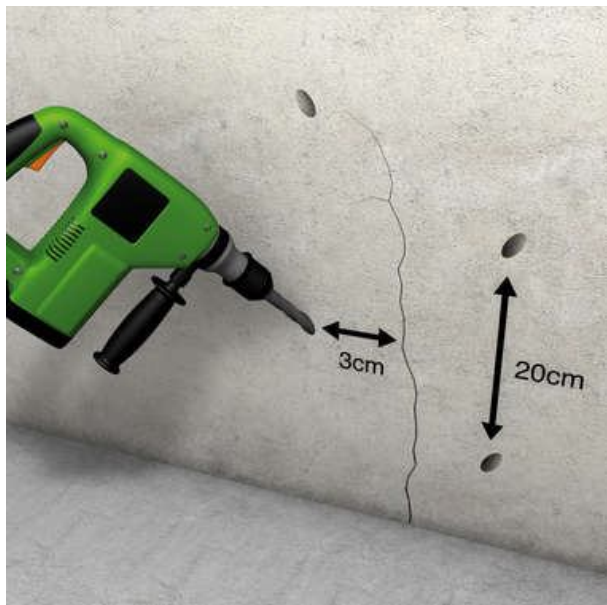


Рисунок 4.39 – Висвердлювання отворів для ін'єкторів



Рисунок 4.40 – Ін'єктування стін



Рисунок 4.41 – Замазування тріщин



Рисунок 4.42 – Обробка поверхні цегляної кладки спеціальними гідрофобними матеріалами

Для виготовлення гідрофобних розчинів використовуються кремнійорганічні речовини (метил- й етилсілоксани) і органічні розчинники

(гас, уайт-спірит). При цьому спочатку віддаляється штукатурний шар у місцях свердлення отворів, після розмітки свердляться отвори, очищаються та в них встановлюються ін'єктори-електроди. Збирається електрична схема, підсушується кладка в зоні просочення, а до ін'єкторів під'єднується система подачі ін'єкційного розчину. Після завершення електроін'єктування електрична схема та система подачі розчину відключається, а ін'єктори-аноди переставляються в нижній ряд отворів, до них під'єднується система подачі ін'єкційного розчину й ін'єктування проводиться без електричного струму. Після цього система демонтується, а ін'єкційні отвори закриваються. Через 7–10 днів після завершення просочення отвору закриваються вапняним розчином з додаванням цементу на глибину 100–200 мм.

Ін'єктувати можна і тріщини в кладці пам'ятників архітектури. Для цього в тріщини через ін'єкційні трубки, залатані з лицьової поверхні кладки, нагнітається будівельний розчин під тиском. Метод ін'єкції тріщин може застосовуватися для кладки з цегли, плінфи, туфу, вапняку, черепашника, пісковика, а для кладок з особливо твердих порід (граніт, базальт) він застосовується обмежено, за винятком бутових кладок стін і фундаментів. Доцільність використання методу ін'єктування визначається після детального вивчення стану кладки і визначення причин виникнення тріщин, оскільки тріщини можуть виникати через деформації ґрунту, перенавантаження і дефекти конструкцій будівлі, порушення температурно-вологісного режиму, а також унаслідок шкідливої дії атмосферних чинників. До вживаних ін'єкційних розчинів висувається низка спеціальних вимог. Так, вони повинні проникати в тріщини в товщині кладки на будь-яку глибину, не розшаровуватися в широких тріщинах, давати достатнє зчеплення з матеріалом кладки при мінімальній усадці (після затвердіння), відповідати основному масиву укріплюваної кладки за фізико-механічними характеристиками. Крім того, ін'єкційні розчини повинні мати оптимальну водовіддачу та водоутримування, що необхідне для утворення та нормального «дозрівання» структури розчину. З метою підвищення в'язкості й водоутримувальних властивостей в ін'єкційний розчин додають мелений пісок, а щоб збільшити ступінь рухливості розчину використовують милонафт, сульфатно-спиртну барду або полівінілацетатну дисперсію. Для виготовлення ін'єкційних розчинів використовують магнезійне, без домішок, вапняне тісто 1–2-го сорту, сірий або білий портландцемент марок 300–500, вапняну муку з тонкістю помелу менше 0,14 мм, а також цегляну, кварцеву та мармурову муку. Під час ін'єктування тріщин із шириною розкриття до 1 мм допускається збільшення вмісту води у складі розчину в 2–2,5 рази.

4.6.2 Реставрація цегляного мурування

Конструкції пам'яток історії та архітектури із цегляного мурування з часом руйнуються внаслідок впливу на них агресивних атмосферних чинників: замерзання, зволоження, абразивне вітряне навантаження. Відновлення первісного вигляду цегляних мурувань досягається шляхом реставрації та консервації. Технологія виконання цих робіт передбачає:

- заміну деструктивної та значно засоленої цегли;
- ін'єктування тріщин і пустот у зовнішньому муруванні;
- розчищення зовнішньої поверхні цегли від забруднення;
- шпаклювання каверн і заповнення швів мурування;
- тонування вставленої цегли;
- укріплення крихкої цегли;
- гідрофобізація поверхні мурування.

Доповнення в муруванні рекомендується виконувати за допомогою цегли, яка за своїми властивостями близька до реставрованої. Мурувальний розчин за складом має максимально наближатися до первісного.

Для очищення поверхні цегляного мурування застосовують як механічний, так і хімічний методи. Вибір методу залежить від ступеня збереженості цегли, наявності пофарбувань, виду забруднень. Очищення поверхні передбачає піскоструминне, пароводяне та хімічне очищення.

Піскоструминне очищення цегляних поверхонь можна застосовувати тільки у тому разі, коли поверхня цегли і мурувальні шви не вивітрені, цегла і матеріал у швах міцні та щільні. Силу струменя піску визначають дослідним методом. Після піскоструминного очищення потрібно захистити мурування від руйнувань скріплювальними та водовідштовхувальними розчинами.

Пароводяне очищення поверхні слід виконувати у два етапи: перший – очищення парою, другий – змивання забруднень гарячою водою. У разі сильного забруднення пароводяне оброблення потрібно поєднувати із механічним очищенням жорсткими щетинними щітками з коротким ворсом.

У разі появи на очищеній поверхні висолів перед промиванням їх потрібно зчистити щетинними щітками, потім промити водою з висушуванням після кожного промивання до повного видалення солей.

Якщо висоли все-таки залишаються на поверхні, то необхідно змивати солі слабким одновідсотковим розчином соляної кислоти, потім промити холодною водою з додаванням двовідсоткового розчину соди для створення нейтрального середовища на оброблюваній поверхні.

У разі загального забруднення поверхні рекомендується очищення парою за температури $+100\text{ }^{\circ}\text{C}$ із подальшим промиванням гарячою ($60\text{--}70$) $^{\circ}\text{C}$ і холодною водою до чистої поверхні.

Останнім часом для боротьби з висолами використовують вакуум-секції.

За хімічних методів очищення для надто забруднених ділянок цегли рекомендується застосовувати змивку ФА (водний розчин фториду амонію) з додаванням синтетичних мийних засобів (СМЗ).

Змивку готують так: $150\text{--}200$ г фториду амонію кислого засипають у пластикову посудину, розчиняють у 1 л води ($+35 \pm 5$) $^{\circ}\text{C}$, фільтрують крізь два шари марлі. Перед застосуванням додають $5\text{--}10$ г СМЗ. Готовий розчин зберігають не більше доби.

Поверхню, яку очищують, попередньо змочують водою для зменшення всмоктування змивки у поверхню. Наносять змивку вологою щіткою. Через $5\text{--}10$ хв. поверхню зачищають жорсткою капроною щіткою, змочуючи водою. Залишки змивають великою кількістю води. Процес очищення прискорюють, застосовуючи механічні щітки, які обертаються. Для запобігання корозії металу не рекомендується застосовувати щітки з чорного металу. У разі недостатнього очищення операцію повторюють. Витрати змивки становлять 500 г/м^2 .

Задовільних результатів з очищення поверхні від кіптяви та інших забруднень досягають шляхом застосування $5\text{--}10\%$ -го розчину соляної кислоти з подальшим промиванням водою.

Виведення старих лакофарбових покриттів на поверхні здійснюють змивками, приготовленими на основі кислот, солей, лугів, органічних розчинників. Для видалення фарби ПХВ, ХВ, олійної, нітроемалей, ґрунтовок, шпаклівок тощо використовують змивку СМВ-1. Очищують вертикальні та горизонтальні поверхні згори вниз. Змивку рівномірно наносять валиком, щіткою або флейцом на поверхню, яку очищують. Через $10\text{--}20$ хв за температури повітря $+10\text{--}20$ $^{\circ}\text{C}$ шар фарби розм'якшується та набухає. Він легко видаляється шпателем або ганчіркою. Витрати змивки СМВ-1-300 становлять 500 г/м^2 . Якщо поверхня недостатньо очищена, операцію повторюють. У разі потреби роблять компрес із ганчірки, змоченої у змивці, яку накривають поліетиленовою плівкою для запобігання висиханню. Залишки змивки видаляють ганчіркою, змоченою вайт-спіритом або іншими органічними розчинниками. Витрати розчинника становлять $0,2\text{ кг/м}^2$. Нині для зняття старих лакофарбових покриттів усе частіше використовують спеціальні електронагрівні пристрої.

Шпаклюванню підлягає цегла, яка має тріщини завглибшки не більш як $2\text{--}3$ см. За глибших тріщин цегла підлягає повній або частковій заміні.

Для шпаклювання каверн і вибоїв на цеглі рекомендується такий розчин (в об'ємних частинах): вапно-тісто – 1, цемент – 0,5, цементівка – 3, пігмент (залізний сурик, червоний) – до потрібного кольору.

Розчин розбавляють водою з додаванням полівінілацетатної емульсії у співвідношенні 1 : 4 за об'ємом.

Перед шпаклюванням цеглу ретельно очищують від продуктів руйнування, цегляного дрібняка та порошу до «здорової» поверхні. Перед початком робіт цеглу змочують водою. Шпаклювання виконують пошарово, кожний шар завтовшки не більше ніж 0,5 см. Наступний шар накладають після тужавіння попереднього. У процесі робіт і після закінчення (упродовж двох діб) потрібно забезпечити періодичне змочування шпаклювального шару для кращого тужавіння та запобігання усадці розчину.

Для заповнення швів потрібно вибирати розчини, які за складом близькі до первісних. Розчини можуть мати домішки цементівки, кам'яного дрібняка, цементу. Склад розчинів для заповнення швів (у об'ємних частинах): вапно-тісто – 1, портландцемент – 1, пісок – 0,3, цементівка – 3. У разі потреби у розчини додають лугостійкі пігменти. Для кращого зчеплення розчину з основою слід додавати до нього полівінілацетатну емульсію (5 % об'єму розчину).

Тонування окремої цегли, яка відрізняється від загального тону стіни, слід виконувати розчинами, в'язучими, у яких є клеї, рідке калієве скло; наповнювачами – крейда, спеціальні цементи (глиноземистий, білий) і атмосферо- та лугостійкі пігменти. Тонування містить такі операції: видалення пилу; ґрунтування розрідженим фарбувальним розчином; фарбування (тонування). Головною вимогою під час фарбування є отримання тонкого і, за можливості, рівномірного шару без напливів і затікань. Нанесений шар не повинен розпорошуватися та блищати. Для закріплення шару фарби на поверхні потрібно просочувати затоновані ділянки розчинами на основі силіційорганічних сполук.

Для укріплення поверхні цегли рекомендується застосовувати розчини на основі полімерних матеріалів, які мають відповідати таким вимогам: поліпшувати фізико-механічні властивості матеріалу; глибоко проникати в матеріал; не змінювати колір і фактуру поверхні, яка укріплюється; полімеризуватися на повітрі. Цим вимогам відповідають силіційорганічні розчини на основі етилсилікатів і поліметилсилокеанів.

4.6.3 Ремонт і реконструкція підлог

Підлоги повинні відповідати таким вимогам: мати високу механічну міцність, рівну та гладку поверхню, не ковзати, мало стиратися та не пилити, бути безшумними, мати високу хімічну стійкість і стійкість проти загоряння, бути водонепроникними, не проводити електрострум, легко ремонтуватися та бути індустриальними. Ремонт цементних, бетонних і мозаїчних підлог полягає в частковому або повному змінюванні покриття.

Тип покриття підлоги потрібно приймати залежно від функціонального призначення приміщення з урахуванням виду та інтенсивності механічних і теплових впливів під час її експлуатації, а також спеціальних вимог до покриття (екологічної безпеки, стирання, пожежної безпеки). Під час термомодернізації улаштовують покриття:

- у житлових приміщеннях – із паркетних дощок, паркетних щитів, паркетних планок, лінолеуму, ламінату або дерев'яних дощок;
- у підсобних приміщеннях квартири – із лінолеуму (окрім ванної душової та вбиральні) або керамічної плитки;
- у підсобних приміщеннях будинку – із лінолеуму;
- у підсобних приміщеннях будинку, розташованих нижче рівня підлоги першого поверху, – мозаїчні покриття;
- приміщеннях для спортивних занять – дерев'яні покриття;
- у коридорах, вестибюлях та фойє – мозаїчні покриття, покриття з лінолеуму або керамічної плитки.

За зовнішнім виглядом покриття повинно відповідати вимогам ДСТУ-Н Б А.3.1-23 та еталону, затвердженому у встановленому порядку. Теплозасвоєння покриття підлоги не повинно перевищувати $12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. В останні роки розроблена технологія влаштування високоміцних, не утворюючих пилу підлог, які можна застосовуватися під час ремонту звичайних цементних і бетонних підлог. Особливістю їх влаштування полягає в нанесенні на свіжоукладений поверхневий шар цементного розчину або бетонної суміші спеціального ущільнювача у вигляді порошку та вшліфовування його в період схоплювання розчину або бетону. Унаслідок цього створюється підлога, міцність поверхневого шару якої зростає в два та більше разів.

У наш час знаходять застосування, які не потребують спеціального догляду, підлоги на основі полімерних або цементно-полімерних композицій.

Полімерні та пластобетонні підлоги наносять на бетонні або залізобетонні основи, попередньо очищені, знепилені й погрунтовані розчином полівінілацетатної дисперсії.

Полімербетонну суміш готують із портландцементу, пластифікованої полівінілацетатної дисперсії, піску, щебеню, пігменту та води. Після укладання полімербетонне покриття через 3 години закривають мішковиною або рулонним матеріалом і зволожують протягом 3 діб.

Для виготовлення цементно-полімерної підлоги застосовують сухі цементно-полімерні композиції, які створюють у заводських умовах і поставляють замовникам у мішках. Підготовка до нанесення цементно-полімерних складів полягає в очищенні поверхні основи, знепилювання його та ґрунтування водним розчином латексних або полівінілацетатних емульсій. На свіжу ґрунтовку цементно-полімерний склад наносять товщиною шару 4–10 мм. Під час влаштування підлог полімерний склад укладають по маяках. Товщина шару, що укладається 6–10 мм. Поверхню підлоги під час укладання розгладжують до отримання рівної однорідної поверхні. Для отримання нековзної поверхні свіжопокладене покриття прокочують валиком і посипають сухим кварцовим піском. Повна полімеризація покриття відбувається через 24–48 годин, після чого його можна експлуатувати. При правильній експлуатації полімерні підлоги можуть експлуатуватися 15 і більше років.

У місцях великого скупчення людей, а також попадання на них хімічних реагентів або механічного впливу найкраще використовувати епоксидні (пластобетонні) підлоги.

Пластобетонні підлоги містять епоксидну смолу, заповнювач (пісок, маршалит або кам'яну крихту), пластифікатор (дибутилфталат), розчинник (ацетон) і затверджувач (поліетиленполіамін). Добре висушений пісок і епоксидну смолу з пластифікатором підігрівають до 60 °С, ретельно перемішують і охолоджують до 20–30 °С.

Потім в отриману суміш при постійному перемішуванні вводять затверджувач. Приготовану суміш наносять шаром 2–15 мм на поверхню основи, поґрунтовану епоксидною смолою, сильно розведену ацетоном.

Наливні підлоги – це універсальні самовирівнюючі системи з різною колірною гамою з покриттям завтовшки 0,5–1 мм або 1,5–3 мм. Для їх виготовлення застосовують композиційні склади, які складаються з двох компонентів – основного та тверднучого. Головний компонент становить в'язкожидку масу заданого кольору, яку отримують введенням у полімерний склад нітросемалей або тонкомолотих пігментів. Наливні підлоги наносять на підготовлену бетонну поверхню, яку промащують спеціальною ґрунтовкою – праймером. Потім наносять перший шар полімерного складу, що становить двокомпонентний склад, змішаний у визначеній пропорції з кварцовим піском. Через 12 годин наносять ще один шар, що самовирівнюється, наливної підлоги, який приховує шорсткості першого шару та є своєрідним закріплювачем. Далі

наноситься фінішний шар наливної підлоги. Під час виготовлення полімерної підлоги не залишається стиків і швів, що важливо для підтримки чистоти в приміщенні (рис. 4.43).



Рисунок 4.43 – Улаштування наливної підлоги

У разі необхідності для отримання еластичної поверхні підлоги краще використовувати поліуретанове покриття, а під час влаштування зносостійких і високоміцних поверхонь – епоксидні сполуки. Дуже важлива особливість наливних підлог – відсутність іскор від удару по них металевих предметів, тому вони застосовуються на вибухонебезпечних виробництвах.

У наш час для ремонту підлог застосовують полімерні покриття: водно-дисперсні на основі епоксидних смол; на основі поліуретанових смол.

Полімерні покриття підлог мають високу хімічну стійкість, гігієнічність, естетичні якості та простоту нанесення й низьку вартість експлуатації. Полімерні підлоги високо еластичні. Вони витримують сильні термічні навантаження, пов'язані з протокою окропу.

Підлоги на основі епоксидних смол улаштовують на очищену поверхню існуючого цементної або бетонної підлоги, на яку методом «забарвлення» із застосуванням велюрового або поліамідного валика нанесена епоксидна ґрунтовка. Можуть наноситься на свіжоукладений бетон. Вони мають товщину 1,5–2,0 мм і мають високу механічну міцність і хімічну стійкість. Є самонівелюючими поверхнями, забезпечують вирівнювання мікрорельєфу поверхні й захист основи від зносу. Самонівелююче епоксидне покриття наноситься вручну з розподілом шпателем і з подальшим плющенням голчастим валиком (рис. 4.44).



Рисунок 4.44 – Улаштування підлоги на основі епоксидних смол

Покриття на основі поліуретанових смол володіють ефективним опором абразивному зносу, високим опором динамічним і вібраційним навантаженням, здатністю до перекриття тріщин у бетонній основі до 0,7 мм.

Високоміцні полімерні покриття, армовані кварцовим піском завтовшки 2–3,5 мм, стійкі до жорстких умов експлуатації (волочіння по поверхні різних предметів тощо). Довговічність покриття становить 12–15 років. Підлоги мають максимальну стійкість до всього спектру руйнівних впливів на підлогу.

Термін служби полімерних підлог під час інтенсивної експлуатації становить до 30 років. Під час використання кольорового кварцового піску мають декоративну поверхню.

Головні операції з нанесення полімерних покриттів: ґрунтування з поліуретанової ґрунтовки; присипання з піску фракції 0,1–0,3 мм; нанесення основного шару з суміші сполучного та кварцового піску фракції 0,3–0,9 мм; фінішний шар з полімерного сполучного. Перед нанесенням полімерного покриття необхідно провести оброблення поверхні бетонної основи (фрезерувальну або шліфувальну) і ретельно пропилососити.

Під час реконструкції підлог застосовують модульні покриття для підлоги ПВХ «Уніпол» у вигляді плиток завтовшки 7 мм із малюнками: (рис. 4.45).

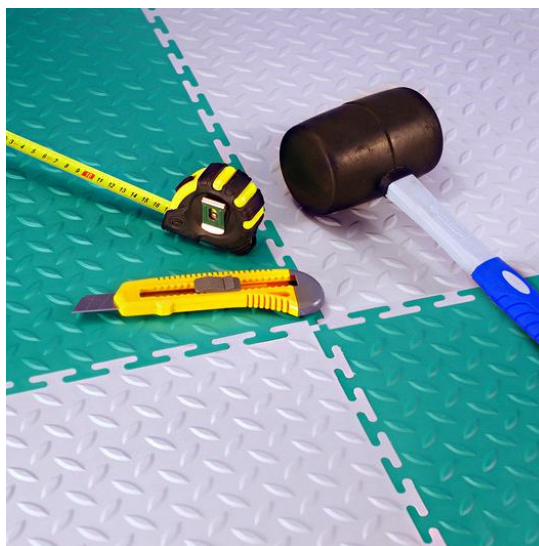


Рисунок 4.45 – Напольне покриття «Уніпол»

Вінілові плитки виготовляють із міцного, хімічно стійкого до бензину та мастил негорючого ПВХ. Підлоги мають високу надійність і зносостійкість. Витримують статичне навантаження до 30 т/м^2 . Між собою плитки кріпляться замком по типу «пазл», що дозволяє під час ремонту замінювати пошкоджені плитки без зміщення та видалення сусідніх. Простота монтажу й демонтажу дозволяють плиткове покриття переносити з одного приміщення в інше.

5 ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИБОРУ МАТЕРІАЛІВ У ПРОЦЕСІ ЗВЕДЕННЯ ТА РЕКОНСТРУКЦІЇ

5.1 Порівняльний аналіз вибору матеріалів при проведенні будівельних робіт з урахуванням економічних показників

Провідна роль у прискоренні науково-технічного прогресу в народному господарстві належить капітальному будівництву. Реалізація проектів на будівництво нових і реконструкцію діючих підприємств забезпечує впровадження в промисловість досягнень науки та техніки, створення нових засобів виробництва, досконалої технології. У вирішенні цих завдань найважливіша роль відводиться проектним організаціям, бо на стадії проектування визначається доля майбутнього виробництва, будівлі, споруди та перебіг їх будівництва, розміщення майбутнього об'єкта будівництва, його технологічні, конструктивні та об'ємно-планувальні рішення і, в кінцевому підсумку, ефективність капітальних вкладень.

Однією з найголовніших завдань подальшого вдосконалення проектною справою є впровадження чіткої системи техніко-економічного обґрунтування вибору оптимальних проектних рішень.

Під техніко-економічною оцінкою розуміється виконання розрахунків, що характеризують варіанти проектних рішень, і виявлення їхньої економічної ефективності з метою вибору найкращого варіанта. У результаті оцінки повинно бути відображено вплив функціональних, технічних, технологічних і організаційних факторів проекту на економічні результати.

Характерними особливостями методу оцінки проектних рішень є використання системи техніко-економічних показників.

Економічність проекту – це якісна категорія, яка відображає ідею економії за всіма видами ресурсів, обумовлених зі створенням та експлуатацією об'єкта, зокрема оцінку ефекту від скорочення термінів будівництва, економічну оцінку земельної ділянки та ін.

Розрізняють ефект економічний як сукупність результатів, що виявляються у вигляді зниження витрат живої та матеріалізованої праці, і ефект соціальний як сукупність результатів, що безпосередньо впливають на людину в сферах праці, побуту та відпочинку. Специфіка змісту різноманітних проектних рішень визначає істотні відмінності в методичних підходах до оцінки і вибору кращих рішень. Різноманітні за призначенням проекти по виду переважаючого цільового змісту можуть бути віднесені до таких груп: із переважанням соціальних цілей (містобудівні, житлового та інших видів невиробничого будівництва); із переважанням виробничо-економічних цілей

(об'єкти виробничого призначення); із переважанням екологічних цілей – об'єкти, що забезпечують чистоту повітряного та водного басейнів, ґрунтів, збереження природних ландшафтів тощо.

Схеми та проекти районного планування будуються на основі ретельного вивчення й оцінки географічних, економічних, архітектурно-планувальних, інженерно-технічних і екологічних умов регіону. На цій стадії визначаються і орієнтовні розміри капітальних вкладень у промислове, сільськогосподарське, міське будівництво, розвиток транспорту, інженерне обладнання території, природоохоронні заходи.

Особливе значення в підвищенні ефективності проектної діяльності відводиться *завданням на проектування*. У цьому проектному документі, який складається спільно з проектною організацією, повинні бути чітко відображені вимоги реалізації досягнень науки, техніки та передового досвіду, забезпечення прогресивних показників ефективності капітальних вкладень, зниження матеріаломісткості та трудомісткості будівництва, зростання продуктивності праці.

Умовою вибору найефективніших варіантів проектних рішень є достатня широта розглянутих альтернатив. Чим більше розроблено варіантів проектних рішень, тим вище ефект від вибору найбільш оптимального з них.

Упровадження в практику різноманітного проектування, що передбачає порівняння рівноцінних із технічного та економічного рівня рішень, а також їх зіставлення зі світовим рівнем розвитку техніки й економіки може забезпечити розробку проектів, що відповідають вимозі підвищення ефективності капітальних вкладень.

5.2 Система техніко-економічних показників оцінки проектів.

Методи розрахунку. Критерії оцінки

Для оцінки проектних рішень застосовується система техніко-економічних показників, оскільки якимось одним показником неможливо виразити економічну ефективність проектного рішення.

За методом вираження показники можуть поділятися на вартісні, натуральні й відносні. *Натуральні* показники (витрата матеріалів, трудомісткість, енергоємність, тривалість будівництва тощо) зазвичай свідчать про структуру витрат або про умови, які зумовлюють ці витрати. Нерідко за різними варіантами проектних рішень ці показники не можуть бути порівняні один з одним через якісні відмінності.

Наприклад, при рівній трудомісткості зведення двох будинків, особливості конструктивного рішення одного з них можуть вимагати праці

вищої кваліфікації. Також непорівнянні за якісним складом можуть бути витрати сталі, утеплювача тощо.

Узагальнювальними показниками кількісного та якісного витрати натуральних ресурсів є *вартісні* показники. Тому зазвичай у практиці техніко-економічної оцінки натуральні показники, крім показника тривалості будівництва (зважаючи на особливу важливість фактору часу), належать до категорії додаткових показників, а вартісні – до основних.

Відносні показники (об'ємно-планувальні коефіцієнти, коефіцієнт приведення різночасових витрат тощо) зазвичай не свідчать про величину витрат, а характеризують економічність проекту непрямым шляхом. Застосовуються вони або як нормативи, або як засоби додаткового аналізу.

За техніко-економічною оцінкою показники діляться на основні та додаткові.

Основні показники, насамперед вартісні, є зазвичай критеріями у виборі варіантів (кошторисна вартість будівництва, експлуатаційні витрати, собівартість випуску продукції, капітальні вкладення в матеріально-технічну базу). Такому важливому натуральному показнику, як тривалість будівництва, теж дається вартісне вираження, і він враховується під час оцінки варіантів у складі наведених витрат.

Решта натуральних і відносних показників зазвичай є тільки в особливих випадках (у разі нестачі тих чи інших матеріальних, енергетичних, трудових ресурсів) можуть відігравати вирішальну роль в оцінці проектних рішень.

І нарешті, показники діляться на загальні та приватні. Перші характеризують економічність проекту загалом, а другі – економічність окремих приватних завдань, що вирішуються в проекті (об'ємно-планувальних, технологічних, генерального плану, конструктивних рішень тощо).

К *загальним* показникам відносяться наступні: капітальні вкладення на будівництво будівлі або споруди; капітальні вкладення в матеріально-технічну базу будівництва та пов'язані галузі; річні витрати по експлуатації об'єкта або собівартості річного випуску продукції; тривалість будівництва, що визначається проектним рішенням; витрати живої праці на зведення будівель і на виготовлення комплектів збірних елементів для них; витрата найважливіших будівельних матеріалів (для несучих і огорожувальних конструкцій); будівельний об'єм будівлі, віднесений до одиниці виміру (на 1 м² загальної площі, на одного учня, на одного глядача, на одиницю продукції тощо).

До *приватних* показників належать показники, що характеризують власне будівельну частину проекту будівель або споруд, генеральний план забудови або вибір будівельного майданчика.

Показники об'ємно-планувальних рішень характеризують: співвідношення робочої, допоміжної та обслуговуючої площ у громадських будівлях, відповідно житлової та допоміжної площ у житлових будинках, виробничої та підсобної у промислових будівлях; співвідношення конструктивної площі, площі сходових кліток, позаквартирних і літніх приміщень в складі площі забудови; співвідношення площі огорожувальних конструкцій і загальної площі; кількість квартир і загальної площі, яка обслуговується одним ліфтом.

За допомогою *показників економічності конструктивних рішень* оцінюють конструктивну схему будівлі або споруди й вибір матеріалів і конструкцій для їхніх окремих частин: фундаментів, стін, покрівлі, перегородок, підлог, столярних виробів, обробки. До таких показників належать: трудомісткість, витрату основних матеріалів, енергоємність, ступінь сборності, уніфікацію збірних елементів.

Як *показники економічності генерального плану* застосовують: коефіцієнт використання території – відношення площі, займаної будівлями та спорудами, дорогами, відкритими складами, до всієї території ділянки; коефіцієнт забудови – відношення площі забудови критих споруд до території ділянки; обсяг земляних робіт із вертикального планування та їхня вартість; протяжність комунікацій всіх видів на оцінюваній території та їхня вартість; коефіцієнт компактності – відношення периметра ділянки до його площі; витрати на освоєння території на водозниження, знесення будівель, компенсацію власникам за вилучення земель, рубку лісу та корчування пнів, плата за вилучення земель тощо).

Для характеристики окремих приватних рішень проекту (інженерного обладнання, містобудівних рішень тощо). Застосовується своя система показників, яка відображає ефективність того чи іншого рішення.

Умови порівнянності. Проекти, які піддаються порівнянню, необхідно порівняти не тільки за функціональним призначенням, соціальних факторів виробництва, впливу на навколишнє середовище. Вони повинні бути порівнянні за ступенем детальності проектних проробок, розрахунковим корисним, вітровим, сніговим навантаженням; запроектовані для тих самих кліматичних, сейсмічних, інженерно-геологічних умов і умов експлуатації; можна порівняти за рівнем цін і кошторисно-нормативної бази для визначення кошторисної вартості будівництва; повинні застосовуватися ті самі методи обчислення техніко-економічних показників.

Урахування вимог про однакове функціональне призначення на практиці зустрічає труднощі через те, що цілі проектів у багатьох випадках фіксуються не строго, а норми проектування не завжди однозначно встановлюють вимоги. У цьому разі умову порівнянності необхідно забезпечувати системою якісних

та кількісних показників, що характеризують відповідність розглянутих варіантів один одному. Найбільш загальним правилом порівняльності проектів є їх взаємозамінність. Порівняння варіантів проектних рішень слід проводити тільки на яку відрізняються ознаками. Однакові для варіантів елементи із розгляду виключаються, що значно полегшує оцінку.

Найпоширенішим методом вибору варіантів проектів у практиці проектування є метод порівняльної економічної ефективності, коли зіставляються показники витрат і результатів за варіантами й визначаються, наскільки один варіант ефективніше іншого. Найбільш вигідне рішення може визначатися або найбільшим ступенем досягнення мети (соціальної, виробничої, екологічної) при заданих витратах (*цільова ефективність*), або ж мінімізацією витрат та певний ступінь досягнення цілей (*ресурсна ефективність*). В останньому випадку аналізу підлягають ресурси, необхідні для досягнення поставленої мети.

Для проектної практики поширенішим є використання наведених витрат не в річній розмірності, а в розмірності кошторисної вартості

$$P = K + T_n C,$$

де P – приведені витрати; K – кошторисна вартість об'єкта; C – річні витрати по експлуатації об'єкта; T_n – нормативний термін окупності капітальних вкладень.

Для обґрунтування напрямів технічної політики у будівельних конструктивних рішеннях, а також при виборі конструктивних варіантів рішень великих об'єктів, якщо одночасно вирішуються питання створення місцевої бази з виробництва конструкцій і матеріалів та фондоозброєності будівельно-монтажних організацій, замість кошторисної вартості застосовують показник кошторисно-розрахункової собівартості. Під кошторисно-розрахункової собівартістю розуміється вартість, визначена з використанням даних про собівартість виробництва будівельних конструкцій і матеріалів, і собівартості будівельно-монтажних робіт.

Облік різночасових витрат і ефектів, що здійснюються в різні періоди часу, а також облік розриву в часі для забезпечення порівняльності вартісних показників варіантів, розроблених у різний час, здійснюється шляхом множення витрат і результатів на коефіцієнт приведення.

5.3 Визначення експлуатаційних витрат під час оцінки проектних рішень

Витрати, обумовлені експлуатацією об'єктів, потрібно розрізняти за напрямками: на утримання будівельних конструкцій будівель і споруд в технічно справному стані; на підтримку нормальних санітарно-гігієнічних умов

і забезпечення функціонування різних видів інженерного обладнання будівель і споруд; на проведення технологічних процесів,

Склад експлуатаційних витрат і методики визначення їхніх розмірів відображають специфіку функціонального призначення будівель і споруд.

До складу *витрат по експлуатації житлових будинків і громадських будівель* належать такі витрати:

1) на відновлення та ремонт будівель; відрахування на відновлення (реновацію); відрахування на капітальний ремонт; витрати на поточний ремонт;

2) на експлуатацію систем інженерного обладнання будівлі (опалення; водопостачання; ліфти; сміттєпроводи);

3) на утримання будинків і територій: місць загального користування у будинку; прибудинкових територій; зовнішніх інженерних мереж;

4) адміністративно-управлінські витрати житлово-експлуатаційних організацій (для житлових будинків).

Варто звернути увагу на те, що в громадських будівлях понад 85 % експлуатаційних витрат що безпосередньо не залежать від об'ємно-планувального та конструктивного рішень будівлі. Вони змінюються залежно від виробничої діяльності, що проходить у громадському будинку, і від його місткості. Тому облік їх доцільний переважно під час вибору оптимальної місткості будівлі, який, зі свого боку, впливає на ефективність капітальних вкладень.

У *промислових будівлях* усі експлуатаційні витрати входять до складу собівартості виготовлення продукції. Головною частиною собівартості продукції є витрати на сировину та матеріали для її виготовлення, енергетичні ресурси (паливо, електроенергія, пара тощо), а також заробітна плата персоналу, безпосередньо бере участь у створенні продукції.

Ця частина собівартості одиниці промислової продукції становить приблизно (залежно від галузі виробництва) 70–75 %. Крім того, у складі собівартості містяться цехові й загальнозаводські експлуатаційні витрати. У ці витрати входять змiст і амортизація основних фондів, як у вигляді відсотка амортизаційних відрахувань на реновацію та капітальний ремонт основних фондів, так і у вигляді витрат з утримання будинків – на опалення, вентиляцію, водопостачання, каналізацію, освітлення та поточний ремонт, зарплату невиробничого персоналу і низку інших витрат, не обумовлених проектним рішенням об'єкта.

На собівартість продукції впливає низка факторів, зокрема проектних, до яких належать технологічне рішення проекту, режим виробництва, його потужність і об'ємно-планувальні рішення будівель. Так само як і в будівлях

невиробничого призначення, експлуатаційні витрати повністю відображають специфіку об'ємно-планувального та конструктивного рішення будівлі.

Техніко-економічні показники. Для економічної оцінки планування та забудови мікрорайону застосовуються такі техніко-економічні показники:

- чисельність населення (тис. осіб);
- територія (га);
- щільність населення (осіб/га);
- норма житлової забезпеченості ($\text{м}^2/\text{осіб}$);
- проєктований житловий фонд (тис. м^2 загальної площі);
- середньозважена поверховість житлової забудови;
- щільність житлового фонду (брутто) (м^2 загальної площі/га території мікрорайону);
- щільність житлового фонду (нетто) (м^2 загальної площі/га житлової території);
- протяжність зовнішніх інженерних мереж (за видами) на $1\,000\ \text{м}^2$ загальної площі житлового фонду (м);
- обсяг використання підземного простору (за напрямками глибини закладення) (тис. м^3).

Вартість будівництва за зведеним кошторисним розрахунком:

- усього (тис. грн);
- на 1 жителя (грн / осіб);
- на $1\ \text{м}^2$ загальної площі житлового фонду (грн / м^2).

Крім того, у складі ТЕП наводиться проєктний баланс території мікрорайону.

Економічні вимоги полягають у підвищенні інтенсивності використання території, скорочення площі, зайнятої вуличною мережею та дорожніми покриттями, на підставі раціональних планувальних рішень, скорочення питомої протяжності зовнішніх інженерних комунікацій.

При розробці проєктів планування та забудови мікрорайону та житлового району на території реконструйованої житлової забудови економічність рішення доповнюється техніко-економічними показниками, що відображають обсяги знесення придатного житлового фонду по реконструкції, тис. м^2 , і питома вага такого зносу по відношенню до знову зведеному житлового фонду, %. Завдання полягає в максимальному збереженні і використанні сформованого фонду капітальних будівель у ремонтоспособному стані.

5.4 Оцінка технічного стану будівель

Оцінка технічного стану сформованої забудови використовується під час

економічного обґрунтування варіантів реконструкції, встановлення економічно виправданого обсягу знесення житлового фонду

Цілком очевидно, що економічно не байдуже, яку будівлю визначено проектом реконструкції під знесення: стару з нетривалим залишковим терміном служби та підвищеними витратами на його капітальний ремонт або ж будівля в задовільному й доброму стані, яка може прослужити ще не один десяток років. У другому випадку будуть відповідно нижче витрати й на поточні ремонти, оскільки їхній обсяг і періодичність проведення залежать від технічного стану будівлі й становлять приблизно третину вартості капітального ремонту.

Залежно від технічного стану та ступеня капітальності будівлі, а отже, і від залишкового терміну його служби існуючий фонд поділяється на *опорний*, *умовно опорний* і *тимчасовий*, що відображається на опорному плані.

До *опорного фонду* належать капітальні будівлі зі зносом до 40 %, при якому вони будуть функціонувати й за межами розрахункового терміну. Сюди ж входять будівлі, які мають історичну або архітектурну цінність. До *умовно опорного фонду* належать будівлі (із зносом 41–60 %), які будуть експлуатуватися протягом розрахункового терміну в тому випадку, якщо не передбачати для них проведення капітального ремонту. Нарешті, *тимчасовий фонд* становлять будівлі з підвищеним зносом (понад 61 %), при якому проведення капітального ремонту недоцільно. Цей фонд буде вибувати протягом розрахункового терміну поза зв'язком із реконструктивними заходами.

У процесі функціонування під дією різних факторів будівля зазнає фізичного зносу, «старіє», втрачає свої споживчі якості. Відповідно знижується і його вартісна оцінка. Розрізняють поняття «первинна» («балансова»), «залишкова» і «відновна» вартість будівлі. Первісна вартість визначається витратами, які були здійснені під час будівництва будівлі, прийнятого на баланс. Залишкова вартість відображає різницю між первісною вартістю та оцінкою ступеня зносу (розрахунковою величиною амортизації на повне відновлення). Нарешті, відновна вартість являє собою ті витрати, які будуть потрібні в даний час для зведення аналогічної будівлі, із урахуванням сучасних умов кошторисного ціноутворення, впливу чинників технічного прогресу, зростання продуктивності праці у будівництві.

Для будівлі, яка зноситься, з'являється поняття «ліквідаційної» вартості. Остання становить розмір зворотних сум, який залежить від можливості повторного використання матеріалів, одержуваних при розбиранні будинку. Як показує практика, для будівлі з підвищеним фізичним зносом стан таких матеріалів, обсяг відходів під час розбирання знижують ефект отримання додаткових ресурсів, який не перевищує витрат на оплату праці при розбиранні.

Тому такі зворотні суми не можуть розглядатися як здешевлюючі фактори знесення будівлі. Під час розрахунку залишкової вартості слід враховувати не тільки фізичний знос будівлі, але за необхідності його моральний знос. Основний вид морального зносу полягає в тому, що споживчі якості будівлі знижуються завдяки невідповідності старої споруди сучасним вимогам до комфорту проживання. Ліквідація морального зносу вимагає тих чи інших витрат на перепланування квартир, влаштування необхідних елементів інженерного обладнання тощо. Відповідно до питомої ваги витрат на ліквідацію морального зносу від відновної вартості будівлі встановлюється відсоток зносу.

5.5 Фактори, що впливають на економічність проектних рішень житлових будинків

Поверховість. При ізольованому від загальномайданчикових і містобудівних витрат розгляді вартості власне будівель «у коробці» мінімальною вартістю володіють п'ятиповерхові житлові будинки. Ця обставина стала однією з причин помилкової установки на масове будівництво в кінці 50–60-х рр. ХХ ст. переважно п'ятиповерхових житлових будинків, що призвело до неефективного використання міських земель, відчуження з обороту великої кількості земель сільськогосподарського призначення і, зрештою, до значних народногосподарським втрат.

При забудові будинками нижче п'ятиповерхових подорожчання загальної площі будівлі зазвичай відбувається за рахунок підвищення питомої вартості даху та підземної частини будівлі, включаючи вводи та випуски інженерних комунікацій. У разі збільшення ж поверховості витрати на ці частини будівлі працюють як здешевлюючі фактори, викликаючи зниження вартості загальної площі по відношенню до п'ятиповерховим будівлям: у 9-поверхових будинках на 4–4,5 %, у 16-поверхових – на 5,5–6 % .

Найістотнішим здорожчуючим фактором при підвищенні поверховості є улаштування ліфтів, необхідність влаштування яких обумовлена вимогами норм проектування, починаючи із шести поверхів. Збільшення вартості загальної площі у будівлі підвищеної поверховості обумовлено також із необхідністю посилення несучих конструкцій, збільшенням питомої вартості сходинок-ліфтових вузлів, балконів, лоджій, обсягів стін і перегородок, а також влаштуванням тимчасових вантажопасажирських ліфтів у процесі зведення будівлі

Зазвичай із ростом поверховості будівлі вище п'яти відбуваються втрати загальної площі, обумовлені розширенням сходинок-ліфтового вузла. У

п'ятиповерхових будинках на одній сходовій клітці зазвичай можливо розмістити до чотирьох квартир. У 6-10 поверхових будинках у зв'язку із необхідністю улаштування ліфта в тому самому поздовжньому кроці, для розміщення чотирьох квартир доводиться робити по обидва боки сходового майданчика «кишені», що поряд із площею, зайнятою ліфтової шахтою, призводить до збільшення позаквартирних площ, відповідно за рахунок зменшення загальної площі квартир. При зростанні поверховості вище 10 поверхів і появі другого ліфта для сходинок-ліфтового вузла доводиться виділяти вже два поздовжніх кроку, що викликає зменшення загальної площі квартир на секцію приблизно до 11 % із відповідним її подорожчанням.

При подальшому підвищенні поверховості (до 16 поверхів і вище) виникає необхідність улаштування незадимлюваної сходової клітки, ліфтів підвищеної вантажопідйомності для перевезення великогабаритних вантажів, а іноді й технічного поверху, пожежних переходів із секції в секцію, пожежного водопроводу починаючи з 12-ти поверхових будинків тощо.

5.6 Виробничо-технологічні фактори

Виробничо-технологічні фактори включають різні форми концентрації, кооперування і комбінування промисловості у поєднанні з розвитком спеціалізації виробництва, оптимізацією їх за потужністю, зокрема одиничну потужність технологічного обладнання, раціональне укрупнення підприємств, впровадження передових технологічних процесів, модернізацію обладнання, автоматизацію та роботизацію технології, вдосконалення систем управління тощо.

Облік таких чинників допомагає уточнити особливості та склад промислового підприємства, його розміри та взаємозв'язок.

Відповідальні завдання промислового будівництва у нашій країні висувують на перший план правильніше використання накопиченого потенціалу, основних виробничих фондів. Цим визначається зростаюче значення реконструкції, систематичної модернізації діючого виробництва, зокрема перепрофілювання, освоєння випуску продукції на якісно вищому рівні. Порівняно з новим будівництвом реконструкція дає змогу економити у середньому 8–10 % капітальних вкладень, необхідних для створення об'єкта, приблизно так само скоротити терміни будівельно-монтажних робіт. На той самий обсяг продукції на новому підприємстві потрібно, зазвичай, у 1,2–1,5 рази більше технологічного обладнання. Період освоєння проектної потужності на об'єктах реконструкції підприємствах приблизно у три рази менше, ніж на новобудовах. Отже, утричі швидше зможуть окупитися вкладені кошти.

Зменшується потреба в робітничих кадрах, фондівдача зростає приблизно у 1,5 рази. Реконструкція та технічне переозброєння діючих підприємств є конкретною формою інтенсифікації суспільного виробництва. Важливим напрямом роботи є пошук рішень, що забезпечують систематичне зниження частки витрат на будівельно-монтажні роботи. У загальній структурі капітальних вкладень це насамперед пов'язано із технологією, особливостями використовуваних машин і обладнання. Чим вище частка обладнання, тим ефективніше, точніше його використання у промислових цілях. Зростання такої частки на 1 % забезпечує збільшення випуску продукції такого самого за обсягом масиву основних виробничих фондів. У низці галузей промисловості при цьому використовують такий радикальний метод, як відмова від зведення архітектурно-просторової оболонки, відкрити установку обладнання. Випалювальні печі, ректифікаційні колони, дробильного обладнання, апаратура для газоочистки, згущувачі, котельні агрегати та багато інших видів обладнання у хімії, нафтопереробці, теплоенергетиці, промисловості будівельних матеріалів і в низці інших галузей розміщують на відкритому повітрі, досвід показує, що при цьому забезпечуються високі економічні результати: економія капітальних вкладень у середньому у розмірі 10 %, зниження вартості будівельних робіт 30–40 %, скорочення тривалості будівництва, підвищення продуктивності праці. Зрозуміло, відкрите розташування обладнання обумовлено ретельним урахуванням природно-кліматичних умов, економічних обмежень.

Важливе значення технологічних факторів не слід перебільшувати.

Вузьковідомчий підхід, який існує ще у промисловому будівництві, часто спирається на високі показники ресурсозбереження, що досягаються внаслідок збільшення одиничної потужності обладнання та підприємств.

У процесі вивчення умов виробництва все частіше виникає необхідність у комплексній оцінці технологічних факторів.

5.7 Вплив конструктивних рішень на економічність проекту

У поняття «конструктивне рішення проекту» входить вибір конструктивної системи будівлі, визначення розмірів і конфігурації окремих конструктивних елементів, а також матеріалів, з яких вони виготовлені.

Вибір конструктивного рішення значною мірою впливає на витрати по зведенню і експлуатації будівель і споруд. Однак у загальній вартості будівлі питомі витрати за видами конструктивних елементів неоднакові та залежать не тільки від прийнятого в проекті конструктивного рішення, але й від призначення будівлі, її об'ємно-планувальних параметрів, зокрема – від поверховості.

Наприклад, у житлових і громадських будівлях малої та середньої поверховості 30–35% становить вартість стінових конструкцій, 11–18 % перекриттів і 3–6 % покрівлі. У будівлях підвищеної поверховості вартість стін не перевищує 20 %, конструкції каркаса з перекриттями становлять до 35 % кошторисної вартості, а покрівлі – 1–3 %.

У промислових будівлях, зазвичай, малоповерхових, у складі кошторисної вартості акцент переміщається на каркас і покриття (покрівлю). Сумарна частка цих витрат по одноповерховим промисловим будівлям становить 49–52 % кошторисної вартості усїєї будівлі, а частка вартості стін не перевищує 10–11 %. У багатоповерхових промислових будинках частка вартості покрівлі і каркаса в кошторисних витратах знижується до 35–37 %, при цьому частка вартості стін піднімається до 20 %.

У будівлях будь-якого призначення істотні питомі витрати становить також вартість підлог, а у багатоповерхових – перекриттів.

Варто зазначити, що значна частина експлуатаційних витрат по будівлях залежить від таких конструкцій, як стінові, покрівлі та підлоги, а також від розмірів і типу заповнення віконних і дверних прорізів. Зокрема, розмір витрат на опалення прямо пропорційний втраті тепла через стіни, вікна, зовнішні двері та покрівлі, а у складі вартості ремонтних робіт основну частку займають покрівлі, стіни та підлоги.

Отже, під час проектування будинків будь-якого призначення необхідно приділяти особливу увагу тим об'ємно-планувальним та конструктивним рішенням, які визначають типи, розміри та матеріали конструкцій каркасу, стін, покрівель, перекриттів і підлог. Чим менше за проектом питома кількість цих конструктивних елементів на одиницю виміру, яка відобразить функціональне призначення будівлі (місткість, потужність, площа), і чим оптимальніше обрані матеріали для їх виготовлення, тим економічніше буде проект.

Конструктивне рішення значною мірою зумовлює відповідність проектного рішення у цілому сучасному рівню науково-технічного прогресу. Під час розроблення конструктивного рішення реалізуються заходи щодо індустріалізації будівництва, вибору найефективніших матеріалів і конструкцій, можливості застосування найсучасніших монтажних засобів.

Для подальшої ефективної роботи у будівельному комплексі необхідно продовжувати вдосконалення проектно-кошторисної справи, підвищити якість техніко-економічних обґрунтувань будівництва, проектною документації, посилити відповідальність за це проектних організацій, органів експертизи; передбачати в проектах широке застосування прогресивних науково-технічних досягнень, ресурсо- та енергозберігаючих технологій і обладнання,

економічних об'ємно-планувальних рішень, конструкцій, матеріалів, передових методів організації виробництва та праці; послідовно проводити подальшу індустріалізацію будівельного виробництва, перетворюючи його в єдиний процес зведення об'єктів з елементів заводського виготовлення; поліпшити структуру застосовуваних будівельних конструкцій і матеріалів, розширити використання ефективних видів металопрокату, пластмас, смол, полімерів, прогресивних виробів із деревини, керамічних та інших неметалевих матеріалів. Успішне вирішення проектувальниками цих завдань можливе лише при комплексному підході до проекту, з ув'язкою архітектурних і конструктивних рішень не тільки за технічними та функціональними, але й за економічними параметрами.

5.8 Методи техніко-економічної оцінки конструктивних рішень проекту

Економічна ефективність конструктивного рішення, так само як і будь-якого технічного рішення в будівництві та проектуванні, визначається тим народногосподарським ефектом, який може дати його застосування, тобто підвищення ефективності капітальних вкладень у будівництві.

Економічна ефективність капітальних вкладень проявляється у різних формах і оцінка її проводиться за допомогою системи показників, у сукупності відображають зростання продуктивності суспільної праці та зростання національного доходу.

В основу діючих методів техніко-економічної оцінки конструктивних рішень проекту покладено дві найважливіші обставини, що відображають особливості будівництва як галузі.

1. У сучасному будівництві ефективність того чи іншого типу конструкції чи матеріалу, із якого вона виготовлена, не визначається повністю на стадії її заводського виробництва або на стадії будівельно-монтажних робіт. Упровадження індустріальних методів виробництва робіт призводить до того, що все більша частина будівельних процесів переноситься з будівельного майданчика в заводські умови.

Ручна праця на будівництві повсюдно замінюється машинною технікою.

Навіть такі процеси, як оздоблювальні роботи, які раніше вважалися невіддільними від будівельного майданчика, виконуються зазвичай на заводах одночасно з виготовленням конструкцій.

Взаємозв'язок будівельного майданчика та заводу в цих умовах став настільки тісним, що техніко-економічну ефективність застосування конструкцій із різних матеріалів у будівництві можна виявити тільки як сума

витрат на заводі, транспортних витрат і витрат на зведення конструкцій. Однак при цьому структура витрат може змінюватися у різних межах.

Зазвичай витрати на заводське виробництво економічно ефективних матеріалів збільшуються, але водночас спостерігається економія на транспорті й у будівництві.

2. Порівняння конструкцій одного призначення (стіни, перекриття тощо). Вони відрізняються не тільки за матеріалом, із якого вони виготовлені, але і за вимогами, що висуваються до їхніх будівельних властивостей залежно від конкретних умов їх використання.

Під час економічного аналізу можна порівняти тільки однакові за функціональними якостями типи конструкцій.

Вибір варіантів може здійснюватися тільки у разі суворого виконання умов порівнянності будівельних конструкцій, виготовлених із різних матеріалів.

Серед таких умов виокремлюють такі: забезпечення рівної міцності й довговічності конструкцій; однакова з еталоном ступінь заводської готовності.

У разі різного ступеня заводської готовності конструкцій у розрахунках поряд із показниками матеріальних і трудових витрат на заводі додаються витрати у будівельних умовах.

Застосування різних видів взаємозамінних полімерних матеріалів під час влаштування чистих підлог – безосновний лінолеум і лінолеум на теплоізоляційній основі – потребує принципово різних конструктивних рішень. У першому випадку по залізобетонному перекриттю укладається додаткова цементна стяжка, потім два шари деревно-волокнистої плити, на які наклеюється лінолеум; у другому – по залізобетонному перекриттю робиться підсилююча (або вирівнююча) цементна стяжка, по якій насухо укладається лінолеум на теплоізоляційній основі.

Отже, порівняння взаємозамінних будівельних матеріалів у цьому разі зводиться до порівняння будівельних конструкцій або частин будівель (споруд), що виконують певні функції по сприйняттю навантажень, захист від атмосферних впливів, забезпечення нормальних температурно-вологісних умов усередині приміщення тощо.

У всіх таких випадках сумарні техніко-економічні показники по всьому комплексу порівнюваних конструкцій відносяться на розрахункову одиницю виміру основного оцінюваного конструктивного елемента. Так, під час порівняння перекриттів різної товщини, коли враховуються відповідні зміни висоти перегородок, сумарні техніко-економічні показники відносяться на 1 м² перекриття.

Якщо застосування нової конструкції обумовлено зміною низки конструктивних елементів (наприклад, при порівнянні каркасних і безкаркасних варіантів), необхідно переходити оцінці загалом усього мінливого комплексу конструктивних елементів будівлі у розрахунку на 1 м² загальної або виробничої площі будівель.

Необхідною умовою дотримання порівнянності варіантів є порівняння їх у конкретних умовах експлуатації. Необхідно щоб порівнювані варіанти конструктивних рішень мали не тільки загальне призначення (підлоги, стіни, дахи тощо), але розглядалися в однакових умовах експлуатації (нормальні або з підвищеною вологістю, із хімічно агресивними впливами).

Зіставлення варіантів конструктивних проектних рішень проводиться за системою показників, насамперед застосовуються головні показники, а у разі потреби й додаткові.

До головних показників належать: одноразові витрати, які реалізуються в процесі будівництва тобто вартість виготовлення, монтаж або застосування матеріалів у справі; річні експлуатаційні витрати (здійснювані на протязі усього терміну служби будівлі); термін окупності початкових витрат (або коефіцієнт ефективності); питомі капітальні вкладення у матеріально-технічну базу. Під питомими капітальними вкладеннями у матеріально-технічну базу тут маються на увазі нормативні розміри капітальних вкладень на створення основних фондів підприємств із виробництва конструкцій і матеріалів, а також підприємств із видобування та виробництва вихідної сировини і напівфабрикатів, необхідних для виготовлення конструкцій, віднесені до одиниці потужності цих підприємств.

До додаткових показників належать: маса (щільність матеріалу, маса конструкції у справі), трудомісткість у людино-днях (сумарна на заводі або кар'єрі та будівельному майданчику), машиноємності у машино-змінах на монтаж, витрата сировини та матеріалів на виробництво одиниці конструкції у натуральних одиницях виміру .

Як правило, нові проектні рішення впливають на зміну низки показників, при цьому одні з них можуть поліпшуватися, а інші погіршуватися. Так, у наслідок збільшення товщини стінових конструкцій зростає їх вартість, але знижуються річні витрати на опалення; застосування нового будівельного матеріалу, що дає зниження вартості й експлуатаційних витрат, може зажадати підвищення питомих капітальних вкладень у матеріально-технічну базу тощо. Тому кінцевим показником ефективності варто вважати різницю у приведених витратах.

Вибір оптимального конструктивного рішення по мінімуму приведених витрат дозволяє досить правильно визначити доцільність застосування

конструкцій із різних матеріалів із економічною точки зору, оскільки значна частина економічного ефекту використання цих конструкцій у будівництві проявляється внаслідок економії капітальних вкладень у матеріальну базу і головним чином під час створення підприємств, що постачають будівельну сировину та напівфабрикати.

Технологічність конструкції виробів

Технологічність конструкції виробів проявляє себе через підготовку виробництва, що передбачає взаємозалежне рішення конструкторських і технологічних завдань, спрямованих на підвищення продуктивності праці, досягнення оптимальних трудових і матеріальних витрат, скорочення часу на виробництво, технічне обслуговування та ремонт виробів.

Забезпечення технологічності конструкції виробу поряд з відпрацюванням самої конструкції включає її кількісну оцінку. Цей показник розраховується за допомогою базових (вихідних) даних. Серед головних показників, що характеризують технологічність конструкції виробів, можна виокремити трудомісткість виготовлення виробу, його питому матеріаломісткість, технологічну собівартість, трудомісткість, вартість і тривалість технічного обслуговування, ступінь уніфікації конструкції.

Під час оцінювання технологічності конструкції потрібно користуватися мінімально, але достатньою кількістю показників. Точність кількісної оцінки технологічності конструкції виробів, а також перелік показників і методика їх визначення встановлюються залежно від виду виробів та ступеня відпрацювання його конструкції та типу виробництва.

У процесі виконання технологічної підготовки виробництва розрізняють два види технологічності конструкції виробу – виробничу та експлуатаційну.

Виробнича технологічність конструкції виявляється у скороченні витрат коштів і часу на конструкторську та технологічну підготовку виробництва, а також тривалість виробничого циклу.

Експлуатаційна технологічність конструкції виробу виражається в скороченні витрат часу й коштів на технічне обслуговування та ремонт виробів.

Оцінка технологічності конструкції може бути двох видів: якісною та кількісною.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на підставі досвіду виконавця. Якісна порівняльна оцінка варіантів конструкції допустима на всіх стадіях проектування, коли здійснюється вибір кращого конструктивного рішення та не потрібно визначення ступеня відмінності технологічності порівнюваних варіантів. Якісна оцінка під час порівняння варіантів конструкції в процесі проектування виробу передреє кількісній і

визначає її доцільність.

Кількісна оцінка технологічності конструкції виробу виражається показником, чисельне значення якого характеризує ступінь задоволення вимог до технологічності конструкції. Кількісна оцінка раціональна тільки залежно від ознак, які істотно впливають на технологічність розглянутої конструкції.

Види технологічності наведені на рисунку 9.1.

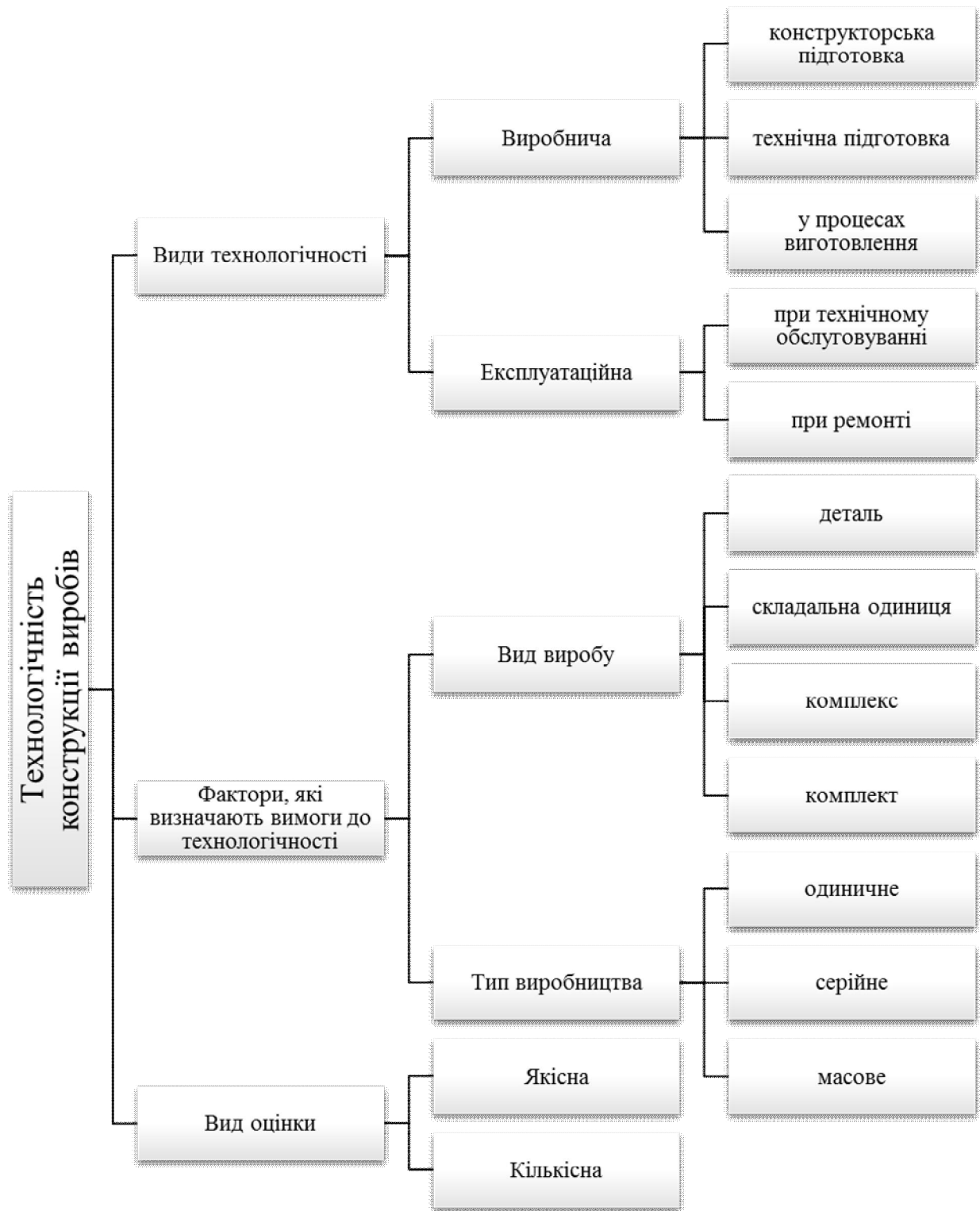


Рисунок. 5.1 – Види технологічності, фактори та способи оцінки технологічності конструкції виробу

Під час проведення відпрацювання конструкції виробу на технологічність потрібно мати на увазі, що в цьому випадку грають роль вигляд виробу, ступінь його новизни і складності, умови виготовлення, технічного обслуговування та ремонту, перспективність і обсяг його випуску.

Випробування конструкції виробу на технологічність має сприяти вирішенню таких основних завдань:

- зниження трудомісткості й собівартості виготовлення виробу;
- зниження трудомісткості й вартості технічного обслуговування виробу;
- зниження загальної матеріаломісткості виробу – витрати металу та паливно-енергетичних ресурсів під час виготовлення, а також монтажу поза підприємством-виготовлювачем і ремонту.

Роботи зі зниження трудомісткості й собівартості виготовлення виробу і його монтажу супроводжуються підвищенням серійності виробу за допомогою стандартизації та уніфікації, обмеження номенклатури складових частин конструктивних елементів і використовуваних матеріалів, застосування високопродуктивних і маловідходних технологічних рішень, використання стандартних засобів технологічного оснащення, яке забезпечить найкращу механізацію та автоматизацію виробничих процесів.

Зниження трудомісткості, вартості та тривалості технічного обслуговування та ремонту передбачає використання конструктивних рішень, що дозволяють знизити витрати на проведення підготовки до використання виробів, а також полегшують і спрощують умови технічного обслуговування, ремонту та транспортування.

Зі свого боку, комплекс робіт зі зниження матеріаломісткості виробів включає:

- застосування раціональних сортamentів і марок матеріалів, ефективних способів отримання заготовок, методів і режимів зміцнення деталей;
- розробку та застосування прогресивних конструктивних рішень, що дозволяють підвищити ресурс виробів і використовувати маловідходні та безвідходні технологічні процеси;
- розробку раціонального компонування виробів, що забезпечує скорочення витрат матеріалу.

Відомості про рівень технологічності конструкції використовуються в процесі оптимізації конструктивних рішень на стадії розробки конструкторської документації, при прийнятті рішення про виготовлення виробів, аналізі технологічної підготовки виробництва, розробці заходів щодо підвищення рівня технологічності конструкції виробу й ефективності його виробництва та експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Александровский С. В. Долговечность наружных ограждающих конструкций / С. В. Александровский . – М. : НИИСФ, РААСН, 2004. – 333 с.
2. Андриевский В. А. Основы наноструктурного материаловедения. Возможности и проблемы / В. А. Андриевский. – М. : Бином, 2014. – 252 с.
3. Бабушкин В. И. Физико-химические процессы коррозии бетона и железобетона. – М. : Изд-во лит. по стр-ву. – 1968. – 192 с.
4. Физико-химические основы строительного материаловедения / Г. Г. Волокитин, Н. П. Горленко и др. – М. : АСВ, 2004. – 192 с.
5. Вольберг Ю. Л. Долговечность металлических конструкций в агрессивных средах / В сб. : Металлические конструкции в строительстве. Труды МИСИ им. В. В. Куйбышева, № 152. – М. – 1979. – С. 54–71.
6. Вольберг Ю. Л. Учет воздействия агрессивной среды на несущую способность стальных конструкций // Сб. : Металлические конструкции в строительстве. Труды № 183 МИСИ им. В. В. Куйбышева. – М. – 1983. – С. 28–35.
7. Вольберг Ю. Л. Изменение прочности строительных сталей в агрессивных средах промышленных зданий // Промышленное строительство. – 1976. – № 10. – С. 39-42.
8. Волянський О. А. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій : підручник : у 2-х ч. – Київ : Вища шк., 1994. – Ч. 1. Технологія бетону. – 1994. – 271 с.
9. Габриель И. Реконструкция зданий по стандартам энергоэффективного дома / И. Габриель, Х. Лденер. – СПб : БХВ-Петербург, 2011. – 480 с.
10. Голубев А. Й. Эффективные способы защиты металлических конструкций от коррозии в процессе эксплуатации // Промышленное строительство. – 1982. – № 2. – С. 18-20.
11. Денисон И. Коррозия и защита металлов / И. Денисон. – М. : Изд-во иностранной литературы, 1953. – 150 с.
12. ДБН В.3.2-1-2004. ДЕРЖАВНІ БУДІВЕЛЬНІ НОРМИ УКРАЇНИ. Реконструкція, ремонт, реставрація об'єктів невиробничої сфери. – Держбуд України Київ. – 2005. – 229 с.
13. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Конструкції будинків і споруд. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги (ГОСТ 31384-2008, NEQ).
14. ДСТУ Б В.2.6-193:2013 Захист металевих конструкцій від корозії. Вимоги до проектування.

15. ДСТУ Б В.2.7-23-95 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні технічні умови.
16. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови.
17. ДСТУ Б В.2.7-56:2010 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні зі скляного штапельного волокна. Технічні умови.
18. ДСТУ Б В.2.7-61:2008 Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови (EN 771-1: 2003, NEQ)
19. ДСТУ Б В.2.7-80:2008. Будівельні матеріали. Цегла та камені силікатні. Технічні умови.
20. ДСТУ Б В.2.7-126:2011 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.
21. ДСТУ Б В.2.7-137:2008 Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови.
22. ДСТУ Б В.2.7-164:2008 Будівельні матеріали. Вироби з ніздрюватих бетонів теплоізоляційні. Технічні умови.
23. ДСТУ Б В.2.7-167:2008 Будівельні матеріали. Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому. Загальні технічні умови (EN 13162:2001, NEQ).
24. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах.
25. ДСТУ Б В.2.7-187:2009 Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і стиск.
26. ДСТУ Б В.2.7-232:2010 Пісок для будівельних робіт. Методи випробувань.
27. ДСТУ Б В.2.7-239:2010 Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Методи випробувань (EN 1015-11:1999, NEQ).
28. ДСТУ Б В.2.7-253:2011 Матеріали і вироби будівельні. Методи визначення опору паропроникності (ГОСТ 25898-83, MOD).
29. Еропов Л. А. Покрытия и кровли гражданских и промышленных зданий /Л. А. Еропов [Электронная книга]. – 2007.– 249 с.
30. Иванов П. М. Прогнозирование долговечности элементов стальных строительных ферм покрытия промышленных зданий с агрессивной средой. Автореферат кандидатской диссертации / П. М. Иванов – М. : – 1982. – 20 с.
31. Комаров О. С. Материаловедение и технология конструкционных материалов / О. С. Комаров, В. Н. Ковалевский, Л. Ф. Керженцева. – Минск : Новое знание, 2009. – 671 с.

32. Кузют Р. Б. Коррозионная стойкость сталей и сплавов в производстве фосфора, фосфорной кислоты и удобрений (обзор) М. : НИИТЭХИМ, 1976. – 34 с.
33. Плошкин В. В. Материаловедение и технология материалов / В. В. Плошкин. – М. : МГИУ, 2007. – 412 с.
34. Подмазова С. А. Обеспечение качества бетона монолитных конструкций / Строительные материалы. 2004. – № 6. – С. 8–9.
35. Рекомендации по проектированию и защите строительных конструкций от коррозии зданий и сооружений предприятий фосфорных удобрений. – М. : ЦНИИПромзданий, 1977. – 76 с.
36. Розенталь Н. К. Коррозионная стойкость цементных бетонов низкой и особо низкой проницаемости / Диссерт. на соиск. ученой степени д-ра техн. наук 05.23.05. – Строительные материалы и изделия. – Москва : 2004. – 432 с.
37. Рокита Я. Поведение коррозионностойких сталей в растворах фосфорной кислоты (обзор)/ : перевод с польского языка статьи; Я. Рокита // Журнал «Ochrona przed korozja». – 1973. – С. 240–245.
38. Русанова Н. Г. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій: Підручник : у 2-х ч. – Київ: Вища шк., 1994. – Ч. 2. Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій, 1994. – 334 с.
39. Рыжков В. А. Ремонт и антикоррозионная защита зданий и сооружений предприятий химической промышленности (обзор). – М. : НИИТЭХИМ, – 1978. – с. 34.
40. Сахаров Ю. И. Покрытия для временной защиты стальных конструкций в атмосфере химических предприятий // Промышленное строительство. – № 3. – 1971. – С. 50–51.
41. Сидоренко Ю. В. Строительные материалы : учеб. пособие [Электронный ресурс]// Современные проблемы науки и образования. – 2009. – № 1. – Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=872> (дата обращения: 18.02.2018).
42. Сиротин О. С. Основы инновационного материаловедения / О. С. Сиротин. – М. : ИНФРА-М. – 2011. – 158 с.
43. Фокин Г. С. Справочник строителя. Современные строительные материалы / Г. С. Фокин, Е. В. Кондращенко. – Харьков : АЛЕВ – ИНФОТРЕЙД, 2008. – 424 с.
44. Трояновская О. Б. Экономика проектных решений в строительстве / О. Б. Трояновская. – Харьков : ХНУГХ им. О. Н. Бекетова, 2013. – 96 с.

45. Ясин Ю. Д. Пенополистирол. Ресурс и старение материала. Долговечность конструкций // Строительные материалы : рекламно-издательская фирма «Стройматериалы» – (Москва) №: 5 : 2002. – С. 33–35.

46. Выбор материалов для несущего каркаса [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://remontikas.ru/stroitelstvo/Vybor_materialov_nesushchego_ostova.html

47. Обоснование вида материала [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://gardenweb.ru/stroitelnye-materialy-i-izdeliya>

48. Радионенко В. П. Технологические процессы в строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.iprbookshop.ru/30851>

Навчальне видання

КОНДРАЩЕНКО Олена Володимирівна,
МОРКОВСЬКА Наталія Георгіївна,
ШАПОВАЛ Світлана Володимирівна,
ЯКИМЕНКО Олег Вікторович

МАТЕРІАЛОЗНАВЧІ РІШЕННЯ ПРИ ЗВЕДЕННІ І РЕКОНСТРУКЦІЇ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск *О. В. Кондращенко*

Редактор *В. І. Шалда*

Комп'ютерне верстання *С. В. Шаповал*

Підп. до друку 02.07.2018. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 10,0.

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.