

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
імені Володимира Даля

КАФЕДРА БУДІВНИЦТВА, УРБАНІСТИКИ ТА ПРОСТОРОВОГО ПЛАНУВАННЯ

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

з дисципліни «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Частина 2

*(для здобувачів вищої освіти*

*спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»)*

*(Електронне видання)*

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

на засіданні кафедри будівництва,  
урбаністики та просторового  
планування

Протокол № 1 від 12.08.2025 р.

Київ - 2025

Конспект лекцій з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» Частина 2 для (для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія») (Електронне видання) / Уклад.: М.В. Білошицький, Г.О. Татарченко, Н.І. Білошицька. – Київ: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2025. – 131 с.

Методичне видання спрямоване на вивчення і засвоєння здобувачами самостійно та на підставі лекційного матеріалу теоретичної основи та практичного матеріалу з дисципліни «Будівельне матеріалознавство». Конспект лекцій, охоплює широкий спектр тем, вивчення яких є обов'язковим для здобувачів вищої освіти спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»: питання основних положень будівельного матеріалознавства, основні матеріали природні та синтетичні які використовуються у будівництві.

Укладачі: М.В. Білошицький, к.т.н., доцент кафедри БУПП

Г.О. Татарченко, д.т.н., професор кафедри БУПП

Н.І. Білошицька, к.т.н., доцент кафедри БУПП

Рецензент: П.Є. Уваров, к.т.н., професор

## **Зміст**

### **ВСТУП**

#### **1. ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ І РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНИХ ГОДИН**

#### **2. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДИСЦИПЛІНИ «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО».**

#### **3. НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

#### **Тема 8. ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН**

8.1. Класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин

8.2. Матеріали та вироби на основі портландцементу

8.3. Залізобетон

8.4. Азбестоцементні вироби та конструкції

8.5. Матеріали та вироби на основі вапняних в'язучих речовин

8.6. Матеріали та вироби на основі гіпсових в'язучих речовин

Контрольні запитання

#### **Тема 9. БЕТОНИ**

9.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів

9.2. Властивості бетонної суміші

9.3. Основи технології бетону

9.4. Тверднення бетону

9.5. Основні властивості важкого бетону

9.6. Легкі бетони

9.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах

9.6.2. Ніздрюваті бетони

9.6.3. Крупнопористі бетони

9.7. Спеціальні види бетонів

Контрольні запитання

## **Тема 10. ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ**

10.1. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів

10.2. Оцінка якості дрібного заповнювача

10.3. Оцінка якості крупного заповнювача

10.4. Пористі заповнювачі

Контрольні запитання

## **Тема 11. ЗАЛІЗОБЕТОН**

11. 1. Загальні відомості

11.2. Матеріали для залізобетону

11.3. Класифікація залізобетонних виробів

11.4. Виробництво залізобетонних конструкцій

11. 5. Формування залізобетонних виробів

Контрольні запитання

## **Тема 12. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ ТА СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ**

12.1. Загальні відомості

12.2. Будівельні розчини

12.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей

12.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів

12.2.3. Підбір складу, приготування і транспортування розчинів

12.2.4. Види будівельних розчинів

12.3. Сухі будівельні суміші

12.3.1. Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів

10.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення

Контрольні запитання

## **Тема 13. БІТУМНІ І ДЬОГТЬОВІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ, МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ**

- 13.1. Загальні відомості
- 13.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих речовин
- 13.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих речовин
- 13.4. Асфальтобетонні розчини

Контрольні питання

#### **Тема 14. ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ**

- 14.1. Загальні відомості
- 14.2. Класифікація полімерних речовин
- 14.3. Склад і властивості пластмас
  - 14.3.1. Склад пластмас
  - 14.3.2. Властивості пластмас
- 14.4. Технологія виробництва пластмас
- 14.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів
  - 14.5.1. Конструкційні полімерні матеріали
  - 14.5.2. Облицювальні полімерні матеріали
  - 14.5.3. Полімерні матеріали для покриттів підлог
  - 14.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали

Контрольні запитання

#### **Тема 15. ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ**

- 15.1. Загальні відомості
- 15.2. Основні компоненти лакофарбової композиції
- 15.3. Класифікація та маркування лакофарбових матеріалів
- 15.4. Види лакофарбових матеріалів

Контрольні запитання.....

#### **Тема 16. ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ ТА АКУСТИЧНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

- 16.1. Загальні відомості
- 16.2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів
- 16.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби

16.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби

16.5. Акустичні матеріали

Контрольні запитання

**Короткий словник спеціальних термінів, що використовуються для вивчення дисципліни «Будівельне матеріалознавство»**

**Літературні джерела**

## ВСТУП

Дисципліна вивчає будівельні матеріали та вироби, їх значення для розвитку будівництва та підвищенні ефективності капіталовкладень. Приділяється увага таким питанням: класифікація будівельних матеріалів, їх склад і структура, корозія матеріалів, використання вторинної сировини та охорона довкілля при виробництві будівельних матеріалів. Розглядаються принципові питання технології виробництва найважливіших будівельних матеріалів, засоби підвищення їх довговічності.

Метою дисципліни «Будівельне матеріалознавство» є:

- формування у здобувачів вищої освіти системи актуальних теоретичних знань і практичних умінь, необхідних для вибору, контролю якості, транспортування, зберігання та економного використання будівельних матеріалів;
- розуміння їх властивостей, технологій виготовлення та областей застосування в будівництві та архітектурному проектуванні на сучасному науково-технічному рівні;
- вміння поєднувати теоретичну підготовку з будівельних матеріалів та умінь ефективно їх використовувати при проектуванні та виконанні будівельних робіт.
- ознайомлення з нормативною базою, методами та технологіями отримання сучасних матеріалів.

Вивчення цієї дисципліни безпосередньо спирається на такі курси:

Семестр	Найменування дисципліни	Найменування теми
1, 2	фізика	1. Механіка. 2. Молекулярна фізика. 3. Термодинаміка. Основні поняття: густина, теплопровідність, в'язкість, деформація, пружність, температура.
1	хімія (загальна та неорганічна)	1. Основи хімічного складу матеріалів. 2. Хімічні реакції, які впливають на властивості матеріалів (гідратація цементу, корозія металів тощо).
1, 2	вища математика	1. Диференціальне та інтегральне числення (для аналізу змін властивостей). 2. Основи лінійної алгебри та статистики (для обробки експериментальних даних).
1	інженерна графіка	1. Вміння читати креслення та схеми зображень зразків, деталей і конструкцій. 2. Уявлення про геометрію форм матеріалів та елементів.
2	інженерна геологія та вишукування	1. Генетична класифікація порід. 2. Ґрунти.

На цю дисципліну безпосередньо спирається вивчення курсу «Будівельні конструкції», «Архітектура будівель і споруд».

## **1. ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ І РОЗПОДІЛ НАВЧАЛЬНИХ ГОДИН**

Основними завданнями вивчення навчальної дисципліни «Будівельне матеріалознавство» є:

– ознайомлення з основними групами будівельних матеріалів (природні, з конструкційних в'язучих, полімери тощо), їх складом, технологіями виготовлення та властивостями;

– навчитися проводити оцінювання матеріалів за національними та євростандартами (ДСТУ, Єврокодами);

– навчитися обирати матеріали згідно з технічними характеристиками, умовами застосування і вартості (основи економічної витрати);

– освоєння методів випробування матеріалів (мікротріщини, деформація, міцність, морозостійкість, водопоглинання), у тому числі лабораторних;

– опанування базових навичок вирішення прикладних завдань у виробничому середовищі: складання бетонної суміші, розчину, підбір покриттів, утеплення;

– відповідно до концепції сталого розвитку виробляти матеріали з урахуванням екотехнологій та використання вторинної сировини, довговічності матеріалів та їх взаємозамінності за умови охорони довкілля при виробництві будівельних матеріалів.

Програма дисципліни «Будівельне матеріалознавство» розрахована на вивчення теоретичного матеріалу і придбання практичних навичок в організації, виборі матеріалів та розрахунках процесів у будівництві з розподілом навчальних годин на лекції, лабораторні роботи й самостійна робота:

Загальний об'єм – 120 годин,

у тому числі:

лекції – 22 годин;

лабораторні роботи – 20 годин;

самостійна робота – 78 годин.

Для закріплення знань здобувачів по курсу «Будівельне матеріалознавство» і придбання практичних навичок з виробництва і вибору матеріалів застосовуваних у будівництві передбачене виконання лабораторних і самостійних робіт.

Контроль освоєння програмного матеріалу протягом семестру здійснюється при виконанні лабораторних робіт і на практичних заняттях, а також при виконанні самостійної роботи.

Результати самостійної роботи здобувачів денної форми навчання перевіряються за результатами практичних занять й виконання лабораторних і самостійних робіт.

Для підсумкового контролю знань програмного матеріалу з дисципліни «Будівельне матеріалознавство» передбачено екзамен.

## **2. ОСНОВНІ ВИМОГИ ДО ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

При вивченні дисципліни «Будівельне матеріалознавство» відповідно до освітньої програми «Будівництво та цивільна інженерія» першого (бакалаврського) освітнього рівня вищої освіти повинні бути сформовані програмні компетентності та програмні результати навчання, а здобувачі повинні частково або повною мірою набути компетентностей:

**ІК** (інтегральна компетентність) – здатність розв’язувати спеціалізовані та практичні завдання у сфері будівництва та цивільної інженерії, що характеризуються комплексністю і системністю, на основі застосування основних теорій та методів фундаментальних та прикладних наук.

### **Загальні компетентності:**

**ЗК02.** Знання та розуміння предметної області та професійної діяльності.

**ЗК06.** Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

### **Спеціальні (фахові, предметні компетентності):**

**СК01.** Здатність використовувати концептуальні наукові та практичні знання з математики, хімії та фізики для розв’язання складних практичних проблем в

галузі будівництва та цивільної інженерії.

**СК04.** Здатність обирати і використовувати відповідні обладнання, матеріали, інструменти та методи для проектування та реалізації технологічних процесів будівельного виробництва.

В результаті вивчення дисципліни «Будівельне матеріалознавство» здобувач вищої освіти отримає наступні **програмні результати** навчання:

**РН01.** Застосовувати основні теорії, методи та принципи математичних, природничих, соціально-гуманітарних та економічних наук, сучасні моделі, методи та програмні засоби підтримки прийняття рішень для розв'язання складних задач будівництва та цивільної інженерії.

**РН02.** Брати участь у дослідженнях та розробках у сфері архітектури та будівництва.

**РН04.** Проектувати та реалізовувати технологічні процеси будівельного виробництва, використовуючи відповідне обладнання, матеріали, інструменти та методи.

**РН07.** Виконувати збір, інтерпретацію та застосування даних, в тому числі за рахунок пошуку, обробки та аналізу інформації з різних джерел.

**РН08.** Раціонально застосовувати сучасні будівельні матеріали, вироби та конструкції на основі знань про їх технічні характеристики та технологію виготовлення.

За результатами вивчення дисципліни «Будівельне матеріалознавство» здобувачі вищої освіти повинні набути:

**знання**

- основних закономірностей зміни властивостей матеріалів залежно від їх структури та складу;
- стану та перспектив виробництва і використання нових ефективних будівельних матеріалів;
- способів підвищення довговічності будівельних матеріалів;
- шляхів економії та зниження матеріаломісткості матеріалів;
- правил прийому, транспортування, зберігання та економного витрачання

будівельних матеріалів;

– про комплексне використання побічних продуктів промисловості (вторинні ресурси), яке є економічно вигідним та сприяє охороні природи; - передові енергозберігаючі технології, які економлять паливо;

– чинних нормативних документів (ДБН, ДСТУ, Європейські стандарти), що регламентують виробництво та застосування будівельних матеріалів.

**вміння** застосовувати на практиці:

– правильно вибирати та використовувати будівельні матеріали, опираючись на конкретні умови експлуатації;

– самостійно доповнювати та узагальнювати теоретичні та практичні навички, необхідні для вирішення конкретних завдань виробництва і використання будівельних матеріалів;

– здійснювати контроль якості сировини і готових матеріалів, використовуючи при цьому досягнення сучасної науки і техніки;

– володіти раціональними прийомами пошуку та використання науково-технічної інформації з будівельних матеріалів;

– підбирати раціональні склади матеріалів, бетонів, розчинів.

**навички**

– розв'язувати практичні завдання у сфері виробництва і використання будівельних матеріалів (розрахунок складу бетонів/розчинів, вибір матеріалу захисту, гідроізоляції тощо);

– аналізу властивостей матеріалів у контексті їх хімічного та структурного складу;

– використання професійної літератури та нормативної документації;

– уміння самостійно виконати лабораторні виміри й обробити результати;

– критичного мислення при аналізі нових або альтернативних матеріалів (наприклад, полімер-композити, теплоізоляція, еко-бетони).

Крім того, в процесі навчання здобувачі першого (бакалаврського) рівня повинні не тільки придбати певні знання та навички, але і виробити певну систему мислення, свої погляди, здатність бачити перспективи розвитку галузі в цілому.

### **3. НАВЧАЛЬНО-ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛІНИ «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»**

#### **Найменування тем:**

8. Штучні матеріали й вироби на основі мінеральних в'язучих речовин.
9. Бетони.
10. Заповнювачі для розчинів і бетонів.
11. Залізобетон.
12. Будівельні розчини і сухі будівельні суміші.
13. Бітумні та дьогтьові в'язучі речовини, матеріали на їх основі.
14. Полімерні матеріали.
15. Лакофарбові матеріали.
16. Теплоізоляційні та акустичні будівельні матеріали.

## ТЕМА 8

# ШТУЧНІ МАТЕРІАЛИ Й ВИРОБИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

### План:

- 8.1. Класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин
- 8.2. Матеріали та вироби на основі портландцементу
- 8.3. Залізобетон
- 8.4. Азбестоцементні вироби та конструкції
- 8.5. Матеріали та вироби на основі вапняних в'язучих речовин
- 8.6. Матеріали та вироби на основі гіпсових в'язучих речовин

### 8.1. Класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин

#### 1. За щільністю (табл. 8.1):

**Важкі** – щільність  $>1800$  кг/м<sup>3</sup> (керамічна цегла, бетонні блоки, тротуарні плити). Призначення: несучі конструкції, фундаменти.

**Легкі** – щільність 500–1800 кг/м<sup>3</sup> (силікатна цегла, газобетон, пінобетон). Призначення: стіни, перегородки.

**Особливо легкі** (теплоізоляційні) щільність  $<500$  кг/м<sup>3</sup> (пінополістиролбетон, керамзитобетон, перлітобетон). Призначення: утеплення стін, дахів, підлог.

#### 2. За призначенням:

**Конструкційні** – для несучих та огорожувальних конструкцій (бетонні та цегляні вироби).

**Теплоізоляційні** – для зменшення тепловтрат (легкі бетони, плити).

**Оздоблювальні** – для фасадів та інтер'єрів (декоративна плитка, штукатурка).

**Спеціальні** – для особливих умов експлуатації.

**Вогнетривкі** (шамотна цегла, магнезитові вироби).

**Хімічно стійкі** (сульфатостійкі блоки, кислототривка плитка).

Таблиця 8.1.

Класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин за щільністю

Вид матеріалу	Приклади	В'язуча основа	Основні властивості	Застосування
<b>Важкі штучні матеріали</b>	Керамічна цегла, бетонні блоки, тротуарні плити	Портландцемент, вапно, глина	Висока міцність, морозостійкість, вогнестійкість, велика маса	Несучі стіни, фундаменти, дорожнє покриття
<b>Легкі штучні матеріали</b>	Силікатна цегла, газобетон, пінобетон	Вапно, цемент	Низька теплопровідність, менша міцність, легкість обробки	Зовнішні та внутрішні стіни, перегородки
<b>Особливо легкі (теплоізоляційні)</b>	Пінополістиролбетон, керамзитобетон, перлітобетон	Цемент з легкими заповнювачами	Дуже низька щільність і теплопровідність, мала міцність	Утеплення стін, дахів, підлог
<b>Оздоблювальні матеріали</b>	Штукатурні суміші, декоративна плитка, штучний камінь	Гіпс, цемент, полімерцемент	Естетичність, стійкість до зносу, вогнестійкість	Оздоблення фасадів та інтер'єрів
<b>Спеціальні вироби</b>	Сульфатостійкі блоки, вогнетривкі цеглини	Глиноземний цемент, шамот	Стійкість до агресивних середовищ і високих температур	Печі, димоходи, хімічні цехи

### 3. За видом в'язучої речовини:

*На цементі* – бетон, залізобетон, тротуарні плити.

*На вапні* – силікатна цегла.

*На гіпсі* – гіпсові плити, оздоблювальні панелі.

*Комбіновані* – цементно-вапняні, цементно-гіпсові вироби.

Загальна класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин представлена на рис. 8.1.

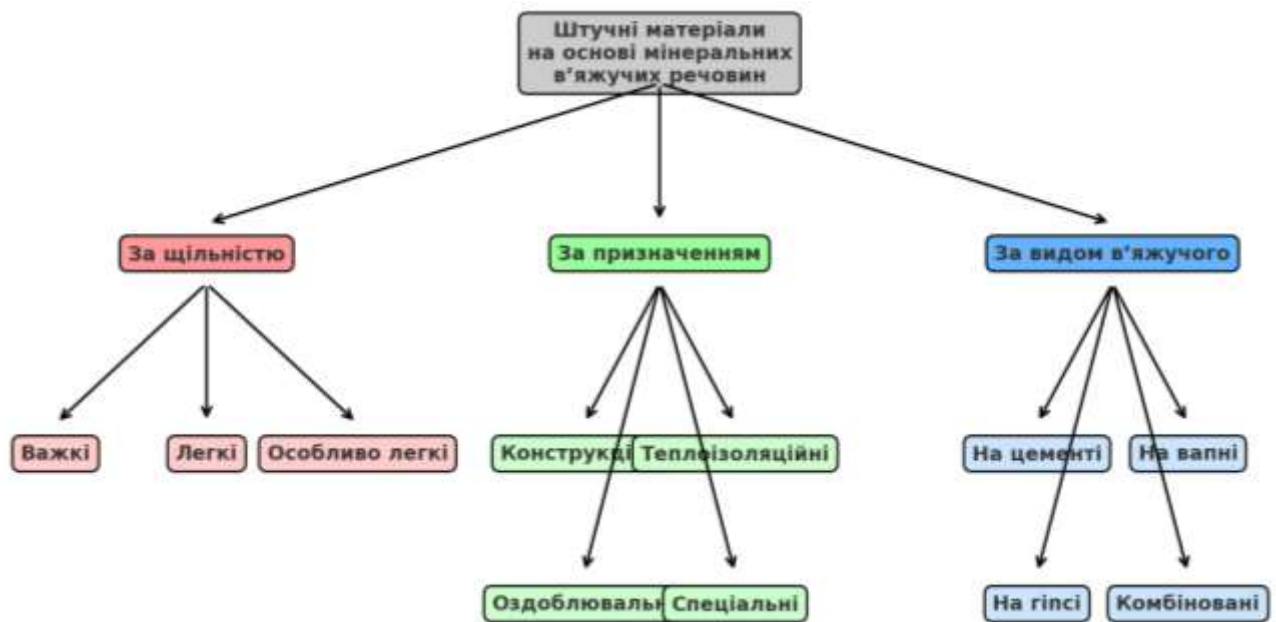


Рис. 8.1. Класифікація штучних матеріалів на основі мінеральних в'язучих речовин

## 8.2. Матеріали та вироби на основі портландцементу

**Вироби бетонні стінові дрібноштучні** (ДСТУ Б В.2.7-7:2008 «Будівельні матеріали. Вироби бетонні стінові дрібноштучні. Технічні умови (EN 771-3:2003, NEQ)») поділяють на цеглу, каміння і блоки повнотілі та пустотні, рядові та лицьові. Виготовляють ці вироби вібраційним методом або вібропресуванням.

За середньою щільністю вироби поділяють на:

- легкі (середня щільність до  $1400 \text{ кг/м}^3$ );
- полегшені (середня щільність  $1400 \dots 1650 \text{ кг/м}^3$ );
- важкі (середня щільність більше  $1650 \text{ кг/м}^3$ ).

За міцністю при стиску вироби поділяють на марки: М 10; М 15; М 25; М 35; М 50; М 75; М 100; М 125; М 200.

За морозостійкістю бетонні дрібноштучні вироби поділяють на марки: F 15; F 25; F 35; F 50.

**Плити бетонні тротуарні** (ДСТУ Б В.2.7-238:2010 «Плити бетонні тротуарні. Технічні умови (ГОСТ 17608-91, MOD)») виготовляють із важкого та дрібнозернистого бетонів, застосовують для влаштування збірних покриттів тротуарів, пішохідних зон, садово-паркових доріжок. Плити мають різну форму: прямокутну, квадратну, фігурну. Для виготовлення плит застосовують бетон

класів В22,5; В25; В30; В35. Основними показниками якості бетонних тротуарних плит є стирання (не більше 0,6 г/см<sup>2</sup>), водопоглинення (не вище 5%) та морозостійкість (F100; F150; F200).

**Фігурні елементи брукування (ФЕБ)** (ДСТУ Б В.2.7-238:2010) для дорожніх покриттів мають різноманітну форму і колір, що розширює дизайнерські можливості при втіленні нових архітектурних рішень. Фігурні елементи отримують за технологією лиття або об'ємного вібропресування.

**Декоративні фасадні плитки** (ДСТУ Б В.2.7-163:2008 «Плити бетонні фасадні. Технічні умови») виготовляють на основі екологічно чистих модифікованих бетонних сумішей. До складу суміші входять білі цементи, пластифікатори, барвники, дрібний декоративний заповнювач. Плитку можна застосовувати одночасно з утеплювачем, вона у 5 разів легша за цеглу, вигідна при доставці та складуванні. Технологія виготовлення дозволяє одержувати плитки для фасадів, що імітують натуральний камінь, а за різноманітністю фактур, кольорів та відтінків переважають його. Під час експлуатації така плитка захищає споруди від дії атмосфери, вогню, грибкових утворювань.

**Черепиця бетонна** (ДСТУ Б В.2.7-6-94 «Черепиця бетонна. Технічні умови») випускається із дрібнозернистого бетону хвилястою, плоскою, гребневою. Для виготовлення бетонної суміші застосовують поряд із звичайним білим та кольоровим портландцементами також *шлаколужні*. Пофарбовану черепицю отримують з використанням барвників: оксиду хрому, залізного сурику.

Бетонну черепицю використовують для покрівель житлових, громадських та виробничих будівель з кутом нахилу від 15 до 90°. Довговічність даху з бетонної черепиці становить близько 100 років. Недоліком бетонної черепиці є відносно велика маса: 1 м<sup>2</sup> покриття важить 40...50 кг.

### **8.3. Залізобетон**

**Залізобетон** – це композиційний будівельний матеріал, в якому вдало сполучається робота бетонної матриці і сталеві арматури.

Винаходу залізобетону передувало відкриття цементу. Змішаний у певних

пропорціях з гравієм, піском і водою, цемент утворював бетон, який у першій половині 19 ст. став досить розповсюдженим матеріалом. Конструкції з бетону мали високу міцність на стиск, вогнестійкість, водостійкість, твердість, але, як і будь-який камінь, погано витримували навантаження на розтяг. Основним матеріалом для несучих конструкцій служило залізо у вигляді різного роду кутків і смуг. На відміну від бетонних металеві конструкції добре витримували розтяг і згин, але на відкритому повітрі кородували. У кінці 19 ст. стала відчуватися сильна потреба в новому будівельному матеріалі, що сполучав би в собі достоїнства заліза і бетону, але не мав би їх недоліків.

Винахід залізобетону зв'язують з ім'ям француза Жозефа Моньє, який у 1867 р. отримав свій перший патент на переносні садові діжки із заліза і цементного розчину. У 1869 р. він зробив патентну заявку на залізоцементні плити і перегородки. Широке застосування залізобетону в Європі стало можливе завдяки німецькому інженеру Вайсу, який викупив патенти Моньє, продовжив дослідження і правильно розташував арматуру в нижню зону балки або плити. Винахід залізобетону зробив справжню революцію в будівництві, дозволивши ліквідувати безліч ускладнень, які до цього здавалися нездоланими.

Універсальність залізобетонної конструкції забезпечують такі фактори:

- 1) бетон добре працює на стиск, але погано витримує розтяг;
- 2) арматура компенсує зазначений недолік бетону, знаходячись у розтягнутій зоні конструкції сприймає розтягуючі напруження (рис. 8.2);
- 3) бетон захищає сталеву арматуру від корозії і дії високих температур;
- 4) спільній дії сталеві арматури і бетону сприяє добре зчеплення на границі розділу;
- 5) коефіцієнти температурного розширення бетону і сталі приблизно однакові.

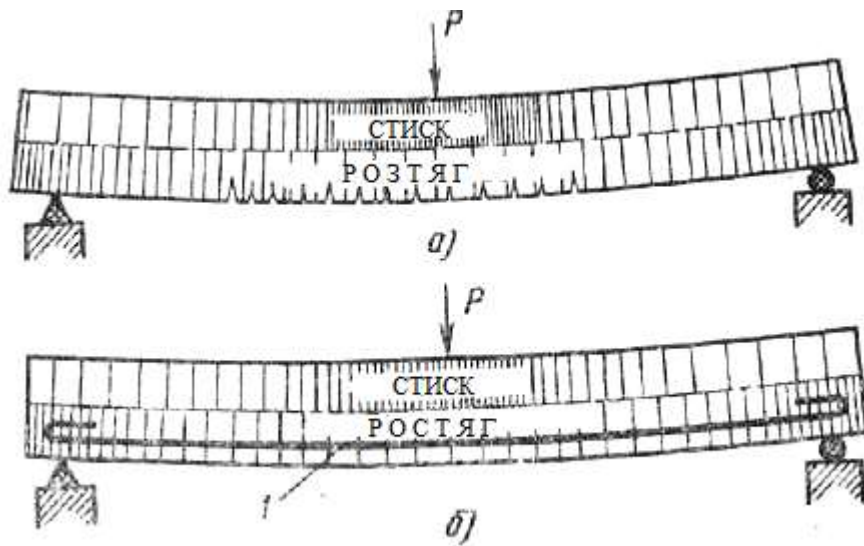


Рис. 8.2. Неармована бетонна (а) і армована залізобетонна (б) балка;

1 – арматури

*За видом армування залізобетонні конструкції поділяють на: зі звичайним та попередньо напруженим армуванням.*

Використання попередньо напружених залізобетонних конструкцій більш ефективно, тому що дозволяє знизити масу конструкції, повніше використовувати несучи здатність складових елементів, підвищує тріщиностійкість і довговічність композиції. У балках зі звичайного залізобетону під дією навантажень бетон розтягується разом з арматурою, в ньому з'являються дрібні тріщини, що відкривають доступ вологи до арматурної сталі. Дія вологи може призвести до корозії та руйнування арматури. Якщо ж сталеву арматуру до укладання в опалубку бетонної суміші розтягти, а потім, після затверднення бетону, відпустити, то арматура, прагнучи повернутися в первісне положення, створить навантаження, що обтискає, і обтисне бетон. Виникаючи в такій конструкції під дією зовнішніх сил розтягуючі напруження не приведуть до утворення небезпечних тріщин у бетоні. Розрізняють два основних види залізобетонних конструкцій з попереднім напруженням: з натягом арматури до і після бетонування. У першому випадку арматуру попередньо розтягують і кінці її закріплюють на упорах ферми, потім укладають бетонну суміш. Після того, як бетонна суміш затверділа, кінці арматурних стрижнів звільняють від упорів.

Другий спосіб передбачає виготовлення залізобетонних конструкцій з поздовжніми каналами, через які пропускають арматурні стрижні, потім їх розтягують і закріплюють на торцях конструкції. Канали заповнюють цементним розчином з метою захисту сталевих арматурних стрижнів від корозії.

*За способом виготовлення розрізняють монолітні і збірні.*

*Монолітні* залізобетонні конструкції зводять безпосередньо на будівельних майданчиках. Особливістю технології виготовлення монолітного залізобетону є те, що основні технологічні операції (монтаж опалубки, укладання арматури і бетонної суміші в опалубку, ущільнення, тверднення) здійснюються на місці проведення будівельних робіт. Звичайно їх застосовують при нестандартності та малій повторюваності елементів споруди, для зведення гідротехнічних, промислових, транспортних споруд. З використанням монолітного залізобетону можлива реалізація різноманітних архітектурних і конструктивних рішень будівель і споруд.

*Збірні залізобетонні конструкції* виготовляють на спеціалізованих заводах (ЗБК, ДБК), оснащених стаціонарними технологічними лініями з урахуванням специфіки конструкції. Перевагою збірного залізобетону порівняно з монолітним, є істотне підвищення продуктивності праці та якості будівництва, скорочення його, в тому числі за рахунок використання великорозмірних виробів та елементів конструкцій повної заводської готовності. Найбільш широке застосування одержали наступні способи виробництва: *поточно-агрегатний, поточно-конвеєрний і стаціонарний, який поділяють на стендовий і касетний.*

*Поточно-агрегатний* спосіб передбачає виготовлення виробів у формах, переміщуваних по окремих технологічних постах за допомогою піднімального крана. Цей спосіб кращий при дрібносерійному виробництві конструкцій довжиною до 12 м, шириною до 3 м і висотою до 1 м, складних за технологією виконання: багат шарових стінових панелей, плит покриття;

*Конвеєрний* – забезпечує високу механізацію і продуктивність праці, тому що вироби виготовляють методом неперервного формування. Технологічна лінія являє собою металеву стрічку, що рухається, на якій від одного технологічного

поста до іншого переміщується форма з бетонною сумішшю. Швидкість руху стрічки визначається самим тривалим процесом – тепловою обробкою і складає близько 25 м/год. Раціональна область застосування цієї технологічної лінії – виготовлення найпростіших, плоских виробів одного виду: панелей перекриттів, покриттів і внутрішніх перегородок, аеродромних і дорожніх плит.

При *стендовому* способі виробу формують у стаціонарних, непереміщуваних формах, тверднуть вони на місці формування. Його доцільно використовувати для виготовлення таких великорозмірних виробів, як ферми, переднапружені великорозмірні балки.

За *касетною* технологією виготовляють плити перекриттів, панелі внутрішніх стін і перегородок. Формування і тверднення виробів відбувається у вертикальній формі-касеті, що складається з ряду відсіків, утворених сталевими вертикальними стінками, постаченими паровими сорочками для прогріву бетонних виробів. Достоїнством цього методу є скорочення виробничих площ.

#### ***В залежності від форми і розмірів:***

- *лінійні* – колони, ригелі, балки, прогони, палі, ферми;
- *площинні* – плити покриттів та перекриттів, панелі стін і перегородок;
- *блокові* – блоки фундаментів, стіни підвалів;
- *просторові* – санітарні кабінки, елементи шахти ліфтів, колодязі.

Для фундаментів і підземних частин будівель використовують *фундаментні блоки, плити, балки, панелі* тощо.

*Фундаментні блоки* – це прямокутні паралелепіпеди з важкого бетону класу В 10. Довжина блоків досягає 3 м, товщина 40...60 см, висота 60 см.

*Блоки стін підвалу* – суцільні та пустотні – виконують з важкого бетону класів В 7,5 і В 10 у вигляді паралелепіпедів прямокутної форми з розмірами: довжина – до 2,5 м, товщина – 50 см і висота – 70см.

*До виробів для каркасів будівель* належать колони і горизонтальні зв'язки – ригелі й прогони, якими з'єднують між собою колони, зварюючи закладні металеві деталі. Ці вироби виготовляють з важкого бетону класів В 15...В 40.

***Стінові панелі*** поділяють на:

- панелі для зовнішніх стін неопалювальних будівель із важких та легких бетонів класу В 15 та вище;

- для опалювальних будівель – одношарові з легких або ніздрюватих бетонів і шаруваті з важкого бетону з теплоізоляційним прошарком;

- для внутрішніх стін, виготовлені з важкого або легкого бетону класу не нижче ніж В 10;

- панелі перегородок, армовані та неармовані – з різних видів бетону.

Панелі зовнішніх стін житлових будівель можуть бути завдовжки 3600 і 7200 мм (на одну або дві кімнати), висотою 2900 мм, товщиною 400 мм, масою 4 і 8 т відповідно.

*Стінові блоки* виконують суцільними та з внутрішніми пустотами з легкого бетону. Блоки мають конструктивну та монтажну арматуру і застосовуються для зовнішніх і внутрішніх стін.

*Вироби для міжповерхових перекриттів* – настили й панелі перекриттів (шириною на всю кімнату звичайно називають *панелями*, а вузькі – *плитами*). Можуть бути з пустотних і суцільних ребристих плит. Пустотні плити перекриттів виготовляють з круглими і овальними пустотами, довжиною 6, 9 та 12 м, шириною 2,4 або 1,5 м, товщиною зазвичай 22 см. Плити виготовляють з важкого бетону класів В 15...В 25.

Для промислових будівель застосовують вироби, аналогічні за номенклатурою виробів для цивільних будівель, проте вони відрізняються розмірами, армуванням та конфігурацією. До них відносять: *фундаменти під колони, вироби для каркасів будівель, колони, підкранові балки, балки покриттів, ферми та арки, оболонки*.

*Вироби для інженерних споруд* широко застосовують у транспортному, сільськогосподарському, гідротехнічному та інших видах будівництва. Це мостові конструкції, опори мережі електрифікації залізниць, шпали, тубінги, плити покриттів доріг та аеродромів, силосні ями, траншеї, водоводи та ін.

*Технологія виготовлення* збірних і монолітних залізобетонних конструкцій складається з наступних основних технологічних етапів: вхідний контроль якості

усіх використовуваних матеріалів, розрахунки складу бетонної суміші, приготування бетонної суміші, армування, укладання бетонної суміші та її формування, тверднення, розпалубка форми і витягування готового виробу.

*Розрахунок складу бетонної суміші* проводять з урахуванням умов експлуатації майбутніх конструкцій, виходячи з фактичних характеристик матеріалів, проектного класу бетону, способу ущільнення бетонної суміші і щільності армування. Правильність розрахунків перевіряють у лабораторних умовах шляхом виготовлення дослідних зразків з наступним контролем міцності.

*Приготування бетонної суміші* здійснюють в бетонозмішувачах із примусовим і гравітаційним змішуванням. Складові майбутнього бетону згідно з розрахунками, точно зважуються і дозуються. Перемішування в змішувачі бетонної суміші забезпечує її однорідність. Гравітаційні змішувачі, що працюють за принципом вільного падіння матеріалу, який перемішується, застосовують для одержання рухомих бетонних сумішей. При обертанні барабана такого змішувача відбувається багаторазовий підйом і скидання матеріалу з деякої висоти. Перемішування твердих сумішей здійснюється в змішувачах примусової дії. Більш ефективно перемішування досягається в цьому випадку за рахунок використання обертових лопат.

#### **8.4. Азбестоцементні вироби й конструкції**

*Азбестоцемент* – штучний композиційний кам'яний будівельний матеріал, отриманий у результаті затвердіння суміші, що складається з цементу, азбесту (10...20% від маси цементу) і води.

До основних показників якості азбестоцементних виробів відносяться: висока міцність, вогнестійкість, довговічність, мала водонепроникність, теплопровідність і електропровідність.

Початок промислового виробництва азбестоцементних виробів пов'язаний з ім'ям чеського винахідника Людвіга Гачека, який вмістивши в паперововиробну машину масу, що складається з азбесту, цементу і води, вперше одержав новий будівельний матеріал. Зазначена подія відноситься до початку ХХ ст.

## *Сировинними матеріалами для виготовлення азбестоцементних виробів*

є:

– *Портландцемент*, який в азбестоцементній композиції виконує функції в'язучої речовини. Застосовують портландцемент марок 400 і 500, а також піщанистий портландцемент (якщо тверднення виробу здійснюється в автоклаві), білий і кольоровий цементи (якщо виріб має декоративне призначення).

До мінералогічного складу цементу, з метою підвищення морозостійкості виробів, ставляться вимоги, що обмежують вміст трикальцієвого алюмінату до 8%. Перевага віддається алітовому цементу (вміст трикальцієвого силікату не менше 52%).

Піщанистий цемент одержують спільним помелом портландцементного клінкера, гіпсу і кварцового піску (45%). В'язучі матеріали, застосовувані для виробництва азбестоцементу, повинні мати велику питому поверхню (2900...3600 см<sup>2</sup>/г).

– *Азбест* (від грець. asbestos – що не руйнується) – природний тонковолокнистий матеріал, що складається з водних або безводних силікатів магнію. Утворився в результаті дії геотермальних вод на основні магматичні гірські породи. 95% світового видобутку азбесту приходить на *хризотил-азбест* – гідросилікат магнію  $3\text{Mg}_2\text{Si}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . Елементарні кристали хризотилу-азбесту – найтонші трубочки діаметром у соті частки мікрометрів до механічної обробки, і 10...100 мкм – після розпушки.

Хризотилевий азбест володіє високою адсорбційною здатністю, тому його волокна добре зчіплюються з цементними в'язучими речовинами. Крім високої міцності на розрив (600...800 МПа, що порівняно з кращими марками сталі), азбест має унікальне поєднання цінних властивостей: низьку теплопровідність (0,35...0,41 Вт/м<sup>°</sup>С), стійкість до підвищених температур (нагрів до 400...500<sup>°</sup>С), високий коефіцієнт тертя. При введенні гнучких волокон у цемент (10...20%) дозволяє в 3...5 разів збільшити міцність цементного каменю при розтягу, а також стійкість до ударних впливів. Товарний азбест роблять 8-ми сортів (від 0 до 7) і 42 марок. Сорт азбесту тим вище, чим більше середня довжина волокна.

Азбестоцемент при порівняно невеликій щільності (1600...2000 кг/м<sup>3</sup>) має високі міцнісні показники (границя міцності при згині до 30 МПа, при розтягу – до 90 МПа). Він довговічний, морозостійкий (більше 50 циклів) і практично водонепроникний.

До недоліків слід відносити крихкість, набрякання і усадку при зміні вологості азбестоцементу, що супроводжується коробленням.

**Виготовлення азбестоцементних виробів.** Залежно від витрати води, використовуваної для приготування азбестоцементної суміші, розрізняють три способи виготовлення азбестоцементних виробів:

– мокрий, при якому виріб формують із суспензії азбестоцементу (8...16%) і води (92...84%);

– напівсухий, при якому виріб одержують з концентрованої маси із вмістом води 20...40%;

– сухий, при якому виріб виготовляють зі зволоженої азбестоцементної суміші з вмістом води 12...16%.

Технологія виготовлення азбестоцементних виробів включає наступні технологічні операції: приготування шихти азбесту, розпушування азбесту, змішування його з цементом і водою, формування виробів, їх тверднення, механічна обробка виробів.

**Приготування шихти** являє собою змішання декількох сортів азбесту (3, 4, 5 і 6 сортів з довжиною волокон від 0,3 до 10 мм) для забезпечення високої щільності і водоутримуючої здатності азбестоцементної маси. Залежно від способу виробництва здійснюється в різних пристроях. При мокрому способі виробництва – у турбозмішувачах, при сухому і напівсухому – спочатку в змішувачі сухих компонентів, потім у бетонозмішувачі циклічної дії.

**Розпушування азбесту** здійснюється в гідророзпушувачах або голлендерах при мокрому способі, в дезінтеграторах при всіх способах виробництва. Зазначена технологічна операція необхідна для розщеплення азбесту на окремі волокна.

**Формування азбестоцементних виробів** полягає у відфільтруванні води з азбестоцементної маси до необхідного ущільнення і додання їй заданих форм і

розмірів шляхом пресування або хвилястості на пресах і безпрокладочних хвильоровщиків.

**Тверднення азбестоцементних виробів** проводять у дві стадії. Перша стадія (попереднє тверднення) забезпечує подальше внутрішньозаводське транспортування виробів. Її тривалість – 6...8 годин. Виріб набирає міцність у пропарювальних камерах при температурі 50...60°C. Друга стадія (остаточне тверднення) виконується у закритих приміщеннях (теплих складах) протягом 7 діб, якщо виріб виконаний на портландцементі, і в автоклавах, якщо для виготовлення застосовувався піщанистий цемент.

**Механічна обробка** являє собою обрізку крайок листів, обрізку труб по торцях, обточування кінців та ін. Ці види обробки виконують після остаточного тверднення виробів.

*Залежно від призначення* азбестоцементні вироби поділяють на: покрівельні, стінові, декоративні, погонажні, спеціальні;

*Хвилясті покрівельні листи (шифер)* (ДСТУ Б В.2.7-53:2014 «Вироби волокнистоцементні хвилясті. Технічні умови») – основний вид листових азбестоцементних виробів. У загальному обсязі виробництва покрівельних матеріалів складає 50%. Покрівельні листи випускають 6 типорозмірів: довжиною – 1,2...2,5 м; шириною 0,69...1,15 м; товщиною 5,5...7,5 мм. Довговічність шиферної покрівлі – 50 років. Останнім часом випускають листи, пофарбовані атмосферостійкою фарбою, що імітують дрібноштучну черепицю.

*Азбестоцементні плоскі плити* (ДСТУ Б В.2.7-52-96 «Листи азбестоцементні плоскі. Технічні умови (ГОСТ 18124-95)») призначені для виготовлення і облицювання будівельних конструкцій. Випускають розмірами: довжина – 3600, 3000, 2500 мм; ширина – 1500, 1200 мм; товщина – 10, 8, 6 мм.

*Панелі (плити) азбестоцементні тришарові з обшивками із плоских азбестоцементних листів з утеплювачем із пінопласту* (ГОСТ 24581).

Застосовують для стін, покриттів і підвісних стель виробничих будівель, які експлуатуються в неагресивних і слабоагресивних середовищах. Довжина панелей досягає 6000 мм, ширина – до 1500 мм, товщина змінюється від 60 до

200 мм.

*Екструзійні панелі* застосовують для пристрою безгорищних покриттів промислових будинків під рулонну покрівлю. Панелі мають ширину 595 мм, довжину 3000 мм для покриттів, 3000 і 6000 мм для стін і перегородок, висоту – 120 мм для покриттів і стін, 60 та 80 мм для перегородок.

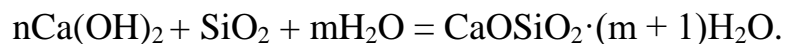
До *погонажних азбестоцементних виробів* відносять швелери, підвіконні плити, зливи.

*Азбестоцементні труби* – перспективний вид труб самого широкого призначення, що володіє рядом цінних властивостей. Вони не піддаються корозії, як метал, значно легше його і не схильні до обростання. Випускають безнапірні та напірні труби, що відрізняються товщиною і міцнісними показниками. *Безнапірні труби* (діаметр 100 і 150 мм, довжина – 3...6 м) застосовують для ненапірних каналізацій, димоходів, при прокладці кабелів, дренажних колекторів, нафто- і газопроводів. *Напірні труби* (діаметр 100...100 мм, довжина – 1,5...6 м) використовують для водо- і газопостачання, вентиляції, колодязів і сміттепроводів. Такі труби особливо ефективні для прокладки теплотрас.

## **8.5. Матеріали та виробы на основі вапняних в'язучих речовин**

*Силікатна цегла* (ДСТУ Б В 2.7-80:2008 «Цегла та камені силікатні. Технічні умови»). При виготовленні силікатної цегли, у якості вихідної сировини застосовують вапно, кварцовий пісок, який виконує функції дрібного заповнювача і в'язучої речовини. При виробництві перемішана зволожена суміш цих матеріалів знаходить до силосів, де її витримують до повного гашення вапна протягом 1...4 год. Пресування виробів відбувається на гідравлічних пресах під тиском 15...20 МПа із формувальної суміші (вологість 5...9%), що містить 92...94% кварцового піску і 6...8% повітряного вапна. Тверднення відформованих виробів відбувається у середовищі насиченої водяної пари в автоклавах при тиску 0,8...1,6 МПа і температурі 175...200°C. Увесь цикл автоклавної обробки становить 8...12 год. Автоклавна обробка дозволяє створювати специфічні умови тверднення матеріалів. У цих умовах відбувається реакція взаємодії між гідроксидом кальцію

та кремнеземистим компонентом за схемою:



Синтезовані гідросилікати кальцію різного складу відіграють роль цементуючої речовини, яка зв'язує зерна заповнювача в міцний і водостійкий штучний камінь.

Стандартом передбачено випуск одинарної (250×120×65 мм), повтореної (250×120×88 мм) силікатної цегли або пустотілих каменів (250×120×138 мм).

За міцністю силікатну цеглу і камені поділяють на марки: М75; М100; М125; М150; М175; М200; М250; М300.

За морозостійкістю силікатну цеглу і каміння поділяють на марки F15; F25; F35; F50.

Застосовують силікатну цеглу й каміння для зведення кам'яних і армокам'яних конструкцій у надземній частині будівель з нормальним та вологим режимами експлуатації. Не можна застосовувати силікатну цеглу для влаштування фундаментів і цоколів нижче гідроізоляційного шару, які зазнають впливу ґрунтових і стічних вод. Під час тривалої дії високих температур (понад 500°C) силікатна цегла руйнується внаслідок дегідратації гідросилікатів кальцію, тому вона не придатна для мурування печей.

*Вапняно-шлакову цеглу* (ДСТУ Б В.2.7-36:2008 «Будівельні матеріали. Цегла та камені стінові безцементні. Технічні умови») виготовляють із суміші вапна і гранульованого металургійного шлаку. Кількість вапна у суміші за об'ємом становить 3...12%, шлаку – 88...97%. Замінюючи шлак паливною золою ТЕС, виготовляють вапняно-золю цеглу. Вапняно-золю та вапняно-шлакову цегли отримують за технологією виробництва силікатної цегли і використовують при зведенні стін будинків висотою не більше трьох поверхів.

## **8.6. Матеріали та виробни на основі гіпсових в'язучих речовин**

*Каміння стінові* (ДСТУ Б В.2.7-36:2008 «Будівельні матеріали. Цегла та

камені стінові безцементні. Технічні умови») виготовляють на основі гіпсових або змішаних в'язучих речовин. За габаритними розмірами каміння стінові можуть бути цілими (390×190×188 мм), половинками (390×90×188 мм) й перегородковими (590×90×188 мм).

Залежно від міцності при стиску (МПа) стінові каміння поділяють за марками: М3,5; М5,0; М7,5; М 10; М 12,5; М15.

Застосовують каміння для внутрішніх стін із відносною вологістю повітря до 60%, а також для мурування зовнішніх стін малоповерхових будівель.

*Гіпсокартонні листи* («суха штукатурка») (ДСТУ EN 520:2017 «Гіпсокартонні плити. Визначення, вимоги та методи випробування (EN 520:2004 + A1: 2009 IDT)») – листовий оздоблювальний матеріал, що складається з тонкого шару затверділої гіпсової в'язучої речовини, вкритої з обох сторін картоном і міцно з'єднаної з ним. Залежно від властивостей та області застосування листи розподіляють на такі види: звичайні (ГКЛ); вологостійкі (ГКЛВ); з підвищеним опором впливу відкритого полум'я (ГКЛВП). Вологостійкий матеріал виготовляють з добавкою гранул силікону, а вогнестійкий – з добавкою скловолокна. Виробництво гіпсокартонних листів складається з таких операцій: виготовлення гіпсобетонної суміші; подавання та розподіл її на нижньому шарі картону; накладання верхнього шару картону на гіпсове осердя; прокатування тришарового виробу між формувальними валками; сушіння листів та складування.

Довжина гіпсокартонних листів 2000...4000 мм, ширина – 600 та 1200 мм, товщина – 6,5...24 мм.

### **Контрольні запитання**

- 1.Що таке штучні будівельні матеріали та чим вони відрізняються від природних?
- 2.Які основні властивості мінеральних в'язучих речовин визначають якість штучних виробів?
- 3.Які переваги та недоліки мають матеріали на основі мінеральних в'язучих?

4. Як класифікують штучні матеріали за щільністю (важкі, легкі, особливо легкі)?
5. Які бувають вироби за призначенням (конструкційні, теплоізоляційні, оздоблювальні, спеціальні)?
6. Які приклади можна навести для кожної групи?
7. Які види мінеральних в'язучих речовин використовують у виробництві (гідралічні, повітряні)?
8. Як вибір в'язучого впливає на властивості готових виробів?
9. Які заповнювачі застосовують для виготовлення важких і легких матеріалів?
10. Які основні стадії виготовлення виробів на основі мінеральних в'язучих?
11. Що таке формування та які способи формування виробів ви знаєте?
12. Які методи тверднення застосовують (природне, пропарювання, автоклавне)?
13. Як впливають умови тверднення на міцність і довговічність виробів?
14. Яку роль у залізобетоні відіграє бетон, а яку арматура?
15. Розповісти про напружено-армований бетон.
16. У чому принципове розходження монолітного і збірного залізобетону?
17. Як на заводах збірного залізобетону прискорюють твердіння бетону?
18. Розповісти про основні види збірних залізобетонних виробів. Чим відрізняється стінова панель від стінового блоку?
19. Які вироби відносять до дрібноштучних (цегла, блоки, плитка)?
20. Які особливості мають стінові камені з легких бетонів?
21. Чим відрізняються силікатна та керамічна цегла за властивостями і застосуванням?
22. Що таке тротуарні плити та які вимоги до них?
23. Що таке азбестоцемент, які матеріали його складають?
24. Які азбестоцементні вироби та конструкції вам відомі?

25. Назвіть матеріали й вироби на основі вапняних в'язучих?
26. Які матеріали й вироби на основі гіпсових в'язучих вам відомі?

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Які основні фізико-механічні властивості визначають для штучних виробів (міцність, морозостійкість, водопоглинання, теплопровідність)?
2. Як проводять контроль якості готових виробів?
3. Які вимоги встановлюють стандарти для стінових, оздоблювальних і теплоізоляційних матеріалів?
4. Де застосовують важкі штучні матеріали на основі мінеральних в'язучих?
5. У яких конструкціях доцільно використовувати легкі та особливо легкі вироби?
6. Як впливають властивості матеріалу на вибір його в конкретних умовах будівництва?

## ТЕМА 9

### БЕТОНИ

#### План:

- 9.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів
- 9.2. Властивості бетонної суміші
- 9.3. Основи технології бетону
- 9.4. Тверднення бетону
- 9.5. Основні властивості важкого бетону
- 9.6. Легкі бетони
  - 9.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах
  - 9.6.2. Ніздрюваті бетони
  - 9.6.3. Крупнопористі бетони
- 9.7. Спеціальні види бетонів

#### 9.1. Загальні відомості. Класифікація бетонів

**Бетон** – штучний композиційний матеріал, одержуваний в результаті формування і подальшого затвердіння раціонально підібраної бетонної суміші, що складається з в'язучої речовини, дрібного і крупного заповнювачів, води і спеціальних добавок.

Бетон відомий давно. У Древньому Римі, наприклад, з бетону на вапні був побудований ряд складних інженерних споруд. Існує думка, що блоки внутрішньої частини єгипетських пірамід також виготовлені з бетону, в'язучою речовиною в якому служило вапно. Широке застосування бетону починається після освоєння промислового виробництва портландцементу. Сучасне будівництво немислиме без бетону – бетон став основним будівельним матеріалом. Це пояснюється його економічністю, технологічністю і доступністю основних сировинних матеріалів.

Міцність бетонів досягає 100 МПа, для конструкційних бетонів границя міцності служить основною характеристикою. Бетон – вогнестійкий матеріал. У даний час отримані бетони, стійкі до найрізноманітніших агресивних впливів, у

тому числі жаротривкі бетони, здатні працювати при температурі понад 1000°C. При сполученні бетону і сталі виходить композиційний матеріал із ще більш цінними властивостями – залізобетон.

За **щільністю** бетони поділяють на :

- *особливо важкі* (щільність більш 2500 кг/м<sup>3</sup>);
- *важкі звичайні* (2200...2500 кг/м<sup>3</sup>);
- *полегшені* (1800...2200 кг/м<sup>3</sup>);
- *легкі* (500...1800 кг/м<sup>3</sup>);
- *особливо легкі теплоізоляційні* (500 кг/м<sup>3</sup>).

За **видом в'язучої речовини** бетони підрозділяють на:

- бетони на *неорганічних* в'язучих речовинах: цементні, силікатні, гіпсові;
- бетони на *органічних* в'язучих речовинах: асфальтобетон (на бітумі) і полімер бетон або пластбетон (на синтетичних смолах).

За **структурою будови** розрізняють бетони :

- із *зливою* структурою;
- *ніздрюваті*;
- *крупнопористі* бетони.

За **призначенням**:

- *конструкційні* (звичайні, гідротехнічні, дорожні);
- *спеціальні* (жаростійкі, декоративні, теплоізоляційні, радіаційнозахисні, полімербетони коррозійностійкі та ін.).

За **видом заповнювача** :

- *бетони на щільних заповнювачах*;
- *бетони на пористих заповнювачах*;
- *бетони на спеціальних заповнювачах*.

За **умовами тверднення**:

- бетони *природного тверднення*, що тверднуть при температурі 15...20°C і атмосферному тиску;
- бетони, що зазнають *теплової обробки* (70...90°C) при атмосферному тиску, з метою прискорення тверднення;

- бетони автоклавної обробки, що тверднуть при температурі 175...200°C і тиску пару 0,9...1,6 МПа.

## 9.2. Властивості бетонної суміші

Суміш, що складається з в'язучої речовини, крупного та дрібного заповнювачів і води до затверднення має назву **бетонної суміші**. Бетонна суміш являє собою пластично-в'язку масу, яка порівняно легко займає будь-яку форму, а потім самовільно переходить у каменеподібний стан.

Одна з головних властивостей бетонної суміші – **тіксотропія** – здатність розріджуватися при періодично повторюваних механічних впливах (наприклад, вібрації) і знову загустіти при припиненні цього впливу. Механізм тіксотропного розрідження полягає в тому, що при вібруванні сили внутрішнього тертя і зчеплення між частками зменшуються і бетонна суміш стає текучою. Ця властивість широко використовується при укладанні й ущільненні бетонної суміші.

**Зручноукладуваність** – узагальнена технічна характеристика в'язкопластичних властивостей бетонної суміші. Під зручноукладуваністю розуміють здатність бетонної суміші під дією певних прийомів і механізмів легко укладатися у форму й ущільнюватися, не розшаровуючись. Зручноукладуваність сумішей залежно від їх консистенції оцінюють рухливістю або жорсткістю.

**Рухливість** служить характеристикою зручноукладуваності пластичних сумішей, здатних деформуватися під дією власної ваги. Рухливість характеризується осадкою стандартного конуса, відформованого з випробуваної бетонної суміші. Для цього металеву форму-конус, установлену на горизонтальній поверхні, заповнюють бетонною сумішшю в три шари, ущільнюючи кожен шар штикуванням. Надлишок суміші зрізують, форму-конус знімають і вимірюють осадку конуса з бетонної суміші – ОК, значення якої (у сантиметрах) служить показником рухливості (рис. 9.1).

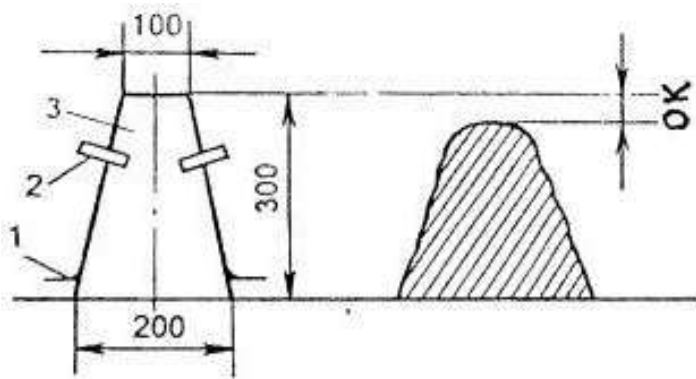


Рис. 9.1. Визначення рухливості бетонних сумішей за осадкою конуса (ОК):  
1 – опори; 2 – ручки; 3 – форма-конус; 4 – бетонна суміш

**Жорсткість** – характеристика зручноукладуваності бетонних сумішей, в яких не спостерігаються осадки конуса ( $OK = 0$ ). Її визначають за часом вібрації (у секундах), необхідним для вирівнювання і ущільнення попередньо відформованого конуса з бетонної суміші за допомогою спеціального приладу. Прилад закріплюють на стандартній віброплощині, у нього вставляють форму-конус. Конус заповнюють бетонною сумішшю в три шари, штикуючи кожен шар. Після цього включають вібратор. Час, протягом якого суміш розподілиться в циліндричній формі рівномірно, приймається за показник жорсткості суміші (Ж).

**Зв'язність** – здатність бетонної суміші зберігати однорідну структуру, тобто не розшаровуватися в процесі транспортування, укладання і ущільнення. При механічних впливах на бетонну суміш у результаті її тиксотропного розрідження частина води як найбільш легкого компонента відтискується нагору. Крупний заповнювач, щільність якого звичайно більше щільності розчинної частини (суміші цементу, піску і води), опускається вниз. Легкі заповнювачі (керамзит та ін.), навпаки, можуть спливати. Усе це робить бетон неоднорідним, знижує його міцнісні показники і морозостійкість.

Зазначені властивості бетонної суміші забезпечуються правильним підбором складу бетону.

### 9.3. Основи технології бетону

Виготовлення бетонних і залізобетонних конструкцій містить в собі наступні технологічні операції:

- підбір складу бетону;
- приготування і транспортування бетонної суміші;
- її укладання і ущільнення;
- забезпечення необхідного режиму затверднення бетону.

Склад бетону повинен бути таким, щоб бетонна суміш і затверділий бетон мали задані значення властивостей (зручноукладуваність, міцність, морозостійкість та ін.), а вартість бетону при цьому була якомога низкою.

Розраховують склад бетону для даних сировинних матеріалів, використовуючи залежності, що зв'язують властивості бетону з його складом, у вигляді формул, таблиць і номограм. Загальна схема розрахунку наступна.

Для проектування складу бетону необхідно мати такі вихідні дані:

- призначення бетону;
- необхідна марочна міцність бетону на стиск;
- необхідна зручноукладуваність бетонної суміші;
- вид і марка (активність) цементу, (рекомендується задаватися маркою (активністю), що 2...2,5 рази перевищує значення необхідної міцності бетону);
- щільність істинна та насипна всіх компонентів;
- зерновий склад заповнювачів і пустот крупного заповнювача;

*Необхідна рухливість* бетонної суміші забезпечується вибором (за таблицями і графіками) необхідної кількості води (В).

*Необхідна міцність* бетону досягається:

- вибором марки цементу (вона, як правило, приймається в 1,5, 2,5 рази вище марки бетону);
- розрахунком необхідного співвідношення цементу та води (Ц/В) за формулою основного закону міцності бетону.

Розраховують склад важкого бетону в наступному порядку:

1. *Забезпечення необхідної міцності бетону.* Залежність міцності бетону

через 28 діб завершення від його сполуки має вигляд:

$$R_6 = AR_{ц} (Ц/В (0,5)),$$

де  $R_{ц}$  – активність(марка ) цементу,  $кг/см^2$  ;

$Ц/В$  – співвідношення цементу й води;

$A$  – коефіцієнт, що залежить від якості заповнювачів.

Зазначена формула (основний закон міцності, запропонований І. Болومهєм і уточнений Б.Г. Скрамтаєвим) дозволяє визначити співвідношення води й цементу, що при даній якості заповнювача  $A$  і введеної у вихідні дані активності цементу  $R_{ц}$  забезпечує одержання необхідної міцності бетону:

для пластичних сумішей ( при  $В/Ц \geq 0,4$ )  $В/Ц = A_1 R_{ц} / R_6 + 0,5 A_1 R_{ц}$ ;

для особливо жорстких сумішей (при  $В/Ц \leq 0,4$ )  $В/Ц = A_2 R_{ц} / R_6 + 0,5 A_2 R_{ц}$ ;

Таблиця 9.1

Значення коефіцієнтів  $A_1$  і  $A_2$

Заповнювач	$A_1$	$A_2$
Високоякісний	0,65	0,43
Рядовий	0,60	0,40
Зниженої якості	0,55	0,37

**2. Витрату води** визначають, виходячи із заданої зручноукладуваності (рухливості або жорсткості) бетонної суміші за графіком Миронова або за табличним даними (табл. 9.2).

**3. Визначення витрати цементу.** Знаючи витрату води і попереднє  $В/Ц$  відношення, розраховують витрати цементу:

$$Ц = В: (В/Ц).$$

Витрата води, л, на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші

Характеристика бетонних сумішей		Найбільша крупність заповнювача, мм					
Осадка конуса (ОК), см	Жорсткість, з	гравію			щебенів		
		10	20	40	10	20	40
–	40...50	150	135	125	160	150	135
–	25...35	160	145	130	170	160	145
–	15...20	165	150	135	175	165	150
–	10...15	175	160	145	185	175	160
2...4	–	190	175	160	200	190	175
5...7	–	200	185	170	210	200	185
8...10	–	205	190	175	215	205	190
10...12	–	215	205	190	225	215	200
12...16	–	220	210	197	230	220	207
16...20	–	227	218	203	237	228	213

**4. Витрати заповнювачів** (піску і крупного заповнювача) встановлюють, вирішуючи спільно два рівняння:

$$1) \quad Ц/\rho_{ц} + В + П/\rho_{п} + Щ/\rho_{щ} = 1,$$

де Ц, В, П, Щ (Г) – витрата цементу, води, піску і щебенів (гравію), кг;

$\rho_{ц}, \rho_{п}, \rho_{щ}$  – істинні щільності цементу, піску, щебенів (гравію), кг/м<sup>3</sup>.

Дане рівняння показує, що об'єм 1 м<sup>3</sup> щільно покладеної суміші складається з абсолютних об'ємів цементу, піску, води й щебенів (гравію).

$$2) \quad \alpha K_{роз} Щ/\rho_{щ.нас.} = Ц/\rho_{ц} + В + П/\rho_{п},$$

де  $K_{роз}$  – коефіцієнт розсунення зерен,

$\rho_{\text{щ.нас.}}$  – насипна щільність щебенів (гравію), (міжзернова пустотність крупного заповнювача).

Таблиця 9.3

Коефіцієнт розсунення зерен  $K_{\text{роз}}$  залежно від витрати цементу і В/Ц відношення для пластичних сумішей

Витрата цементу, кг на 1 м <sup>3</sup> бетону	В/Ц					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	–	–	–	1,26	1,32	1,38
300	–	–	1,30	1,36	1,42	–
350	–	1,32	1,38	1,44	–	–
400	1,31	1,40	1,46	–	–	–
500	1,44	1,52	1,56	–	–	–
550	1,52	1,56	–	–	–	–

Коефіцієнт розсунення зерен для жорстких бетонних сумішей приймають рівним 1,05...1,15.

Вирішуючи спільно два рівняння, одержуємо формулу для визначення витрати ( у кг на 1 м<sup>3</sup> бетону):

$$\text{щебенів( гравію) } \quad \text{Щ}(\Gamma) = 1 / (\alpha K_{\text{роз}} / \rho_{\text{щ.нас.}} + 1 / \rho_{\text{щ}}),$$

$$\text{піску} \quad \text{П} = [ 1 - (\text{Щ} / \rho_{\text{щ.}} + \text{Ц} / \rho_{\text{ц}} + \text{В}) ] \rho_{\text{п.}}$$

Так отримують розрахункові складові бетону у вигляді витрати основних компонентів П, Щ, В, Ц в кг для одержання 1 м<sup>3</sup> бетону.

Для одержання розрахункової щільності бетонної суміші отримані витрати складають:

$$\rho_{\text{б.с.}} = \text{Ц} + \text{В} + \text{П} + \text{Щ}(\Gamma).$$

Отриманий склад бетону може бути виражений двома способами:

– кількістю складових (кг) для одержання 1 м<sup>3</sup> бетону (наприклад, цемент – 300, вода – 200, пісок – 650 і щебінь – 1250);

– співвідношенням компонентів у частинах або за масою по об'єму; при

цьому кількість цементу приймають за 1 (наприклад, запис 1:2:4 при В/Ц – 0,7 означає, що на 1 частину цементу береться 0,7 частину води, 2 частини піску і 4 частини крупного заповнювача).

При використанні вологих заповнювачів необхідно враховувати воду, що міститься в них, і відповідно зменшувати кількість води затвору, щоб сумарна кількість води дорівнювала розрахунковій.

Приготування бетонної суміші здійснюють у спеціальних агрегатах – бетонозмішувачах різних конструкцій і різної місткості (від 75 до 4500 дм<sup>3</sup>).

За принципом дії розрізняють бетонозмішувачі вільного падіння і примусового перемішування.

У *бетонозмішувачах вільного падіння (гравітаційних)* матеріал перемішується в повільно обертових навколо горизонтальної або похилої осі змішувальних барабанах, обладнаних усередині короткими коритоподібними лопатами. Лопати захоплюють матеріал, піднімають його і при переході у верхнє положення скидають. У таких змішувачах готують пластичні бетонні суміші із заповнювачами з щільних гірських порід, тобто суміші звичайного важкого бетону.

Час перемішування залежить від рухливості бетонної суміші і місткості бетонозмішувача.

Такі готові суміші називають товарним бетоном.

**Транспортування бетонної суміші.** На будівельних об'єктах і заводах збірного залізобетону суміш транспортують у вагонетках, перекачують бетононасосами і подають транспортерами. Обов'язкова вимога до всіх видів транспортування бетонної суміші – збереження її однорідності й рухливості. На великі відстані транспортування здійснюється у спеціальних машинах – бетоновозах, що мають грушоподібну ємкість. У зимовий час повинен бути передбачений підігрів перевезеної бетонної суміші.

**Укладання бетонної суміші.** Якість і довговічність бетону багато в чому залежить від правильності укладання, а методи укладання й ущільнення визначаються видом бетонної суміші (пластична або жорстка, важкий або легкий

бетон) і типом конструкції. Укладання повинне забезпечувати максимальну щільність бетону (відсутність пустот) і неоднорідність складу по перетину конструкції.

Пластичні текучі суміші ущільнюються під дією власної ваги або шляхом штикування, більш жорсткі – вібруванням.

*Вібрування* – найбільш ефективний метод укладання, заснований на використанні тиксотропних властивостей бетонної суміші. При вібруванні часткам бетонної суміші передаються швидкі коливальні рухи від джерела коливань – вібратора. При недостатньому часі вібрування бетонна суміш ущільнюється не повністю, при занадто великому – вона може розшаруватися: важкі компоненти – щебінь, пісок концентруються внизу, а вода виступає зверху залежно від виду і форми бетонованої конструкції застосовують різні типи вібраторів. При бетонуванні конструкцій великої площі і невеликої товщини використовують *поверхневі* вібратори, масивних елементів значної товщини – *глибинні* вібратори.

У заводських умовах при виготовленні бетонних каменів, крупних блоків, панелей та інших виробів користуються *віброплощадками*, на які установлюють форми з бетонною сумішшю.

#### **9.4. Тверднення бетону**

Нормальний ріст міцності бетону відбувається при позитивній температурі (15...25°C) і постійній вологості. Дотримання цих умов особливо важливе в перші 10...15 діб тверднення, коли бетон інтенсивно набирає міцність (рис. 9.2).

Щоб поверхню бетону захистити від висихання, її покривають піском, обпилюваннями, полімерними плівками, бітумними і полімерними емульсіями періодично зволожуючи їх. У зимовий час бетон, що твердне, охороняють від замерзання різними методами: методом термоса, коли підігріту бетонну суміш захищають теплоізоляційними матеріалами, і підігрівом бетону під час тверднення (у тому числі електропрогрівом).

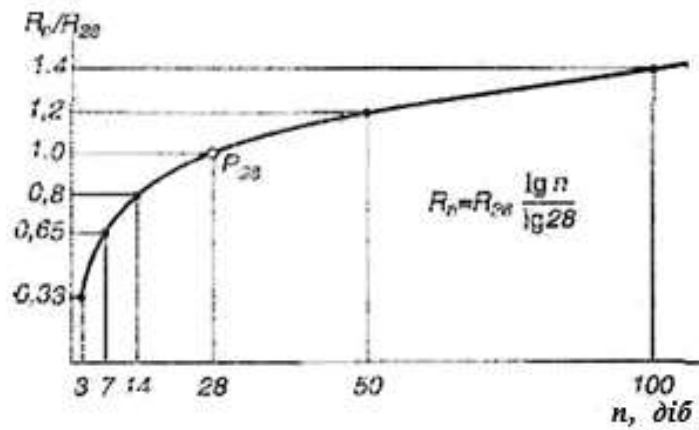


Рис. 9.2. Зміна міцності бетону в часі в умовах нормального тверднення:  $R$  – марочна міцність бетону;  $n$  – час тверднення, діб

На заводах збірного залізобетону для прискорення тверднення бетону застосовують тепловологісну обробку – прогрівом при постійному підтримуванні вологості бетону насиченою парою при температурі 85...90°C. При цьому час тверднення залізобетонних виробів до набору ними відпускної міцності (70...80% марочної) скорочується до 10...16 год. (при твердненні в природних умовах для цього потрібно 10...15 діб). Для силікатних бетонів використовують автоклавну обробку в середовищі насиченої пари високої температури 175...200°C і при тиску 0,8...1,3 МПа. У цьому випадку процес тверднення триває 8...10 год. (рис 9.2).

Для прискорення набору міцності бетоном застосовують швидкотверднучі (БТЦ) і особливо швидкотверднучі (ОБТЦ) цементі. Швидше інших досягає марочної міцності (за три дні) бетон на глиноземистому цементі, але останній не можна використовувати при температурі навколишнього середовища в час тверднення вище 30...35°C.

### 9.5. Основні властивості важкого бетону

Важкий бетон – основний конструкційний будівельний матеріал, тому оцінці його міцнісних властивостей приділяється велика увага. Міцнісні характеристики бетону визначаються строго відповідно до вимог стандартів. Використовуються кілька показників, що характеризують міцність бетону. Неоднорідність бетону як матеріалу враховується в основній міцнісній характеристиці – класі бетону.

**Міцність.** Як і у всіх кам'яних матеріалів, границя міцності бетону при стиску значно (у 10...15 разів) вище, ніж при розтягу та згині. Тому в будівельних конструкціях бетон, як правило, працює на стиск. Коли говорять про міцність бетону, мають на увазі його міцність на стиск.

Міцність бетону прийнято оцінювати за середнім арифметичним значенням результатів випробування зразків даного бетону через 28 діб нормального тверднення. Для цього використовують зразки-куби розміром 150×150×150 мм, виготовлені з робочої бетонної суміші і затверділі при  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  на повітрі при відносній вологості 95% (або в інших умовах, що забезпечують збереження вологи в бетоні).

**Марка бетону.** За середнім арифметичним значенням міцності бетону встановлюють його марку – округлене значення міцності (причому округлення йде завжди в нижню сторону). Для важкого бетону встановлені наступні марки за міцністю на стиск: М50, М75, М100, М150, М200, М250, М300, М350, М400, М450, М500, М550, М600, М700 і М800 (кгс/см<sup>2</sup>). Так, відмінна риса бетону – *значна неоднорідність його властивостей*. Це пояснюється мінливістю сировини (піску, крупного заповнювача і навіть цементу), порушенням режиму приготування бетонної суміші, її транспортування, укладання (ступеня ущільнення) і умовами тверднення. Усе це призводить до розкиду міцності бетону однієї і тієї ж марки. Чим вище культура виробництва (краще якість підготовки матеріалів, приготування й укладання бетону та ін.), тим менше будуть коливання міцності бетону. Для будівельника важливо одержати бетон не тільки із заданою середньою міцністю, але і з мінімальними відхиленнями (особливо в нижчу сторону) від цієї міцності. Показником, що враховує можливі коливання якості бетону, є клас бетону.

**Клас бетону** – це чисельна характеристика якої-небудь його властивості (у тому числі міцності), прийнята з гарантованою забезпеченістю (звичайно 0,95). Це значить, що встановлена класом властивість, наприклад міцність бетону, досягається не менш ніж у 95 випадках з 100.

Поняття «клас бетону» дозволяє призначати міцність бетону з урахуванням її

фактичної чи можливої варіації. Чим менше мінливість міцності, тим вище клас бетону при одній і тій же середній міцності.

ДСТУ 9208:2022 «Бетони важкі. Технічні умови» встановлює наступні класи важкого бетону за міцністю на стиск (МПа): В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15; В20; В25; В30; В32,5; В40; В45; В50; В55 та В60. Так, у бетону класу В15 границя міцності при стиску не нижче 15 МПа з гарантованою забезпеченістю 0,95.

Для переходу від класу бетону до середньої міцності можна використовувати формулу:

$$R_{\text{сер}} = B / 0,778,$$

де В – клас бетону, МПа;

$R_{\text{сер}}$  – середня міцність бетону на стиск, МПа.

**Повзучість** – схильність бетону до росту пластичних деформацій при тривалій дії статичного навантаження. Повзучість бетону також зв'язана з пластичними властивостями цементного гелю і мікротріщиноутворенням. Вона має згасаючий у часі характер. Абсолютні значення повзучості залежать від багатьох факторів. Особливо активно повзучість розвивається, якщо бетон навантажується в свіжовиготовленому вигляді. Повзучість можна оцінювати подвійно: як позитивний процес, що допомагає знижувати напруження, які виникають від термічних і усадочних процесів, і як негативне явище, наприклад, що знижує ефект від попереднього напруження арматури.

**Усадка** – процес скорочення розмірів бетонних елементів при їх перебуванні в повітряно-сухих умовах утрати води. Усадка бетону тим вище, чим більше об'єм цементного тіста в бетоні. У середньому усадка важкого бетону складає 0,3...0,4 мм/м.

**Пористість.** Причина її виникнення криється в надлишковій кількості води затворення. Бетонна суміш після правильного укладання являє собою щільне тіло. При твердненні частина води хімічно зв'язується мінералами цементного клінкера (для портландцементу близько 0,2 від маси цементу), а частина, що залишилася, поступово випаровується, залишаючи після себе пори.

**Водопоглинання і проникність.** Завдяки капілярно-пористій будови бетон може поглинати вологу як при контакті з нею, так і безпосередньо з повітря. Гігроскопічне вологовбирання у важкому бетоні незначне, але в легких бетонів (особливо в ніздрюватих) може досягати відповідно 7...8 і 20...25%.

**Водопоглинення** характеризує здатність бетону всмоктувати вологу в краплинно-рідкому стані; воно залежить головним чином від характеру пор. Водопоглинення тим більше, чим більше в бетоні капілярно сполучених між собою пор. Максимальне водопоглинання важких бетонів на щільних заповнювачах досягає 4...8% за масою (10...20% за об'ємом). У легких і ніздрюватих бетонів цей показник значно вище.

Велике водопоглинання негативно позначається на морозостійкості бетону. Для зменшення водопоглинання вдаються до гідрофобізації бетону, а також до влаштування паро- і гідроізоляції конструкцій.

**Водопроникність бетону** визначається в основному проникністю цементного каменю і контактної зони «цементний камінь – заповнювач»; крім того, шляхами фільтрації рідини через бетон можуть бути мікротріщини в цементному камені і дефекти зчеплення арматури з бетоном. Висока водопроникність бетону може призвести його до швидкого руйнування через корозію цементного каменю.

Для зниження водопроникності необхідно застосовувати заповнювачі належної якості (з чистою поверхнею), а також використовувати спеціальні добавки, що ущільнюють (рідке скло, хлорне залізо) або цементі, що розширюються. Останні використовують для пристрою бетонної гідроізоляції.

За водонепроникністю бетон поділяють на марки W0,2; W0,4; W0,6; W0,8 і W1,2. Марка означає тиск води (МПА), при якому зразок-циліндр висотою 15 см не пропускає воду при стандартних випробуваннях.

**Морозостійкість** – головний показник, що визначає довговічність бетонних конструкцій у нашому кліматі. Морозостійкість бетону оцінюється шляхом попереминого заморожування при мінус  $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  і відтавання у воді при  $(18 \pm 2)^{\circ}\text{C}$  попередньо насичених водою зразків випробуваного бетону. Тривалість

одного циклу – 5...10 год. залежно від розміру зразків.

За марку по морозостійкості приймають найбільше число циклів «заморожування – відтавання», які зразки витримують без зниження міцності на стиск більше 5% у порівнянні з міцністю контрольних зразків на початку випробувань. Установлено наступні марки бетону за морозостійкістю: F25; F35; F50; F75; F100...F1000.

**Теплофізичні властивості.** З них найважливішими є теплопровідність, теплоємність і температурні деформації.

*Теплопровідність* важкого бетону навіть у повітряно-сухому стані велика – близько 1,2...1,5 Вт/(м·°С), тобто в 1,5...2 рази вище, ніж у цегли. Тому використовувати важкий бетон в огорожувальних конструкціях можна тільки разом з ефективною теплоізоляцією. Легкі бетони, особливо ніздрюваті, мають невисоку теплопровідність 0,1...0,5 Вт/(м·°С) і їх застосування в огорожувальних конструкціях переважніше.

*Теплоємність* важкого бетону, як і інших кам'яних матеріалів, знаходиться в межах 0,75...0,92 Дж/(кг·К); у середньому – 0,84 Дж/(кг·К).

## 9.6. Легкі бетони

**Легкі бетони** (на початку ХХ ст. їх називали «теплі бетони») – бетони з щільністю менше 1800 кг/м<sup>3</sup> – універсальний матеріал огорожувальних і несучих конструкцій житлових і промислових будинків.

Свідчення їх застосування відомі ще в Древньому Римі. Для одержання легких бетонів тоді використовували природний заповнювач – пемзу і туф, а також бій кераміки і навіть порожні глиняні посудини. У даний час ці заповнювачі також використовують як місцевий матеріал.

Широкий розвиток легкі бетони одержали в другій половині ХХ ст., коли почалося масове виробництво штучних пористих заповнювачів: керамзиту, аглопориту, жужільної пемзи та ін.

З легких бетонів виготовляють більшість стінових панелей і блоків, плит покрівельних покриттів та каменів для укладання стін. Термін «легкі бетони»

поєднує велику групу різних за складом, структурою і властивостями бетонів.

Істотним недоліком важкого бетону є велика щільність (2400...2500 кг/м<sup>3</sup>). Знижуючи щільність бетону, будівельники досягають як мінімум двох позитивних результатів:

- знижується маса будівельних конструкцій;
- підвищуються їх теплоізоляційні властивості.

**За призначенням** легкі бетони підрозділяють на:

- *конструктивні* (клас міцності – В7,5...В 35; щільність – 1400... 1800 кг/м<sup>3</sup>);
- *конструктивно-теплоізоляційні* (клас міцності не менше В3,0, щільність – 600...1400 кг/м<sup>3</sup>);
- *теплоізоляційні* – особливо легкі (щільність < 600 кг/м<sup>3</sup>).

**За будовою і способом одержання** пористої структури легкі бетони підрозділяють на наступні види:

- *бетони зливої будови на пористих заповнювачах*;
- *ніздрюваті бетони*, у складі яких немає ні крупного, ні дрібного заповнювача, а їхню роль виконують дрібні сферичні пори;
- *крупнопористі*, в яких відсутній дрібний заповнювач, у результаті чого між частками крупного заповнювача утворюються пустоти.

*Особливості технології легких бетонів* зв'язані зі специфікою пористих заповнювачів: їх щільність менше щільності води, поверхня часток шорсткувата, вони активно поглинають воду.

Низька щільність не дозволяє ефективно використовувати традиційні бетонозмішувачі «вільного падіння». Тому для приготування легкобетонних сумішей бажано використовувати змішувачі примусового перемішування.

### **9.6.1. Легкі бетони на пористих заповнювачах**

Пористі заповнювачі мають шорсткувату поверхню, тому зчеплення цементного каменю із заповнювачем не є слабкою ланкою легких бетонів. Цьому сприяє також хімічна активність речовини заповнювачів, що містять аморфний SiO<sub>2</sub>, здатний взаємодіяти із Ca(OH)<sub>2</sub> цементного каменю. Щільність і міцність

контактної зони «цементний камінь – пористий заповнювач» пояснюють парадоксально високу водонепроникність і міцність легких бетонів на пористих заповнювачах. Для легких бетонів установлені наступні класи за міцністю (МПа) від В2 до В40. Міцність легких бетонів залежить від якості заповнювачів, марки і кількості використаного цементу. При цьому, природно, змінюється і щільність бетону. Для легкого бетону встановлені 19 марок за щільністю (кг/м<sup>3</sup>) від D200 до D2000 (з інтервалом 100 кг/м<sup>3</sup>). Знижена щільність легких бетонів може бути досягнута поризацією цементного каменю.

Теплопровідність легкого бетону залежить від його щільності та вологості (табл. 9.4). Збільшення об'ємної вологості на 1% підвищує теплопровідність бетону на 0,015...0,035 Вт/(м·°С).

Таблиця 9.4

Середні значення теплопровідності легких бетонів

Бетон	Теплопровідність, Вт/(м·°С), при середній щільності бетону, кг/м <sup>3</sup> , рівної						
	600	800	1000	1200	1400	1600	1800
Керамзитобетон	0,2 0,15	0,25	0,3	0,4	0,5 0,4	0,6	0,7
Перлітобетон		0,22	0,28	0,35	0,4	0,45	0,55
Шлакопемзобетон				0,35		0,5	0,6

Морозостійкість легких бетонів при їх пористій структурі досить висока. Рядові легкі бетони мають морозостійкість у межах F25...F100. Для спеціальних цілей можуть бути отримані легкі бетони з морозостійкістю F200, F300 і F400.

Водонепроникність у легких бетонів висока і збільшується в міру тверднення бетону за рахунок ущільнення контактної зони «цементний камінь – заповнювач», що є самим уразливим місцем для проникнення води в звичайному бетоні. Установлено наступні марки легких бетонів за водонепроникністю: W0,2; W0,4; W0,6; W0,8; W1; W1,2 (тиск води, МПа, що не визиває фільтрації при стандартних випробуваннях).

### 9.6.2. Ніздрюваті бетони

Ніздрюваті бетони на 60...85% за об'ємом складаються з замкнутих пор розміром 0,2...2 мм. Ніздрюваті бетони одержують при затвердінні насиченої газовими бульбашками суміші в'язучої речовини, кремнеземистого компонента і води. Завдяки високопористій структурі середня щільність ніздрюватого бетону невелика – 300...1200 кг/м<sup>3</sup>; він має низьку теплопровідність при достатній міцності. Бетони з бажаними характеристиками (щільністю, міцністю і теплопровідністю) порівняно легко можна одержувати, регулюючи їх пористість у процесі виготовлення.

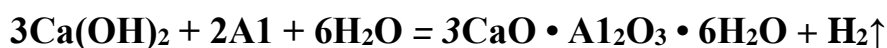
В'язучою речовиною у ніздрюватих бетонів може служити портландцемент (або вапно) із кремнеземистим компонентом. При застосуванні вапняно-кремнеземистих в'язучих речовин одержувані бетони називають газо- і піносілікатами.

*Кремнеземистий компонент* – мелений кварцовий пісок, гранульовані доменні шлаки, зола ТЕС та ін. Кремнеземистий компонент знижує витрату в'язучої речовини і зменшує усадку бетону. Застосування побічних продуктів промисловості (шлаків і зол) з цією метою економічно вигідне та екологічно доцільне. Співвідношення між кремнеземистим компонентом і в'язучою речовиною встановлюється дослідним шляхом.

Для одержання ніздрюватих бетонів використовують як природне тверднення в'язучої речовини, так і активізацію тверднення за допомогою пропарювання ( $t=85...90^{\circ}\text{C}$ ) і автоклавної обробки ( $t = 175^{\circ}\text{C}$ ). Кращу якість мають бетони, що пройшли автоклавну обробку.

За способом утворення пористої структури (методу спучування в'язучої речовини) розрізняють: газобетони і газосилікати; пінобетони і піносілікати.

*Газобетон і газосилікат* одержують, спучуючи тісто в'язучої речовини газом, що виділяється при хімічній реакції між речовиною-газоутворювачем і в'язучою речовиною. Найчастіше газоутворювачем служить алюмінієва пудра, яка, реагуючи з гідратом оксиду кальцію, виділяє водень:



Для одержання 1 м<sup>3</sup> газобетону потрібно 0,5...0,7 кг пудри.

**Пінобетони і піносилікати** одержують, змішуючи тісто в'язучої речовини із задалегідь приготовленою стійкою технічною піною. Для утворення піни використовують піноутворювачі: гідролізована кров, клеєканіфольний піноутворювач сульфанол та ін.

Властивості ніздрюватих бетонів визначаються їх пористістю, видом в'язучої речовини та умовами тверднення.

Для руху повітря пори ніздрюватих бетонів замкнуті, а для проникнення води – відкриті. Тому водопоглинання ніздрюватого бетону досить високе (табл. 9.5) і морозостійкість відповідно знижена в порівнянні з бетонами зливої структури.

Гідрофільність цементного каменю і велика пористість обумовлюють високу сорбційну вологість. Це позначається на теплоізоляційних показниках ніздрюватого бетону (табл. 9.5). Тому при використанні ніздрюватого бетону в огорожувальних конструкціях його зовнішню поверхню необхідно захищати від контакту з водою або гідрофобізувати.

Міцність ніздрюватих бетонів залежить від їхньої середньої щільності і знаходиться в межах 1,5...15 МПа. Ніздрюваті бетони і вироби з них володіють гарними звукоізоляційними властивостями, вони вогнестійкі й легко піддаються механічній обробці (пилянню і свердленню).

Таблиця 9.5

Властивості ніздрюватих бетонів (середні показники)

Характеристики	Середня щільність бетону, кг/м <sup>3</sup>					
	600	700	800	900	1000	1100
Міцність на стиск, МПа	2,5	3,5	5,0	7,5	10,0	15,0
Пористість, %	73	70	67	63	60	56
Водопоглинання (по об'єму), %	40	38	35	33	30	28
Теплопровідність, Вт/(м · °С):						
у сухому стані	0,14	0,16	0,2	0,23	0,26	0,3
при вологості 8 %	0,22	0,24	0,28	0,32	0,34	0,37

Найбільш раціональна область застосування ніздрюватих бетонів – огорожувальні конструкції, (стіни) житлових і промислових будинків:

несучі – для малоповерхових будинків і не несучі – для багатоповерхових, які мають несучий каркас.

### **9.6.3. Крупнопористий бетон**

Одержують при затвердінні бетонної суміші з в'яжучої речовини (зазвичай портландцементу), крупного заповнювача і води. Завдяки відсутності піску і зниженій витраті цементу ( $70\text{...}150 \text{ кг/м}^3$ ), використовуваного тільки для склеювання зерен крупного заповнювача, щільність крупнопористого бетону на  $600\text{...}700 \text{ кг/м}^3$  нижче, ніж в аналогічному бетоні зливої монолітної будівлі.

Крупнопористий бетон доцільно виготовляти на основі пористих заповнювачів (керамзитового гравію, жужільної пемзи та ін.). У цьому разі середня щільність бетону складає  $500\text{...}700 \text{ кг/м}^3$ , плити з такого бетону ефективні для теплоізоляції стін і покрить будинків.

### **9.7. Спеціальні види бетонів**

Спеціальні бетони здатні працювати в екстремальних умовах і мають властивості, не характерні для звичайних бетонів. Але при цьому їх технологія і склад залишаються «бетонними».

*Особливо важкі бетони* використовують для влаштування конструкцій, що захищають людей від рентгенівського і  $\gamma$ -випромінювання. Для цього до складу бетону вводять заповнювачі, які містять залізо, барій та інші важкі елементи, добре поглинаючі тверде іонізуюче випромінювання. У якості заповнювачів використовують залізні руди (магнетит, лимоніт), барит, металевий дріб та ін. Щільність таких бетонів досягає  $4000\text{...}5000 \text{ кг/м}^3$ .

*Жаростійкі бетони* характеризуються здатністю зберігати у певних границях фізико-механічні властивості при тривалому впливі високих температур.

Для виготовлення жаростійких бетонів у якості в'яжучих речовин використовують глиноземистий цемент, шлакопортландцемент і рідке скло.

Заповнювачами служать металургійні шлаки, бій керамічних і вогнетривких виробів, базальт, андезит та ін.

Жаростійкі бетони готують за звичайною технологією, а потім у процесі роботи при високих температурах вони самі перетворюються в монолітний керамічний матеріал. З таких бетонів виконують футеровку промислових печей, фундаменти доменних і мартенівських печей та ін. Застосування жаростійких бетонів замість штучних матеріалів знижує вартість і прискорює будівництво.

**Кислототривкі бетони** одержують на кислототривкому цементі й кислотостійких заповнювачах. Застосовують їх на хімічних підприємствах для облицювання несучих конструкцій, влаштування бетонних підлог та ін.

**Полімерцементні бетони** – цементні бетони, в які на стадії приготування суміші вводиться полімерна добавка. Добавки являють собою водні дисперсії (емульсії, латекси) або редисперговані сухі порошки (як сухе молоко) тих же полімерів. Вміст полімеру в полімерцементних бетонах – 5...15% від маси цементу.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке бетон і які його основні складові?
2. Як класифікують бетони за щільністю, призначенням і видом в'язучого?
3. Які основні властивості бетону (міцність, морозостійкість, водонепроникність тощо)?
4. Як впливає водоцементне відношення на міцність бетону?
5. Поясніть процес твердіння цементного бетону.
6. Які добавки застосовують для модифікації властивостей бетону?
7. Що таке важкий, легкий і особливо легкий бетон? Наведіть приклади.
8. Як впливають умови твердіння на якість бетону?
9. Що таке попередньо напружений бетон і де його застосовують?
10. Як визначають марку та клас бетону за міцністю?
11. Що таке самоущільнювальний бетон і його переваги?

12. Як відбувається процес набору міцності бетону в часі?
13. Які механічні й фізико-механічні властивості бетону?
14. Чим відрізняється клас бетону від його марочної міцності?
15. Чому бетон завжди має деяку пористість?
16. Як підбирають склад бетону?
17. Розкажіть про приготування бетонної суміші.
18. Які існують способи отримання легких бетонів?
19. Який бетон використовують у сучасному будівництві?
20. Що таке піносілікат і газосілікат?

### **Завдання для самостійної роботи**

21. Які вимоги до транспортування та укладання бетонної суміші?
22. Які заходи підвищують довговічність бетону?
23. Які основні відмінності між цементним і асфальтобетоном?
24. У результаті чого утворюється міцність силікатної цегли? Її основні властивості.

## ТЕМА 10

### ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ РОЗЧИНІВ І БЕТОНІВ

#### План:

- 10.1. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів
- 10.2. Оцінка якості дрібного заповнювача
- 10.3. Оцінка якості крупного заповнювача
- 10.4. Пористі заповнювачі

#### **10.1. Функції заповнювачів у бетонах і розчинах. Класифікація заповнювачів**

*Заповнювачами* називають рихлу суміш мінеральних або органічних зерен природного або штучного походження. В'язучі речовини скріплюють зерна заповнювача і утворюється міцне каменеподібне тіло. У складі бетонних або розчинних композицій заповнювачі виконують ряд важливих функцій:

- займаючи в бетоні понад 80% об'єму, скорочують витрати цементної складової;

- підвищують модуль пружності бетонів, знижують їх повзучість, створюють у бетоні жорсткий кістяк, що приймає на себе усадочні напруження і тим самим попереджує утворення тріщин;

- високоміцний заповнювач разом із цементною матрицею забезпечує міцність бетону;

- пористі заповнювачі знижують середню щільність і теплопровідність бетонів;

- окремі види заповнювачів (залізна руда, чавунний дріб) роблять бетони радіаційно-захищеними.

*Залежно від величини зерен* розрізняють:

- крупні заповнювачі (гравій і щебені) – розмір часток 5...70 мм;
- дрібні заповнювачі (пісок) – розмір часток 0,16...5 мм.

*За походженням* заповнювачі бувають:

- природними (отримані шляхом переробки гірських порід);
- штучними (доменні та паливні шлаки, золи, керамзит та ін.).

**За щільністю зерен** заповнювачі підрозділяють на:

- щільні – щільність зерен більше 2000 кг/м<sup>3</sup>;
- пористі – щільність зерен до 2000 кг/м<sup>3</sup>.

Придатність заповнювачів, як складових бетонів або розчинів, визначається рядом параметрів. Заповнювачі повинні відповідати таким вимогам:

- мати певне зернове сполучення (оптимальне співвідношення зерен різного розміру) для того, щоб об'єм пустот між зернами був мінімальним;
- поверхня зерен повинна забезпечувати гарне зчеплення із тверднучою в'язучою речовиною;
- заповнювачі не повинні містити домішок, що перешкоджають адгезії цементного тіста до поверхні зерен.

**Таблиця заповнювачів для розчинів і бетонів з прикладами, властивостями та призначенням:**

Тип заповнювача	Приклади	Походження	Основні властивості	Призначення
<b>Дрібні (0,14–5 мм)</b>	Річковий пісок, кварцовий пісок, відсів дроблення	Природні або штучні	Чистота, зерновий склад, низький вміст пилу та глинистих часток	Приготування розчинів і бетонів, заповнення пустот
<b>Крупні (5–70 мм)</b>	Гравій, щебінь з вапняку, граніту, базальту	Природні або штучні	Міцність, форма зерен, шорсткість, морозостійкість	Несучі конструкції з важких бетонів
<b>Пористі заповнювачі</b>	Керамзит, аглопорит, пемза, туф	Штучні або природні	Мала густина, теплоізоляційні властивості	Легкі та теплоізоляційні бетони
<b>Декоративні</b>	Мармурова крихта, гранат, кольоровий кварц	Природні або оброблені	Стійкість до атмосферних впливів, декоративний вигляд	Архітектурні та оздоблювальні бетони
<b>Спеціальні</b>	Барит, магнетит, чавунна дробина	Природні або техногенні	Висока густина, радіаційний захист	Бетони для захисту від випромінювання
<b>Вторинні</b>	Перероблений бетон, цегляний щебінь	Переробка будматеріалів	Менша міцність, нерівномірність фракцій	Тимчасові або малонавантажені конструкції

## 10.2. Оцінка якості дрібного заповнювача

Піски, які застосовують для виготовлення будівельних розчинів і бетонів, можуть бути:

- *природні* (гірські, яружні, річкові, морські), що являють собою рихлі суміші головним чином зерен кварцу  $\text{SiO}_2$ ;
- *штучні* (важкі, легкі), отримані дробленням щільних (базальт, діабаз, мармур) і пористих (пемза, туф) гірських порід.

*Зернова сполука* визначається за результатами просіювання проби через стандартний набір сит. Для пісків це сита з отворами, мм: 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; і 0,16.

Після просіювання встановлюють *часткові залишки*:  $\alpha_{2,5}$ ;  $\alpha_{1,25}$ ;  $\alpha_{0,63}$ ;  $\alpha_{0,315}$  (у вагових і відсоткових одиницях), потім розраховують *повні залишки*. *Повний залишок* ( $A_{2,5}$ ;  $A_{1,25}$ ;  $A_{0,63}$ ;  $A_{0,315}$  та ін.) на будь-якому ситі дорівнює сумі часткових залишків на цьому ситі й усіх вище розташованих. На підставі результатів ситового аналізу розраховують модуль крупності піску:

$$M_{\text{кр}} = A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16} / 100.$$

Отримані значення повних залишків далі використовують для побудови кривої розсіву, положення якої аналізують щодо області допустимих значень (рис. 10.1).

Якщо крива лежить у межах заштрихованої області стандартного графіка – заповнювач придатний для виготовлення бетонів або розчинів.

*Присутність у піску пилюватих, глинистих і мулистих домішок* знижує міцність і морозостійкість бетонів і розчинів. Кількість таких домішок визначається богаторазовим промиванням водою (відмулюванням). У природних пісках допускається вміст пилюватих і глинистих домішок до 3% від маси піску.

*Присутність у піску органічних домішок* встановлюють колориметричним методом. Пробу піску обробляють розчином їдкого натру NaOH і за зміною кольору відносно світлого еталону судять про наявність органіки. Якщо колір розчину темніше еталону, пісок не рекомендують застосовувати як заповнювач,

тому що виявлені в ньому органічні домішки будуть сповільнювати строки тужавіння і тверднення бетонів і розчинів, і тим самим знижувати їх міцність.

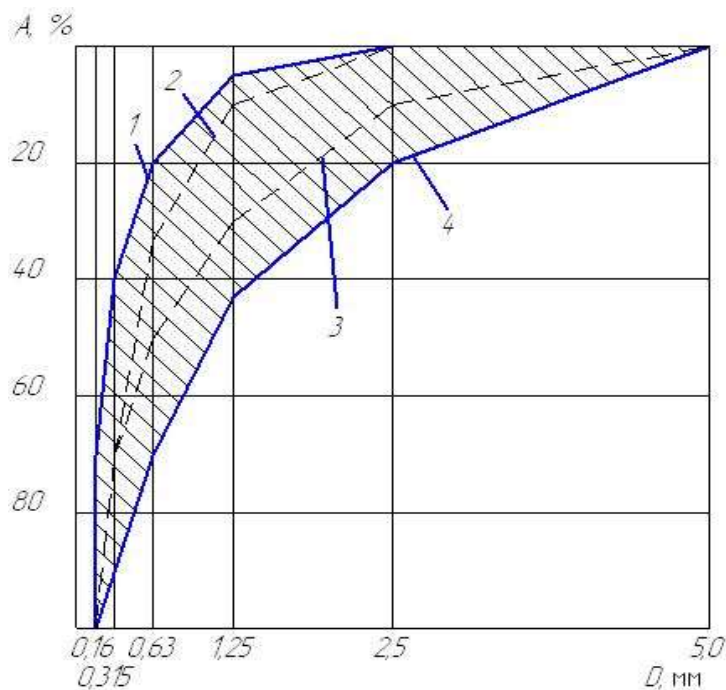


Рис. 10.1. Графік зернового складу піску: 1 – допустима нижня границя крупності піску ( $M_k \sim 1,5$ ); 2 – рекомендована нижня границя крупності піску ( $M_k = 2,0$ ) для бетонів класу B15 і вище; 3 – рекомендована нижня границя крупності піску ( $M_k = 2,5$ ) для бетонів B25 і вище; 4 – допустима верхня границя крупності піску ( $M_k = 3,25$ ) для розчинів і бетонів (заштрихована область – піски, допустимі для використання)

### 10.3. Оцінка якості крупного заповнювача

У якості крупного заповнювача для бетонів застосовують щебені, гравій, керамзит, жужільну пемзу, аглопорит, спучені перлітовий пісок і щебені.

Для крупних заповнювачів одним з найважливіших показників є насипна щільність і межзернова пористість. Оскільки в процесі формування структури бетону пористості між зернами крупного заповнювача заповнюються цементно-піщаним розчином, важливо, щоб міжзернова пористість була найменшою. Зазвичай вона становить 40...50%. Регулювання міжзернового простору здійснюють підбором зернового сполучення.

**Зернове сполучення** крупного заповнювача. За крупністю зерен щебені та гравій розділяють на наступні фракції: 5...10; 10...20; 20...40; 40...70.

Вміст різних фракцій у крупному заповнювачі для бетонів нормується стандартом (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Найбільша крупність заповнювача, мм	Вміст фракцій у крупному заповнювачі, %			
	5...10	10...20	20...40	40...70
20	25...40	60...75	–	–
40	15...25	20...35	40...65	–
70	10...20	15...25	20...35	35...55

**Шкідливі домішки** ( органічні, пилюваті, глинисті) у крупному заповнювачі можуть бути, як і у пісках. Методи їх визначення аналогічні.

**Міцність** крупного заповнювача для важких бетонів повинна бути в 1,5...2 рази вище міцності бетону.

#### 10.4. Пористі заповнювачі

Заповнювачі для приготування легких бетонів бувають природними, штучними або отриманими з відходів промисловості.

**Керамзит** є штучним пористим заповнювачем, який отримують випалюванням попередньо відформованих глинистих гранул, що здатні до спучування. При невеликій насипній щільності (120...600 кг/м<sup>3</sup>) має порівняно високу міцність. Випускають у вигляді гравію (гранули 5...40 мм) і піску (зерна менше 5 мм). Марка керамзиту встановлюється залежно від насипної щільності – від 250 до 600 кг/м<sup>3</sup>.

**Жужільна пемза** – пористі щебені, отримані спучуванням розплавлених металургійних шлаків з наступною швидкою фіксацією пористої структури шляхом різкого охолодження, тому що сировиною для виробництва жужільної пемзи служать техногенні відходи. Даний вид заповнювача економічно дуже ефективний. Міцність пемзи – від 0,4 до 2 МПа.

**Аглопорит** – пористий заповнювач у вигляді гравію, щебенів. Одержують шляхом спікання сировинної шихти із глинистих порід і паливних відходів.

**Спучені перлітові пісок і щебені** – пористі зерна білого або світло-сірого кольору, одержані шляхом швидкого випалювання вулканічних склоподібних гірських порід (перліту, обсидіану). Залежно від розміру зерен спучений перліт поділяють на щебінь і гравій з насипною щільністю 100...500 кг/м<sup>3</sup> та пісок з насипною щільністю 100...600 кг/м<sup>3</sup>.

## **Контрольні запитання**

1. Що таке заповнювачі та яка їхня роль у складах розчинів і бетонів?
2. Як класифікують заповнювачі за походженням?
3. Які заповнювачі відносять до природних, а які – до штучних? Наведіть приклади.
4. Як класифікують заповнювачі за крупністю зерен?
5. Що таке дрібний та крупний заповнювач?
6. Які основні фізико-механічні властивості заповнювачів визначають у лабораторії?
7. Як впливають форма та шорсткість зерен заповнювача на міцність і робочі властивості бетону?
8. Що таке пустотність та насипна щільність заповнювача?
9. Як вологість заповнювачів впливає на витрату в'язучого та води в бетонній суміші?
10. Які заповнювачі застосовують для легких бетонів?
11. Що таке щільні та пористі заповнювачі?
12. Які заповнювачі застосовують для декоративних бетонів і розчинів?
13. Чому важливо дотримуватись гранулометричного складу суміші заповнювачів?
14. Як впливають заповнювачі на морозостійкість і водонепроникність бетону?
15. Назвіть види піску залежно від зернового сполучення
16. Як впливають шкідливі домішки на якість бетону?
17. Як установлюється зернове сполучення піску й щебенів?
18. Як розрахувати модуль крупності піску?
19. У чому розходження між гравієм і щебенями?

## **Завдання для самостійної роботи**

1. Які вимоги до чистоти заповнювачів і чому вони важливі?
2. Які основні фізико-механічні властивості заповнювачів визначають у лабораторії?
3. Як впливають форма та шорсткість зерен заповнювача на міцність і робочі властивості бетону?

## ТЕМА 11

### ЗАЛІЗОБЕТОН

#### План:

11. 1. Загальні відомості
- 11.2. Матеріали для залізобетону
- 11.3. Класифікація залізобетонних виробів
- 11.4. Виробництво залізобетонних конструкцій
11. 5. Формування залізобетонних виробів

#### 11.1. Загальні відомості

*Залізобетон* – це композиційний будівельний матеріал, в якому вдало поєднується робота бетонної матриці і сталеві арматури.

Винахід залізобетону пов'язують із ім'ям француза Жозефа Монье, який у 1867 р. отримав свій перший патент на переносні садові діжки із заліза і цементного розчину. У 1869 р. він зробив патентну заявку на залізоцементні плити і перегородки. Широке застосування залізобетону в Європі стало можливе завдяки німецькому інженеру Вайсу, який викупив патенти Монье, продовжив дослідження і правильно розташував арматуру в нижню зону балки або плити. Винахід залізобетону зробив справжню революцію в будівництві, дозволивши ліквідувати безліч ускладнень, які до цього здавалися нездоланими.

Одним з недоліків бетону як матеріалу є мала міцність на розтяг в порівнянні з його міцністю на стиск:  $R_{\text{роз}} = (1/10 \dots 1/17) R_{\text{ст}}$ . Для сприйняття розтягуючих зусиль в конструкціях з бетону (особливо працюючих на згин) армують розтягнуту зону бетону сталеві арматурою. Сталь на розтяг і стиск працює однаково, але при цьому її міцність на розтяг в 100...200 разів вища, ніж у бетону. Спільна робота бетону і сталі забезпечується достатньою міцністю зчеплення між ними.

Чинниками, що забезпечують достатню міцність зчеплення між бетоном і сталлю і перешкоджають ковзанню арматури в бетоні, що забезпечує спільну

роботу бетону і сталі, є:

1. Виникнення сил тертя між бетоном і сталлю за рахунок:

а) деформації арматурного стрижня під навантаженням;

б) клеючої здібності цементного розчину;

в) нерівностей поверхні сталевих стрижнів, що збільшує тертя між арматурою і бетоном.

г) усадки бетону під час його тверднення, що приводить до обжимання сталевих стрижнів бетоном, а також до збільшення тертя між арматурою і бетоном.

2. Зразкова рівність коефіцієнта лінійного і температурного розширення (КЛТР) сталі і бетону в границях  $0...100^{\circ}\text{C}$ , що створює умови сумісного однакового розширення і стиску цих двох матеріалів в нормальних умовах експлуатації.

3. Надійна захищеність бетоном металу від корозії за рахунок високої міцності середовища і створення захисного шару бетону завтовшки  $10...40$  мм.

У 1926...1930 рр. у Франції інженер Л. Фрейссине запропонував і застосував переднапружений залізобетон.

Напруженими називаються такі залізобетонні вироби і конструкції, в яких у процесі виготовлення штучно створюються значні стискуючі напруження в бетоні шляхом попереднього пружного натягнення, а потім зняття розтягуючих зусиль з арматури після затвердіння бетону (рис. 11.1).

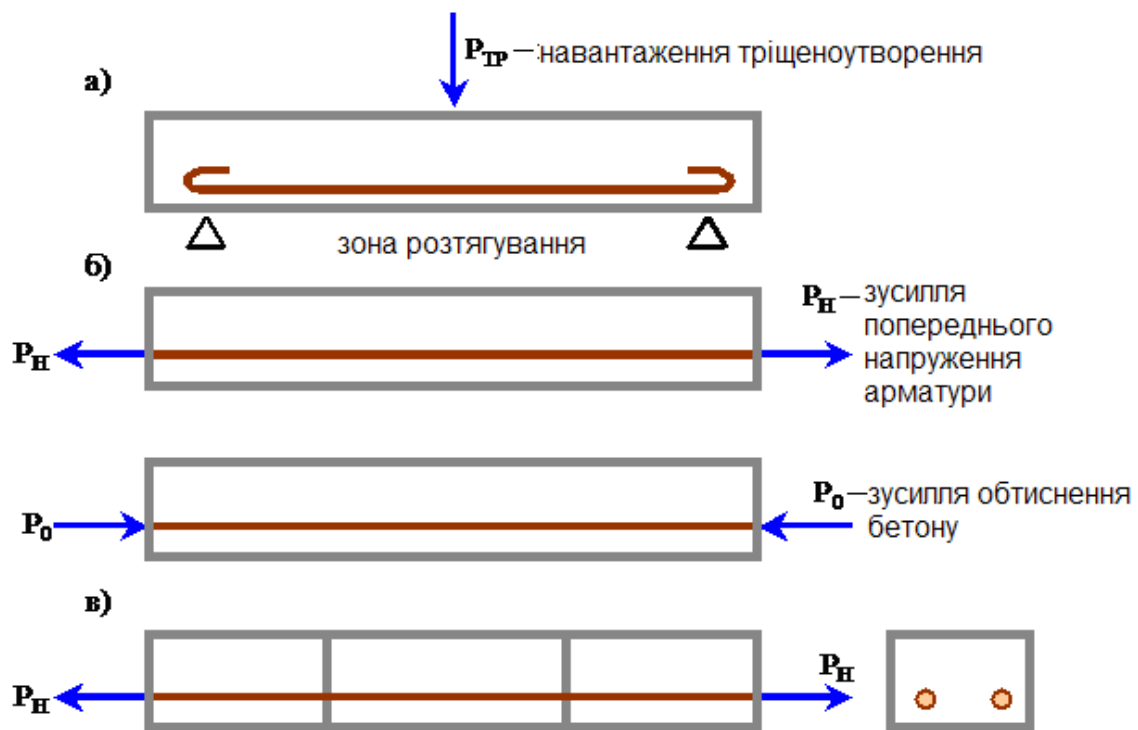


Рис. 11.1. Схема армування залізобетону: а – ненапруженого; б – переднапруженого; в) переднапруженого зі складників

Створення стискуючих напруг в бетоні за рахунок передачі зусиль від переднапружень арматури в межах її пружних деформацій дає можливість підвищити експлуатаційні навантаження за відсутності тріщин в розтягнутій зоні залізобетонної конструкції, оскільки необхідно спочатку подолати стискаючі зусилля від переднапруження в цій зоні.

Повзучість і усадка бетону знижує ефект попередньої напруги.

В даний час 25% вартості матеріалів і конструкцій в загальному об'ємі будівельно-монтажних робіт припадає на залізобетон.

Основними чинниками, що забезпечують швидке зростання випуску збірних залізобетонних конструкцій, є:

1. Перенесення трудомістких процесів виготовлення на завод, різке підвищення індустріалізації будівництва.
2. Універсальність властивостей з/б виробів – високоміцні, водонепроникні, жаростійкі, з низькою теплопровідністю.
3. Довговічність.

4. Значне скорочення витрати сталі у ряді конструкцій в лінійних – в 2...3 рази, в трубах, бункерах – в 10 разів.

Недоліки залізобетону – велика вага виробів і тривалий процес тверднення.

Соціальним аспектом розвитку збірних залізобетонних конструкцій є створення індустрії великопанельного і великоблочного будівництва, що забезпечує підвищення продуктивності праці на будівельному майданчику, скорочення термінів будівництва і підвищення ефективності капітальних вкладень в цілому.

## **11.2. Матеріали для залізобетону**

Для виготовлення залізобетонних виробів застосовують:

1. Бетон всіх видів.
2. Метал у вигляді холоднотягнутого дроту, гарячекатаних прутків; канати – пасма; прокат, сітки, каркаси плоскі і об'ємні.

### **Класифікація арматури:**

- по поверхні – гладкий профіль, періодичний профіль;
- за способом застосування – напружувана арматура, ненапружувана, жорстка арматура – як металоконструкція, розрахована на навантаження від власної ваги, опалубки і свіжоукладеної бетонної суміші.

Розрізняють робочу і монтажну арматуру.

Застосовується метал киплячої, спокійної і напівспокійної плавки залежно від умов роботи виробу.

Арматурна сталь підрозділяється на класи: А-I, А-II, А-III, А-IV, А-V, А-VI, Ат -IV, Ат -V, Ат -VI, В-I, Вр-I, В-II, Вр-II, К-7.

## **11.3. Класифікація залізобетонних виробів**

1. За виглядом армування:

- переднапружені;
- із звичним армуванням.

2. За видом бетонів і вживаної в'язучої речовини:

– цементні бетони – важкі, легкі;  
– силікатні бетони автоклавного тверднення – важкі і легкі, на вапні і змішаних в'язучих речовинах;

- ніздрюваті бетони;
- спеціальні бетони.

3. За внутрішньою будовою:

- суцільні;
- пустотні;
- одношарові, двошарові, багатшарові з різних матеріалів.

4. За призначенням:

- для житлово-цивільного будівництва;
- для промислового будівництва;
- для сільськогосподарського будівництва;
- вироби загального призначення (труби, резервуари);
- для транспортного будівництва.

5. Залізобетонні вироби одного виду розрізняють за типорозмірами (стінові, кутові, підвіконні) і марках.

6. В залежності від модуля поверхні ( $M_{\text{пов}}$ ) всі вироби розділяються на:

- масивні;  $M_{\text{пов.}} < 8$ ;
- тонкостінні,  $M_{\text{пов.}} > 8$ .

$$M_{\text{пов.}} = \frac{S \text{ (поверхня виробу)}}{V \text{ (об'єм виробу)}}.$$

Вироби повинні мати задану (нормативну) заводську готовність.

У загальному об'ємі збірних конструкцій частка окремих конструкцій приблизно складає:

- фундаменти – 9,4%;
- каркаси будівель – 10,2%;
- плити перекриття – 27,6%;
- стінові панелі – 25,8%;

– елементи інженерних споруд – 7,2%;

– інші конструкції – 19,8%.

### **Вироби для житлово-цивільного будівництва**

1. Фундаменти і підземна частина.

2. Конструкції каркасів, ферми, колони.

3. Стінові панелі і блоки:

– зовнішні для неопалювальних будівель з важких і легких бетонів;

– для опалювальних будівель – шаруваті панелі з легких бетонів;

– панелі перегородок, внутрішніх стін, блоки – зі всіх видів бетонів.

4. Перекриття і покриття: суцільні; ребристі; пустотні; суміщені.

5. Добірні елементи: марші, майданчики, перемички, піддони, козирки.

6. Об'ємні елементи: блок-кімнати; сантехкабіни; ліфтові шахти.

7. Сантехнічні вироби: опалювальні панелі; сантехблоки; вентблоки; сміттепроводи.

8. Архітектурні деталі і огорожі.

### **Вироби для промислового будівництва:**

– фундаменти;

– стінові панелі;

– покриття – оболонки, армоцементні, ребристі плити;

– каркас (одно- і двохконсольні, прямокутні, таврові колони; ферми, арки, підкранові балки).

### **Вироби для транспортного будівництва**

Основні вимоги – щільність, морозостійкість, міцність:

– мостові будови – прольотні будови, опори;

– плити аеродромні і дорожні, бортовий камінь;

– шпали, опори контактної мережі, тюрінги.

### **Вироби для сільськогосподарського будівництва**

Висуваються вимоги по захисту від дії органічних кислот:

– для силосних ям і башт; тваринницьких приміщень;

– труби, забори, стійки світильників.

#### **11.4. Виробництво залізобетонних конструкцій**

**Монолітні залізобетонні** конструкції зводять безпосередньо на будівельних майданчиках. Особливістю технології виготовлення монолітного залізобетону є те, що основні технологічні операції (монтаж опалубки, укладання арматури і бетонної суміші в опалубку, ущільнення, тверднення) здійснюються на місці проведення будівельних робіт. З використанням монолітного залізобетону можлива реалізація різноманітних архітектурних і конструктивних рішень будинків і споруд.

**Збірні залізобетонні** конструкції виготовляють на спеціалізованих заводах (ЗБК, ДБК), оснащених стаціонарними технологічними лініями з урахуванням специфіки конструкції. Загальна організація виробництва залізобетонних виробів здійснюється по наступних основних технологічних переділах:

I. Приготування бетону з прийомом, складуванням, приготуванням хімічних добавок, транспортуванням матеріалів на бетонний завод, при необхідності – сортування і миття щебеню.

II. Виготовлення арматурних каркасів з прийомом, складуванням, заготівкою арматури, заставних деталей, транспортуванням їх у формувальний цех, армування переднапружених конструкцій на стендах.

III. Формування виробів, комплектація і обробка виробів, транспортування і складування готових виробів.

IV. Комплектація готових виробів на транспорт і комплектна поставка на будівництво.

V. Енергетичне і ремонтне забезпечення виробництва

Найбільш трудомістким і дорогим технологічним переділом є формування виробів з комплектацією і складськими транспортними операціями по їх відправці. Тому провідними цехами на ЗБК є формувальні цехи – тут створюється кінцева продукція заводу.

Розглянемо основні особливості технологічних переділів при виробництві

збірних залізобетонних виробів.

Приготування бетону було розглянуте раніше і тому тут не розглядається.

Армування залізобетонних виробів виробляється звичайною і переднапруженою арматурою. При армуванні звичайною арматурою заготовка арматурних стрижнів і збірка каркасів виробляється в арматурному цеху з виконанням наступних технологічних операцій: очищення від іржі, правка, стиківка, різання, гнуття арматури, заготовка плоских каркасів на верстатах, укрупнена збірка просторових каркасів. Всі технологічні операції добре піддаються механізації і автоматизації.

Переднапружене армування виробів класифікують:

а) за класом арматури:

- пруткова арматура, пасма;
- високоміцний дріт;

б) за методом натягнення:

- механічне;
- електротермічне;
- безперервне (електромеханічне і механічне);

в) за передачею зусилля:

- на форми;
- на упори;
- на затверділий бетон.

Залежно від виду арматури, прийнятого методу її натягнення і передачі зусилля організовується технологія заготовки арматури і армування залізобетонного виробу.

Необхідно передбачити заходи по захисту арматури від корозії в бетоні.

25% залізобетонних виробів експлуатується в агресивному середовищі – (30 млн. м<sup>3</sup>). З них 7...7,5 млн. м<sup>3</sup> повинні забезпечити довговічність конструкцій за рахунок власної стійкості. В світі 10% металу втрачається від корозії.

***Причини корозії арматури в бетоні:***

- недоліки проектування;

- дефекти виготовлення залізобетонних виробів;
- неправильна експлуатація залізобетонних конструкцій.

Захист металу від корозії повинен бути оптимальним. Щільний цементний бетон зберігає арматуру. Це пов'язано із структурою і з складом рідкої фази. Висока лужність середовища пасивує сталь (припинення розчинення). Метал не посилає в електроліт іонів. За електрохімічною теорією при сильно лужному середовищі,  $pH > 11,8$  – утворюється фазова або адсорбційна плівка, що захищає арматуру.

#### ***Чинники, що викликають корозію металу в бетоні:***

- фізичні процеси;
- хімічні процеси;
- фізико-хімічні процеси.

Об'єм продуктів корозії металу в 2...2,5 рази більше об'єму початкового металу. Це збільшення об'єму викликає розтягуючі напруження в бетоні, викликає відколи, тріщини, що відкриває доступ агресивного середовища до арматури.

Агресивні середовища розрізняють по характеру провідного деструктивного процесу:

1. Фізичне (або механічне) поступове руйнування бетону з подальшою корозією арматури;

2. Корозія бетону – процеси, що позбавляють бетон здатності захищати арматуру, що приводить до руйнування бетону від тиску продуктів корозії арматури:

- а) в результаті зниження лужності середовища;
- б) в результаті дії легко-вологого середовища – карбонатизація.

#### **Механізм корозії арматурної сталі в бетоні.**

Стійкий стан заліза – окислений. Ми розглянемо механізм електрохімічної корозії, оскільки рідка фаза, як правило, при агресії є електролітом.

Анодний процес – приводить до утворення подвійного шару – з гідратованих катіонів у поверхні металу і надмірних електронів в металі. Анодне розчинення металу – це порушення рівноважного стану подвійного шару, коли надмірні

електрони під дією постійного струму відводяться або поглинаються якою-небудь речовиною в електроліті. Розрізняють анодні і катодні ділянки корозії.

Анодна ділянка –  $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}$ . Катодна ділянка –  $\text{e} + \text{D} \rightarrow [\text{De}]$ . У нейтральному середовищі:  $1/2\text{O}_2 + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e} \rightarrow 2(\text{OH})^-$  і потім утворюється  $\text{Fe}(\text{OH})_2$  – важкорозчинний продукт корозії.

Карбонатизація –  $\text{CO}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{HO} \gg \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ . Насичений розчин –  $\text{CaCO}_3$  має  $\text{pH} \sim 9$ . Міцність бетону не знижується, але бетон позбавляється здатності пасивувати сталь, яка переходить в активний стан.

Капілярно-пориста структура бетону містить воду і пропускає кисень – починається корозія металу.

Ніздрюваті автоклавні цементно-вапняні бетони і гіпсобетони мають  $\text{pH} < 11,8$  і не пасивують арматуру. У цих випадках застосовують:

- спеціальні захисні покриття арматури – обмазки на основі: полістиролу, цементу і бітуму, цементно-казеїнові, цементно-латексні обмазки;
- хімічні добавки на основі нітриту, для підвищення лужності середовища (нітрит натрію).

Заставні деталі цинкуються, обробляються обмазками.

Основними заходами по захисту арматури від корозії є:

1. Забезпечення щільності бетону.
2. Суворе дотримання захисного шару бетону.
3. Обмеження розкриття тріщин.
4. Покриття бетону захисними плівками, облицювання стійкими матеріалами.
5. Покриття арматури цинком або алюмінієм.

### **11.5. Формування залізобетонних виробів**

Задача формування – отримання виробів заданої форми, розмірів, структури, міцності і заводської готовності.

Технологія формування включає 3 групи технологічних операцій:

- I. Підготовка форм і оснащення, укладання і фіксація арматури.

II. Укладання, ущільнення, ТВО бетону і обробка його відкритих поверхонь.

III. Комплектація виробу супутніми елементами і його обробка для підвищення заводської готовності конструкції.

Провідними технологічними операціями є укладання і ущільнення бетону, а також його тепловологісна обробка (ТВО).

По організації процесу формування залізобетонних конструкцій розрізняють стендовий і потоковий способи виробництва:

1. Стендовий спосіб виробництва характеризується тим, що всі технологічні операції виконуються на одному технологічному посту. 37...40% всіх виробів формується цим способом.

2. Поточковий спосіб виробництва характеризується тим, що на одному технологічному посту виконується декілька технологічних операцій. Розрізняють:

а) агрегатно-поточковий спосіб, коли форма переміщається від поста до поста за допомогою крана і на одному посту виконується декілька технологічних операцій. Пропарювання виробів здійснюється в ямних камерах. 40...45% всіх виробів формується цим способом;

б) конвеєрний спосіб, коли форма переміщається від поста до поста по рейковому шляху або іншим способом без її підйому краном і на одному технологічному посту виконується одна або декілька технологічних операцій. Пропарювання виробів здійснюється в камерах безперервної дії. 10...15% всіх виробів формується цим способом. У свою чергу конвеєри бувають пульсуючі і безперервної дії.

Останніми роками до цих двох основних способів виробництва залізобетонних виробів – стендового і поточкового – розробляється так звана гнучка технологія виробництва – ГТВ. ГТВ передбачає наявність певної номенклатури переналагоджуваних форм для виготовлення різних виробів в одних і тих же формах.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке залізобетон і які його основні складові?

2. У чому полягає принцип сумісної роботи бетону та арматури?
3. Які переваги та недоліки має залізобетон у порівнянні з іншими матеріалами?
4. Які бувають види арматури та їх призначення?
5. Які основні сфери застосування залізобетонних конструкцій?
6. Класифікація залізобетонних конструкцій
7. Як класифікують залізобетонні конструкції за способом виготовлення?
8. У чому різниця між монолітними та збірними залізобетонними конструкціями?
9. Що таке попередньо напружені конструкції та для чого вони застосовуються?
10. Як поділяють залізобетонні конструкції за призначенням?
11. Що таке просторові та плоскі залізобетонні системи?
12. Які основні вимоги до міцності залізобетонних конструкцій?
13. Що таке тріщиностійкість і як вона забезпечується?
14. Які фактори впливають на довговічність залізобетону?
15. Як здійснюється виготовлення збірних залізобетонних виробів?
16. Які особливості бетонування монолітних конструкцій?
17. Які методи використовують для попереднього напруження арматури?
18. Які заходи забезпечують морозостійкість та водонепроникність залізобетону?

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Визначити основні переваги і недоліки залізобетону.
2. Яка арматура залежно від класу застосовується в залізобетонних конструкціях?
3. Основні види залізобетону.

## ТЕМА 12

### БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ ТА СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ

#### План:

12.1. Загальні відомості

12.2. Будівельні розчини

12.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей

12.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів

12.2.3. Підбір складу, приготування і транспортування розчинів

12.2.4. Види будівельних розчинів

12.3. Сухі будівельні суміші

12.3.1. Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів

10.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення

#### 12.1. Загальні відомості

Протягом багатьох віків архітектура й будівництво були безпосередньо пов'язані з використанням мінеральних будівельних розчинних сумішей. Вапняні штукатурні розчини відомі понад 8 тис. років, гіпсові розчинові суміші використовувалися жителями Вавілону близько 6 тис. років тому. В античні часи та Середньовіччя для поліпшення технічних характеристик будівельних розчинних сумішей до їх складу вводили різні добавки й присадки, наприклад, мило, смоли, ячний білок, золу.

Сучасне будівництво пов'язано як з використанням традиційних розчинних сумішей, так і сухих модифікованих будівельних сумішей. Україна володіє багатими запасами сировинних ресурсів для виробництва сухих будівельних сумішей. Сюди можна віднести близько 30 родовищ пісків, 20 родовищ каолінів, родовища перліту в Закарпатській області, бентонітової глини в Закарпатській та Черкаській областях. Понад 20 українських підприємств виробляють необхідний для виготовлення сухих сумішей цемент, ще приблизно стільки ж підприємств

випускають товарний гіпс і вапно.

Сухі суміші вперше з'явилися на ринку України на початку 90-х років, їх адаптація у вітчизняному будівництві зайняла 5 років. На сьогодні сухі суміші практично витіснили «мокре» виробництво розчинів. Крім того, розвиток індустрії сухих сумішей сприяв виникненню нових напрямків розвитку будівельної хімії.

## 12.2. Будівельні розчини

**Будівельним розчином** називають матеріал, одержуваний в результаті затвердіння раціонально підібраної суміші в'язучої речовини (цемент, вапно та ін.), дрібного заповнювача (піску) і води, а в необхідних випадках і спеціальних добавок. До затвердіння цей матеріал називають **розчинною сумішшю**.

Залежно від виду в'язучої речовини, величини щільності і призначення прийнята наступна класифікація будівельних розчинів.

**За призначенням** розчини бувають:

- **кладочні** – для виконання кладки з цегли, штучних каменів і блоків;
- **оздоблювальні** – для оштукатурювання зовнішніх і внутрішніх поверхонь конструкції;
- **спеціальні** – декоративні, гідроізоляційні, тампонажні;
- **монтажні** – для заповнення швів між крупними залізобетонними елементами домобудування.

**За щільністю** розрізняють:

- **звичайні важкі** ( щільність більше  $1500 \text{ кг/м}^3$ ), одержувані із застосуванням щільних природних пісків;
- **легкі** (щільність менше  $1500 \text{ кг/м}^3$ ), що виготовляються на пористих заповнювачах (керамзитовий пісок, спучений перліт та ін.).

За **видом в'язучої речовини** розчини можуть бути: цементними, вапняними, гіпсовими, цементно-вапняними, вапняно-гіпсовими.

При використанні одного виду в'язучої речовини розчин називають **простим**, двох і більше видів – **складним**.

### 12.2.1. Матеріали для виготовлення розчинних сумішей

**В'яжучі речовини.** Для виготовлення будівельних розчинів, як правило, застосовують портландцемент і шлакопортландцемент, марка яких повинна бути в 3...4 рази більше марки розчину.

Повітряне вапно в розчинну суміш найчастіше вводять у вигляді вапняного тіста.

Піски для виготовлення будівельних розчинів повинні відповідати тим же вимогам ДСТУ Б В.2.7-131:2007 «Будівельні матеріали. Пісок кварцовий. Технічні умови», що і піски для виготовлення бетонів. Застосовують природні піски – кварцові, полевошпатні та штучні – дроблені з щільних і пористих гірських порід. Пористі піски (пемзовий, керамзитовий та ін.) застосовують для виготовлення легких розчинів.

Пластифікуючі **добавки** в розчинну суміш вводять для збереження зручноукладальності розчинної суміші при укладанні її на пористу основу. Цегла, ніздрюватий бетон легко вбирають у себе воду з розчинного шару, тим самим знижують зручноукладальність розчинної суміші і міцність майбутнього розчину.

Пластифікатори поділяють на **неорганічні й органічні**.

**Неорганічні** пластифікатори дозволяють одержати високоякісні, зручноукладальні, не розшаровувані розчинні суміші і збільшити міцність розчинів при невеликій витраті цементу. Функції неорганічних пластифікаторів виконують вапно, глина, зола ТЕС, діатоміт, мелений доменний шлак. Глину вводять в розчин у вигляді рідкого тіста. Витрата неорганічного пластифікатора збільшується з підвищенням частки піску. Так, для розчинів складу 1:5 (цемент:пісок) вводять 100% пластифікатору, для розчину 1:7,5 – 150% та ін.

**Органічні** пластифікатори ефективні лише для розчинів з відносно великою витратою цементу( марок 100 і вище). Передозування органічних пластифікаторів може призвести до уповільнення тверднення розчину і зниження його міцності, тому їх вводять у кількості 0,1...0,3% від маси в'яжучої речовини. Функції органічних пластифікаторів виконують омилений деревний пек, каніфольне мило, милонафт, ЛСТ,СДБ та ін. Зазначені речовини здатні втягувати в розчинну суміш

дрібні бульбашки повітря, що додають додаткову пластичність, утворюють замкнуті пори, зменшують водопоглинання і збільшують морозостійкість розчину.

**Прискорювачі тверднення** додають у розчинні суміші, призначені для зимової кладки і штукатурки. Хлористий кальцій, поташ, хлорне вапно і хлористий натрій знижують температуру замерзання розчинної суміші, прискорюють тверднення суміші.

### 12.2.2. Властивості розчинних сумішей і затверділих розчинів

Якість розчинної суміші характеризується: *рухомістю, водоутримуючою здатністю, водовідділенням та розширюванням* (ДСТУ Б В.2.7-114-2002 «Суміші бетонні. Методи випробувань (ГОСТ 10181-2000)»).

*Рухомість розчинної суміші* – здатність розтікатись під впливом власної маси або прикладених зовнішніх сил. Вона характеризується глибиною занурення стандартного конуса в розчинну суміш протягом певного часу. У табл. 12.1 наведені марки розчинної суміші за рухомістю.

Таблиця 12.1

Марки розчинної суміші за рухомістю

Марки розчинної суміші за рухомістю	Глибина занурення конуса, см	Призначення розчинної суміші
П 4	Від 1 до 4 включно	Бутова кладка, ущільнення вібруванням
П 8	Вище 4 до 8 включно	Бутова кладка звичайна із пустотної цегли і каменю, монтаж стін із крупних блоків і панелей, розшивка горизонтальних і вертикальних швів у стінах із панелей і блоків, облицювальні роботи
П 12	Вище 8 до 12 включно	Кладка із звичайної цегли і різного виду каменя, штукатурні й облицювальні роботи.
П 14	Вище 12 до 14 включно	Заповнення пустот у бутовій кладці

Одним із способів підвищення рухливості розчинної суміші є збільшення вмісту води, для забезпечення міцності розчину збільшують і витрату цементу. Більш раціональний спосіб – введення пластифікуючих добавок.

**Водоутримуюча здатність** – це здатність розчинної суміші утримувати воду при нанесенні на пористу основу або при транспортуванні. Якщо розчинну суміш з малою **водоутримуючою** здатністю нанести на пористу поверхню, то розчинний шар швидко зневодниться в результаті відсмоктування води в пори. У цьому випадку затверділий розчин буде пористим і неміцним.

Чим менше **водоутримуюча** здатність розчинної суміші, тим імовірніше її розшарування при транспортуванні (пісок осідає вниз, вода виявиться нагорі). Одним зі способів збільшення **водоутримуючої** здатності є введення мінеральних порошків (вапна, глини) або загущуючих водорозчинних полімерних добавок (метилцелюлоза, карбоксиметилцелюлоза та ін.).

**Розшаровуваність** розчинної суміші визначають порівнянням маси заповнювача у нижній і верхній частинах щойно відформованого ущільненого зразка.

Основними показниками якості затверділого розчину є **міцність і морозостійкість**.

Міцність будівельних розчинів характеризується маркою, обумовленою за границею міцності при стиску зразків-кубів розміром  $70,7 \times 70,7 \times 70,7$  мм. Випробовувані зразки тверднуть на повітрі 28 доби при температурі  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ . За міцністю на стиск, вираженою в  $\text{кгс}/\text{см}^2$ , будівельні розчини поділяють на марки: 4; 10; 25; 50; 75; 100; 150; 200. Для виготовлення розчинів марок 4; 10; 25 застосовують вапно і місцеві в'язучі речовини. Розчини більш відповідальних марок, як правило, одержують на змішаному вапняно-цементному, цементно-глиняному і цементних в'язучих речовинах.

Міцність цементного розчину за умови його нанесення на щільну поверхню залежить від активності цементу і цементно-водного відношення. Зазначену залежність описує рівняння:

$$R = 0,4 R_{\text{ц}} (\text{Ц/В} - 0,3),$$

де  $R_{\text{ц}}$  – активність цементу;

$\text{Ц/В}$  – цементно-водне відношення;

Для розчинів, покладених на пористу основу, міцність зв'язують у першу чергу з витратою в'язучої речовини:

$$R = k R_{\text{ц}} (\text{Ц} - 0,05) + 4,$$

де  $\text{Ц}$  – витрата цементу;

$k$  – залежить від якості піску: для крупного – 2,2; для середнього – 1,8; для дрібного – 1,4.

**Морозостійкість** розчинів визначається кількістю циклів «заморожування і відтавання» до втрати 25% початкової міцності (або 5% від маси). Розчини для кам'яної кладки зовнішніх стін і зовнішньої штукатурки мають марки за морозостійкістю F10, F15, F25, F35 і F50. З урахуванням вологих умов експлуатації марка розчину задовольняє і більш високі вимоги по морозостійкості: F100; F150; F200; F300.

### 12.2.3. Підбір складу, приготування і транспортування розчинів

Підбір складу будівельного розчину виконують, виходячи з необхідної марки розчину, рухливості, призначення розчину й умов провадження робіт. Склад розчину виражається кількістю вихідних матеріалів для одержання 1 м<sup>3</sup> розчинної суміші або співвідношенням сухих компонентів за масою або об'ємом, при цьому витрату основної в'язучої речовини приймають за 1. Приклад: склад будівельного розчину, в якому на 1 частину цементу приходиться 0,7 частин вапна і 6 частин піску, записується так: 1:0,7:6.

**Приготування розчинних сумішей.** Розчини готують у вигляді готових до застосування сумішей або у вигляді сухих сумішей, які затворюються водою перед використанням.

Процес приготування розчинної суміші складається з дозування вихідних матеріалів, завантаження їх у барабан розчинозмішувача і перемішування до одержання однорідної маси в змішувачах періодичної дії з примусовим перемішуванням. За конструкцією розрізняють розчинозмішувачі з горизонтальними і вертикальними лопатевими валами (турбулентній). Місткість по готовому замісу змішувача з горизонтальними лопатями – 30; 65; 80; 250; 900 л, турбулентного змішувача – 65; 500; 900 л. Для полегшення перемішування вапно і глину вводять в суміш у вигляді вапняного або глиняного молока. Органічні пластифікатори попередньо перемішують з водою протягом 30...45 с, потім завантажують основні компоненти. Середня тривалість перемішування розчинів – не менше 3 хв. У зимових умовах пісок і воду підігрівають до температури 60°C. Перевезення будівельних розчинних сумішей здійснюють самоскидами (10 км), розчинобетозмішувачами. Терміни зберігання розчинних сумішей залежать від виду в'язучої речовини та обмежуються за зниженням зручноукладальності. Цементні розчини необхідно використовувати протягом 2...4 годин після виготовлення.

#### **12.2.4. Види будівельних розчинів**

***Розчини для кам'яних кладок та монтажу*** виготовляють з використанням:

- портландцементу та шлакопортландцементу (для монтажу стін із панелей та бетонних і цегляних блоків, для звичайної кладки);
- вапна, вапняно-шлакових та вапняно-пуцоланових в'язучих речовин (для малоповерхового будівництва);
- пуцоланових та сульфатостійких портландцементів (для конструкцій, які експлуатуються в умовах впливу агресивних середовищ).

***Монтажні розчини*** виготовляють на основі портландцементу, розширеного й безусадочного цементів і використовують для замонолічування стиків елементів збірних залізобетонних конструкцій.

До монтажних розчинів також відносять опоряджувальні розчини – звичайні штукатурні й декоративні.

*Зовнішня штукатурка* виконує функцію оздоблення і вирішує завдання захисту основи від вологи, забезпечує вологообмін між будівельним елементом і зовнішнім середовищем, стійкість до дії морозу і зміни температур.

*Внутрішня штукатурка* виконується з розчинів на основі вапна і обумовлює мікроклімат у приміщенні.

*Декоративна кам'яна* штукатурка застосовується для імітації різних гірських порід і складається з портландцементу, вапняного тіста, мармурового борошна, мармурового дрібняка, слюди та пігменту

**Спеціальні розчини** – це:

- *розчини для заповнення швів* (готують на портландцементі та чистому кварцовому піску);

- *гідроізоляційні* (готують на цементах М 400 і вище);

- *тампонажні* (готують залежно від умов експлуатації на сульфатостійких, пуцоланових цементах, а також з використанням шлакопортландцементу та звичайного портландцементу.

- *акустичні* (повинні мати середню щільність 600...1200 кг/м<sup>3</sup>, яка забезпечується обмеженим вмістом в'язучої речовини);

- *рентгенозахисні* (повинні мати середню щільність більше 2200 кг/м<sup>3</sup>, у якості заповнювачів використовують барит і порошок бариту).

### **12.3. Сухі будівельні суміші**

*Сухі будівельні суміші* – це порошкоподібні композиції, що складаються з мінеральної або органічної в'язучої речовини, наповнювачів і заповнювачів, добавок, які виготовляють у заводських умовах.

Переваги сухих сумішей порівняно з традиційними розчинами і бетонами:

- мінімум доводочних технологічних операцій для приведення сухих сумішей у робочий стан – достатньо затворити водою;

- зниження на 5...7% відходів розчинів у результаті порційного дозування;

- економія на 10...15% цементу за рахунок використання пластифікуючих і водоутримуючих добавок;

- стабільність складу сухих сумішей в результаті точного дозування компонентів і ефективного їх змішування;
- підвищення в 1,5...3 рази продуктивності праці будівельників;
- скорочення на 10...15% транспортних витрат і підвищення якості робіт при одночасному зниженні трудоемкості і технологічних процесів.

### **12.3.1. Класифікація сухих будівельних сумішей і характеристика вихідних матеріалів**

Сухі будівельні суміші класифікують за призначенням :

- для вирівнювання стін і стелі (штукатурні розчини, розчини для монтажу гіпсокартонних виробів);
- для влаштування підлоги (основи під покриття, несучі підлоги);
- для плиткових робіт (плиткові розчини, затирки для швів);
- для малярних робіт (шпатлівки, фарби);
- для мурування (розчини для мурування, укладання газобетонних блоків, пазогребневих перегородок);
- для виконання гідроізоляційних робіт (розчини для штукатурної та обмазувальної гідроізоляції);
- для виконання теплоізоляційних робіт (клеї для приклеювання теплоізоляційних матеріалів, розчини для вирівнювання).

Вихідні матеріали поєднані в такі основні групи:

- мінеральні в'язучі речовини (білий та кольоровий портландцемент, глиноземистий і вогнетривкий цемент, гіпсові в'язучі речовини, вапно);
- органічні в'язучі речовини (дисперсні полімерні порошки на основі термопластичних полімерів (вінілацетату, етилену, вінілхлориду, акрилату та ін.);
- наповнювачі та заповнювачі (природні дисперсні речовини – глини, доломіт, мармурове борошно, аморфний кремнезем, крейда, кварцовий пісок, механічно-дисперговані слюда, тальк, вермикуліт, перліт, азбест);
- добавки (водоутримуючі, пластифікатори, піногасники, пігменти, емульгатори, регулятори тужавлення, гідрофобізатори, пороутворювачі,

стабілізатори та ін.).

До водоутримуючих добавок відносять метилцелюлозу та порошки на її основі, бентонітову глину.

У вигляді пластифікаторів застосовують продукти конденсації нафталінсульфокислоти і формальдегіду й комплексні добавки на їх основі.

У вигляді піногасників використовують матеріали, виготовлені на основі кремнійорганічних речовин, ефірів вищих жирних спиртів.

Як пігменти застосовують неорганічні речовини, що за хімічним складом є оксидами титану, феруму та хрому або солями, наприклад, залізну лазур. Використовують також органічні речовини – фталоціанінові пігменти блакитного, зеленого і червоного кольорів.

### **12.3.2. Характеристика сухих будівельних сумішей різного призначення**

**Мурувальні розчини (розчини для кам'яної кладки)** отримують на базі цементу та гідравлічного вапна марок М 100 і М 200. Заповнювачами є кварцовий або вапняковий пісок. Такі розчини за призначенням класифікують на три групи:

- для звичайної цегли і блоків;
- для склеювання при муруванні тонкостінних блоків;
- для теплоізоляційної і силікатної цегли з покращеними теплоізоляційними властивостями.

**Сухі суміші для гідроізоляційних робіт** застосовують у вигляді фарбової або штукатурної гідроізоляції. Фарбова гідроізоляція – це багат шарове покриття складами на основі бітумно-полімерних мастик, а також на основі епоксидних поліуретанових та акрилових смол.

Штукатурна гідроізоляція – це покриття товщиною 5...20 мм із полімерцементних композицій.

**Клеї для облицювальних робіт** – це еластичні, адгезивні та тиксотропні речовини, за допомогою яких приклеюють плитку до поверхонь будівель та споруд. Комплекс властивостей не дозволяє плитці сповзати з поверхні, компенсує навантаження між плиткою і поверхнею, яке виникає внаслідок дії

усадовчих, температурних та інших деформацій.

**Затиральні суміші (фуги)** – це декоративні кольорові склади, які використовують для зовнішніх і внутрішніх робіт при заповненні швів між плитками з метою надання закінченого декоративного вигляду облицюванню. Ці матеріали сприймають частину напружень, що виникають на всій поверхні покриття, захищають конструкції від механічного пошкодження та проникнення води, мають добру адгезію до всіх частин плитки, низьку усадку, достатню еластичність, опір стиранню, ударну міцність. Затиральні розчини поділяють на :

- сірі (для покриття підлог);
- швидкотверднучі (для зовнішніх та внутрішніх робіт);
- еластичні (з гідрофобними властивостями);
- високоякісні фінішні забарвлені.

**Полімермінеральні штукатурки** – поділяють на цементні та гіпсомісткі.

Склади на основі цементу призначені для оздоблювання фасадів і містять цемент, вапно, наповнювач, полімерний компонент, уповільнювач тужавіння, водоутримуючий компонент.

Гіпсомісткі штукатурки призначені для оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень. Вони складаються з гіпсу, вапна, наповнювачів, уповільнювачів тужавіння, водоутримуючого компоненту. Основними перевагами гіпсомістких сумішей є висока міцність і твердість, швидкість тужавіння, низька звукопровідність, добра хімічна стійкість і вогнетривкість.

**Суміші для підлог та стяжок (наливні підлоги)** поділяють на:

- звичайні, використовують для ремонтних робіт на невеликій площі наносять вручну;
- швидкотужавіючі, застосовують як підшар на великих поверхнях, товщиною від 15 мм;
- високоякісні швидкотужавіючі, застосовують на великих поверхнях, товщиною від 5 до 10 мм.

Підлоги повинні мати високі показники якості за міцністю, деформативністю, зносостійкістю, тріщиностійкістю та декоративністю. Таким

комплексом властивостей відрізняються наливні підлоги, отримані з використанням полімерних в'язучих речовин. У якості мінеральних в'язучих матеріалів використовують портландцемент, високоалюмінатний цемент, гіпс, ангідридовий цемент. Заповнювачем є кварцовий пісок, наповнювачем карбонатні породи або зола.

*Сухі фарбові суміші (порошкові полімерні фарби)* представляють собою дрібнодисперсну суху суміш, що складається із твердих полімерів, наповнювачів, пігментів та спеціальних добавок. Основною сировиною є епоксидні, поліефірні, поліуретанові смоли та поліетилен, полівінілхлорид. Порошкові полімерні фарби використовують в зв'язку з підвищенням вимог до охорони навколишнього середовища та високою вартістю природних масел, вони не містять органічних барвників.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке будівельний розчин і які його основні складові?
2. Як класифікують будівельні розчини за призначенням?
3. Як класифікують розчини за видом в'язучої речовини?
4. Що таке розчинна суміш і чим вона відрізняється від затверділого розчину?
5. Які властивості будівельного розчину визначають його якість?
6. Що таке рухливість, водоутримувальна здатність і розшаровуваність розчину?
7. Які бувають способи приготування будівельних розчинів?
8. Які чинники впливають на міцність розчину після твердіння?
9. Які види розчинів застосовують для мурування, а які — для штукатурення?
10. Які вимоги до розчинів, що працюють у вологих та агресивних середовищах?
11. Як досягають необхідної зручноукладальності та водоутримуючої здатності розчинної суміші?

12. У чому полягає склад змішаних розчинів?
13. Області застосування будівельних розчинів.
14. Які види декоративних розчинів ви знаєте?
15. Що таке суха будівельна суміш і які її переваги перед звичайними розчинами?
16. Як класифікують сухі суміші за призначенням?
17. Які основні компоненти входять до складу сухих будівельних сумішей?
18. Які функції виконують модифікуючі добавки у сухих сумішах?
19. Які види сухих сумішей застосовують для кладки, вирівнювання та оздоблення поверхонь?
20. Як відбувається приготування робочої суміші із сухої?
21. Які вимоги до зберігання сухих будівельних сумішей?
22. Як визначають термін придатності сухої суміші?
23. Які фактори впливають на адгезію сумішей до основи?
24. Які особливості використання швидкотвердіючих сухих сумішей?
25. Як будівельні розчини відрізняються від сухих будівельних сумішей?
26. Наведіть характеристики сухих будівельних сумішей різного призначення.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Як досягають необхідної легкоукладальності та водоутримуючої здатності розчинної суміші.
2. У чому полягає сутність змішаних розчинів?
3. Області застосування будівельних розчинів.
4. Наведіть характеристики сухих будівельних сумішей різного призначення.

## ТЕМА 13

### БІТУМНІ ТА ДЬОГТЬОВІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ, МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ

#### **План:**

- 13.1. Загальні відомості
- 13.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих речовин
- 13.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих речовин
- 13.4. Асфальтобетонні розчини

#### **13.1. Загальні відомості**

**Бітуми та дьогті** являють собою органічні матеріали аморфної структури до складу яких входять високомолекулярні вуглеводні та їх похідні.

Застосування бітумів було відоме давно, однак література тривалий час майже не згадувала про бітуми або асфальти. За 700 років до нашої ери у Вавилоні природний полімер-бітум застосовувався як цементуючий і водостійкий матеріал при будівництві каналу під рікою Євфрат. У 1300 р. італійський мандрівник Марко Поло вперше вказав на поклади «рідкого асфальту» в Баку. В нашій країні асфальти і бітуми почали застосовувати в 40-ві роки XIX ст., спочатку в дорожньому будівництві, а потім при виробництві лаків, фарб і гідроізоляційних матеріалів.

Бітуми та дьогті поєднують близькість складу і структури і, як наслідок, подібність основних властивостей.

До бітумних матеріалів відносяться:

- **природні** бітуми – грузлі рідкі або твердоподібні речовини, що являють собою продукти природного окислювання нафти, які складаються із суміші вуглеводнів та їх неметалічних похідних (сірки, азоту, кисню та ін.);

- **асфальтові** породи – пористі гірські породи (вапняки, доломіти, піщаники, глини, піски), просочені бітумом. Зі структури зазначених гірських порід екстрагують бітум або подрібнені породи і одержують асфальтовий порошок;

- **нафтові** бітуми – одержують шляхом заводської переробки нафти. Залежно від технології переробки бітуми можуть бути: *окисленими, остаточними, крекінговими*.

Дьогті одержують у результаті сухої перегонки твердих видів палива: кам'яного вугілля, торфу або нафти, пальних сланців.

Дьогтьові в'язучі речовини підрозділяють на наступні види:

– **сирий кам'яновугільний** дьоготь, одержуваний коксуванням (1000°...1300°С) або напівкоксуванням (500°...600°С), що являє собою в'язку темно-буру рідину, яка складається з насичених і ненасичених вуглеводнів і фенолу;

– **відігнаний** дьоготь одержують із сирого дьогтю шляхом видалення води і легких і середніх масел. Цей процес здійснюється при температурі 300...360°С.

– пек – твердий, залишковий продукт перегонки кам'яновугільної смоли, не розчиняється у воді, розчинний в органічних розчинниках.

За призначенням бітумні й дьогтьові матеріали бувають:

- дорожніми;
- гідроізоляційними;
- герметизуючими;
- покрівельними;
- антикорозійними та ін.

### **13.2. Властивості бітумних і дьогтьових в'язучих речовин**

Бітуми та дьогті називають чорними в'язучими речовинами, тому що вони мають чорний або темно-бурий колір. На відміну від кристалічних матеріалів, що володіють аморфною структурою, не мають визначеної температури плавлення. Поступовий перехід їх твердого стану в рідкий при підвищенні температури не приводить до зміни основних властивостей, отже, чорні в'язучі речовини термопластичні.

У зв'язку з тим, що використання бітумів засноване на їх властивості переходити при нагріванні з твердого стану в пластичний, а також з огляду на умови роботи покрівельних матеріалів, для бітумів згідно з ДСТ передбачені такі

показники якості:

– *температура розм'якшення*, що характеризує теплостійкість і ступінь розм'якшення бітумів при нагріванні (прилад «Кільце і куля» (рис. 13.1);

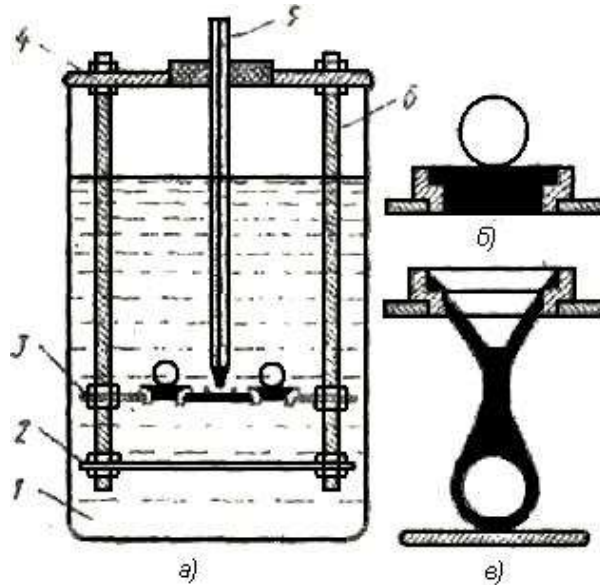


Рис. 13.1. Визначення температури розм'якшення бітуму:

а – схема приладу «Кільце і куля»; б – положення кульки на початку випробування; в – положення кульки наприкінці випробування; 1 – склянка;  
2 – диск нижній; 3 – диск середній з зразками; 4 – диск верхній; 5 – термометр;  
6 – кріпильні стрижні

– *твердість*, знаходять за глибиною проникання в бітум голки приладу пенетрометра (рис. 13.2.);

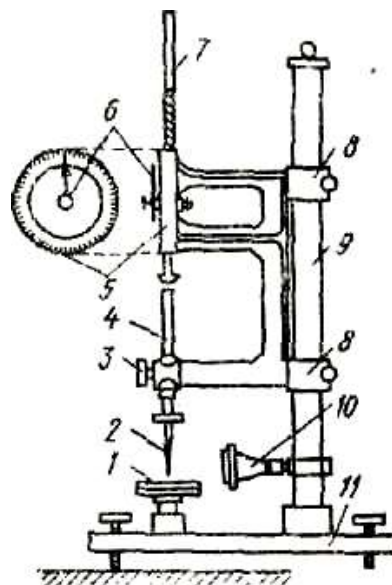


Рис. 13.2. Визначення твердості бітуму: 1 – столик; 2 – голка; 3 – затискний пристрій; 4 – стрижень голкотримача; 5 – циферблат; 6 – стрілка; 7 – штанга;  
5 – кронштейн; 9 – штатив; 10 – дзеркало; 11 – підставка

– **розтяжність** (дуктильність) характеризується абсолютним подовженням зразка бітуму при температурі 25°C, встановленим на приладі дуктилометра (рис. 13.3.).

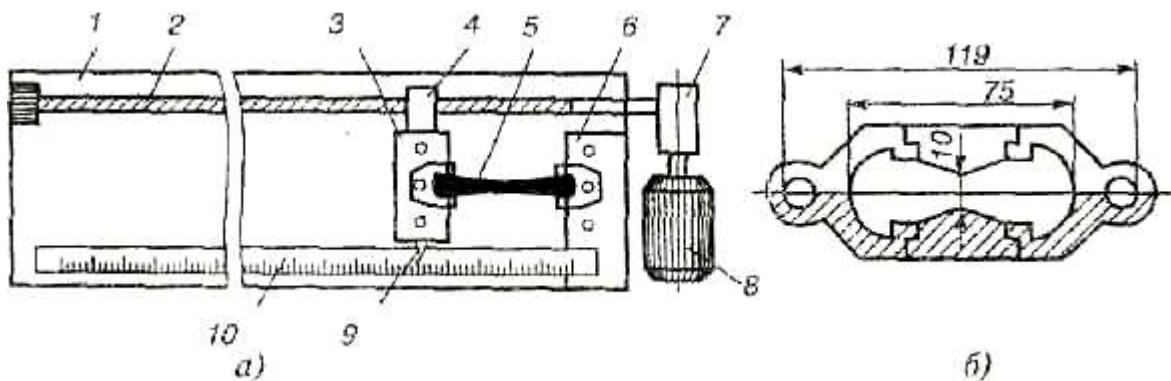


Рис. 13.3. Визначення розтяжності бітуму:

- а – дуктилометр; б – розбірна форма; 1 – ящик з оцинкованої сталі;  
 2 – гвинт; 3 – полозки; 4 – гайка; 5 – зразок бітуму; 6 – нерухома опора;  
 7 – редуктор; 8 – електродвигун; 9 – стрілка; 10 – лінійка (по неї фіксується подовження в момент розриву)

Перераховані вище властивості визначають марку бітумів, умовне позначення якої включає букви, що позначають застосування бітуму, і цифри, що характеризують його основні властивості. Наприклад, бітуми марки БН- 90/10, БНК 90/40 – бітум нафтовий будівельний і покрівельний, температура розм'якшення 90°C, твердість 10 і 40, відповідно БНД-130/220 – бітум нафтовий дорожній з температурою розм'якшення 130°C і твердістю 220. Далі таблиця, що містить основні вимоги, до будівельних і покрівельних бітумів.

Дьогтеві в'язучі речовини являють собою складні дисперсні системи, властивості яких визначаються співвідношенням між твердими складовими, смолами та маслами. Температура розм'якшення дьогтів високих марок звичайно нижче, ніж тугоплавких бітумів, однак біостійкість матеріалів на основі дьогтьових в'язучих речовин вище в порівнянні з бітумними матеріалами. Цей факт пояснюється високою токсичністю фенолів, що містяться в дьогтях. Атмосферостійкість дьогтьових матеріалів нижче в порівнянні з бітумними, тому що дьогті містять ненасичені вуглеводні, які провокують старіння.

### 13.3. Застосування бітумних і дьогтьових в'язучих речовин

З огляду на специфічні властивості органічних в'язучих речовин, бітуми і дьогті використовуються для одержання матеріалів і виробів спеціального призначення: гідроізоляційних, герметизуючих, антикорозійних і дорожніх.

Залежно від умов роботи будівельної конструкції застосовують різні види гідроізоляції з використанням бітумних матеріалів, у тому числі *оклеювальну* і *обмазувальну*.

Для виконання обклеювальної гідроізоляції застосовують рулонні покрівельні матеріали, що можуть бути *основними* (руберойд, склоруберойд, фольгуруберойд, гідроізол) і *безосновними* (ізол).

**Руберойд** (ДСТУ Б А.1.1-15-94 «Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Терміни та визначення», ДСТУ Б В.2.7-265:2011 Руберойд. Технічні умови (ГОСТ 10923-82, MOD)) – рулонний матеріал, що виготовляється шляхом просочення покрівельного картону розплавленим легкоплавким бітумом з наступним покриттям з однієї або двох сторін тугоплавким нафтовим бітумом. В залежності від призначення руберойд підрозділяють на:

- **покрівельний** (влаштування верхнього шару покрівельного килиму);
- **підкладковий** (для нижнього шару покрівельного килиму і гідроізоляції будівельних конструкцій).

Руберойд випускають чотирьох марок: РКК-500А; РКК-500Б і В; РКМ-305Б і В; РПМ і РПП-300А, Б; РКЧ-350 Б та В. У позначення марки руберойду: букви К та П – призначення руберойду (покрівельний або підкладковий); третя буква вказує на вид посипання (К – грубозернисте, М – дрібнозернисте, П – пилоподібне, Ч – лускате). Число, що стоїть після буквенної інформації, показує масу 1 м<sup>2</sup> покрівельного картону.

**Наплавлений руберойд** – покрівельний матеріал, який наклеюють, не застосовуючи покрівельної мастики, розплавленням потовщеного нижнього покрівельного шару. При цьому поліпшуються умови праці й підвищується її продуктивність.

**Склоруберойд** (ДСТУ Б В.2.7-234:2010 «Матеріали рулонні бітумні та

бітумно-полімерні на скловолокнистій основі покрівельні та гідроізоляційні. Технічні умови») – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал. Отримують шляхом двостороннього нанесення бітумної в'язучої речовини на скловолокнисте полотно. Застосовують для покрівельного килиму й обклеювальної гідроізоляції.

**Фольгоізол** (ДСТУ Б В.2.7-272:2011) – рулонний гнучкий і теплостійкий матеріал з тонкої рифленої алюмінієвої фольги, покритої з нижньої сторони шаром бітумно-гумового або бітумно-полімерного сполучного, змішаного з мінеральним наповнювачами і антисептиком.

**Гідроізол** (ДСТУ Б В.2.7-262:2011 «Гідроізол. Технічні умови (ГОСТ 7415-86 MOD)») – безпокровний біостійкий рулонний матеріал, що отримується просоченням азбестового паперу нафтовим бітумом, застосовується для гідроізоляції підземних споруд і плоских покрівель.

**Ізол** (ДСТУ Б В.2.7-279:2011 «Ізол. Технічні умови (ГОСТ 10296-79, MOD)») – безосновний рулонний матеріал, що отримується у результаті прокатки в полотнину гарячої пластичної маси, що складається з бітуму і бітумно-полімерної в'язучої речовини, наповнювача, дрібномолотих відходів гуми. Застосовується для паро- і гідроізоляції, має високу довговічність, міцність при розтягу, водопоглинання, еластичний при негативних температурах.

**Пергамін** (ДСТУ Б В.2.7-260:2011 «Пергамін покрівельний. Технічні умови (ГОСТ 2697-83, MOD)») – рулонний покрівельний матеріал на основі картону, просоченого нафтовим бітумом з температурою розм'якшення 40°C. Він є підкладковим матеріалом під руберойд і використовується для пароізоляції. Пергамін не має покривного шару бітуму і посипання.

**Лінокром** (ТУ 5774-002-13157915-98 «Матеріал рулонний. Покрівельний і гідроізоляційний, що наплавляється») – покрівельний та гідроізоляційний матеріал для влаштування покрівель дахів із невеликим нахилом, а також для гідроізоляції фундаментів будівель і споруд. Складається з міцної основи, що не гниє (склотканина, склохолст, поліефірне полотно), на яку з обох сторін наносять бітумну масу. Нижня сторона лінокрому закрита легкоплавкою полімерною

плівкою, верхня – плівкою або мінеральною посипкою. Гарантійний термін служби – більше 20 років.

**Уніфлекс** (ДСТУ Б В.2.7-260:2011 «Пергамін покрівельний. Технічні умови (ГОСТ 2697-83, MOD)») – рулонний покрівельний і гідроізоляційний матеріал, призначений для влаштування покрівельного килиму будівель та споруд різного призначення, гідроізоляції фундаментів, мостів, тунелів. Має основу зі склотканини, нетканого поліефірного полотна. З обох сторін покривається модифікованою полімерно-бітумною сумішшю (стирол-бутадієн, стирол-бітум). Міцність уніфлексу при розтягу в разі використання у якості основи склотканини – до 8 МПа, склополотна – до 6 МПа, абсолютна водонепроникність, температура розм'якшення – +100°C. Модифікатором бітуму є каучук стирол-бутадієн-стирол (СБС).

**Техноеласт** (ДСТУ Б В.2.7-83:2014 «Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Методи випробувань») – рулонний матеріал, призначений для влаштування покрівель із невеликим нахилом, а також для гідроізоляції, коли ставляться підвищені вимоги щодо надійності та довговічності. Має основу, просочену бітумом, модифікований штучним каучуком СБС. Легко вкладається в холодну пору року і не стає надто м'яким у теплу, сонячну погоду, при охолодженні до температури –25°C має гнучкість, температура розм'якшення становить +110...115°C, міцність при розтягу на основі склотканини – 8 МПа, на основі поліефірної тканини – 3 МПа.

**Толь** (ДСТУ Б В.2.7-101-2000 (ГОСТ 30547-97) «Матеріали рулонні покрівельні та гідроізоляційні. Загальні технічні умови») – рулонний матеріал, який одержують просоченням і покриттям покрівельного картону кам'яновугільними або сланцевими дьогтями без посипки і з посипкою мінеральною крихтою. Використовують як підкладковий матеріал для влаштування багатошарових покрівель, для паро- і гідроізоляції, для покрівель тимчасових споруд, гідроізоляції фундаментів.

Фарбувальна гідроізоляції виконується з використанням покрівельних і гідроізоляційних мастик.

**Мастиками** називають пластичні штучні суміші органічних речовин з мінеральними заповнювачами і добавками. Залежно від вихідної в'язучої речовини мастики бувають:

- бітумними;
- бітумно-гумовими;
- дьогтьовими та ін.

З метою полегшення нанесення складу на поверхню, що захищається, мастику розігрівають (гаряча мастика) або вводять органічний розчинник (холодна мастика). Найбільше застосування в будівництві для виконання покрівлі і гідроізоляції будівельних конструкцій знайшли наступні мастичні склади: МБК-Г-55( 65, 75, 85, 100) – бітумна покрівельна гаряча з теплостійкістю 55...100°C, МБР-Г-55( 65, 75, 85, 100) – бітумна з наповнювачем з гумової крихти; МББГ-90(80) – гаряча бітумно-каучукова. Холодні мастики, як правило, містять органічний розчинник, добре склеюють бітумні і рулонні матеріали між собою, приклеюють їх до погрунтованої основи. Найбільш поширена холодна бітумна мастика марки МБК-Х-1. До недоліків гарячих мастик відносяться їх нестабільність, велика витрата енергії на виробництві, низькі експлуатаційні властивості при атмосферних впливах. При роботі з холодними мастиками випаровується шкідливий для здоров'я людини розчинник. У сучасному будівництві все більшу популярність здобувають бітумно-емульсійні мастики, що являють собою рівномірно розподілені у воді дрібні частки бітуму, покриті шаром твердого або рідкого емульгатора. Ці мастики екологічно нешкідливі, гігієнічні, пожежо- і вибухобезпечні.

#### **13.4. Асфальтобетонні розчини**

Асфальтобетонні розчини є важливим матеріалом для пристрою дорожніх і аеродромних покриттів, підлог промислових підприємств.

**Асфальтобетон** – штучний будівельний матеріал, одержуваний у результаті затвердіння ущільненої асфальтобетонної маси, що складається з ретельно перемішаних компонентів: щебеню, піску, мінерального порошку і бітуму.

Асфальтобетон, що не містить крупний заповнювач, називається **асфальторозчином**.

За видом крупного заповнювача асфальтобетон поділяють на щебеневий і гравійний. Залежно від марки застосовуваного бітуму і температури укладання поділяється – на гарячі (120°C), теплі (70°C), і холодні, приготовлені на рідких бітумах або бітумних емульсіях, які укладають при температурі навколишнього середовища не нижче 5°C.

Залежно від розміру зерен заповнювача гарячі й теплі асфальтобетони розділяють на грубозернисті – найбільший розмір зерен до 40 мм; дрібнозернисті – до 20 мм; піщані – з найбільшим розміром зерен до 5 мм.

**Асфальтові бетони** можна подати як суміш асфальтового розчину і крупного заповнювача; у цьому разі кількість асфальтового розчину повинна на 10...15% перебільшувати пустотність щебеню. У асфальтобетоні вміщується 5...8% бітуму. Щільність асфальтобетону – важлива характеристика. Звичайно пористість асфальтобетону складає – 5...7%. Чим вище пористість, тим менше довговічність асфальтобетону, тому що при цьому зростає водопоглинання, знижується корозійна стійкість і морозостійкість (остання є головним фактором руйнування дорожніх покриттів). Щільні асфальтобетони (пористість < 5%) практично водонепроникні і можуть застосовуватися як гідроізоляційний матеріал.

На відміну від бетонів на мінеральних в'язучих речовинах міцність асфальтових бетонів і розчинів помітно змінюється при коливаннях температури. Так, якщо при 20°C міцність асфальтобетону складає 2,2...2,4 МПа, то при 50°C – тільки 0,8...1,2 МПа. При цьому знижується модуль пружності і зростає повзучість асфальтобетону.

Асфальтові бетони більш стійкі до корозійних впливів, ніж цементні, але бояться впливу рідкого палива і масел. Зносостійкість асфальтових бетонів вище, ніж цементних. Асфальтові бетони і розчини застосовують для верхніх покриттів доріг, аеродромів, підлог промислових будівель, плоских покрівель, стяжок, а також у гідротехнічних спорудах для створення гідроізоляційних шарів та екранів і заповнення компенсаційних швів.

**Технологія асфальтобетону.** Для одержання пластичної зручноукладальної асфальтобетонної суміші використовують два методи:

- нагрівання суміші до 140...170°C для повного розрідження бітуму;  
- приготування суміші на рідких бітумах, гудронах (з наступним тужавінням за рахунок випару летких компонентів) або на бітумних емульсіях (тужавіння відбувається після випару води).

Кращу якість мають «гарячі» асфальтобетони.

Укладають і ущільнюють асфальтобетонні суміші за допомогою спеціальних асфальтоукладчиків і важких ковзанок. При малих обсягах робіт можливе ручне ущільнення.

Довговічність асфальтобетону багато в чому залежить від якості укладання і забезпечення його зчеплення з нижче лежачими шарами; на довговічність істотно впливає також якість основи.

Бетони, аналогічні асфальтовим, можуть бути отримані на *дьюгтьових в'язучих речовинах*, але їх використання дозволене лише для дорожніх покриттів поза населеними пунктами.

Для підвищення якості асфальтобетонів бітуми модифікують полімерами (поліетиленом, поліпропіленом, синтетичними каучуками); з цією метою раціонально використовувати вторинну полімерну сировину і промислові відходи.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке бітум і з яких компонентів він складається?
2. Які бувають види бітумів за походженням?
3. Чим відрізняється нафтовий бітум від природного?
4. Як визначають температуру розм'якшення і температуру крихкості бітуму?
5. Які існують марки нафтових бітумів та їх призначення?
6. Як впливає модифікація бітуму полімерними добавками на його властивості?
7. У яких сферах будівництва найчастіше застосовують бітум?
8. Що таке бітумна емульсія та де вона використовується?
9. Які вимоги до зберігання та транспортування бітуму?
10. Що таке дьюготь і як його отримують?
11. Які види дьюгтьових в'язучих застосовують у будівництві?

12. Чим дьогтьові в'яжучі відрізняються від бітумних за складом та властивостями?
13. Які недоліки дьогтьових матеріалів обмежують їх застосування?
14. Які методи підвищення довговічності дьогтьових матеріалів існують?
15. Де використовують дьогтьові в'яжучі речовини у дорожньому будівництві?
16. Як визначають адгезію дьогтьових в'яжучих до мінеральних матеріалів?
17. Які заходи безпеки слід дотримуватись при роботі з дьогтьовими матеріалами?
18. Чому в сучасному будівництві дьогті поступово замінюють бітумами?
19. Які екологічні проблеми пов'язані з використанням дьогтьових матеріалів?
20. Які загальні властивості бітумів і дьогтів? У чому їх відмінність?
21. Якими властивостями характеризується марка бітуму?
22. Які марки руберойду ви знаєте? Які технічні характеристики наведені у позначенні марки руберойду?
23. Наведіть характеристики матеріалів на основі бітумних і дьогтьових в'яжучих речовин.
24. Які рулонні матеріали, вироблені на їх основі, ви знаєте?
25. Які матеріали на основі бітумних в'яжучих речовин використовують для виконання обмазувальної гідроізоляції?
26. Що таке асфальтобетон і асфальторозчин? Які матеріали використовують для їх одержання?
27. Якими властивостями характеризується якість асфальтобетонів і асфальторозчинів?

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання матеріалів на основі бітуму для ізоляційних робіт.
2. Навести приклади використання матеріалів на основі дьогтю.
3. Розшифрувати марки руберойду РКК-420А, РКК-420Б, РКК-350Б, РКЧ-450Б, РКП-350А, РКП-350Б, РПП-300А, РПП-300Б, РПЭ-300.
4. Навести позитивні та негативні властивості матеріалів на основі бітуму.

## ТЕМА 14

### ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ

#### **План:**

- 14.1. Загальні відомості
- 14.2. Класифікація полімерних речовин
- 14.3. Склад і властивості пластмас
  - 14.3.1. Склад пластмас
  - 14.3.2. Властивості пластмас
- 14.4. Технологія виробництва пластмас
- 14.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів
  - 14.5.1. Конструкційні полімерні матеріали
  - 14.5.2. Облицювальні полімерні матеріали
  - 14.5.3. Полімерні матеріали для покриттів підлог
  - 14.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали

#### **14.1. Загальні відомості**

*Полімерними речовинами* називають високомолекулярні сполуки, які складаються з елементарних (мономерних) ланок, об'єднаних у макромолекули різної будови.

Початок широкому використанню полімерів поклав винахід целулоїду, створеного в 1845 р. на основі целюлози братами Хайет.

Пізніше, в 1872 р. німецький хімік Байєр шляхом з'єднання фенолу з формальдегідом у присутності соляної кислоти синтезувала нову полімерну речовину, яка швидко завоювала популярність. На основі фенольних смол і сьогодні отримують високоміцні, хімічно стійкі, електроізоляційні вироби, що з успіхом замінюють металеві. У наступні роки було синтезовано багато нових полімерів і пластмас. Велике поширення одержали прозорі пластмаси, що замінюють крихке скло. Найбільш придатним для цих цілей виявився поліметилметакрилат, одержуваний з ацетону, синильної кислоти й метилового

спирту (органічне скло). В 1940 р. німецький хімік Мюллер і незалежно від нього руський вчений Адріанов отримали перші силіконові пластмаси, молекули яких поряд з вуглецем містять кремній. Завдяки вмісту кремнію в полімерному ланцюзі пластмаси придбали нові цінні властивості: вони відрізняються високою теплостійкістю, (до 500°C), стійки до дії води, кислот і органічних розчинників.

Велике поширення полімерів – одна з відмінних рис сучасного будівництва. І це, очевидно, є тільки початком грандіозного перевороту, рівного за своїм значенням великим матеріальним революціям минулого – освоєнню бронзи й заліза.

## 14.2. Класифікація полімерних речовин

Головними критеріями класифікації полімерних речовин є хімічна природа, походження, спосіб синтезу та тверднення, склад основного ланцюга макромолекул та характер їх будови, здатність до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора.

За хімічною природою полімерні речовини поділяють на органічні та неорганічні. В неорганічних високомолекулярних сполуках (полімерах) атоми карбону відсутні, а в органічних – макромолекули складаються переважно з атомів карбону.

За походженням розрізняють природні та штучні полімерні матеріали. До природних полімерів відносять деревину, бавовну, вовну, шкіру, каучук тощо.

Штучні полімерні матеріали отримують шляхом синтезу з простих низькомолекулярних речовин, відомих як мономер.

**За способом синтезу і тверднення** органічні полімерні речовини поділяють на:

– **полімеризаційні**, отримані в результаті реакції полімеризації (у процесі об'єднання молекул низькомолекулярної речовини без виділення будь-яких побічних продуктів). До них відносять: поліетилен, поліізобутилен, полістирол;

– **поліконденсаційні**, отримані реакцією поліконденсації (у процесі одержання високомолекулярних сполук з одночасним відщепленням

низькомолекулярних продуктів реакції). Це такі полімери, як фенолформальдегід, поліефір, епоксидний полімер, поліамід та ін.

***За складом основного ланцюга макромолекул:***

- ***карболанцюгові***, молекулярні ланцюги, які складені з атомів карбону (поліетилен, поліпропілен, поліізобутилен);
- ***гетероланцюгові***, до складу молекули яких, крім атомів карбону, входять атоми кисню, сірки, азоту (епоксидні, поліуретанові, поліефірні полімери);
- ***елементоорганічні***, до складу молекул яких входять атоми кремнію, титану, алюмінію, що не входять до складу органічних сполук.

За здатністю до пластичних деформацій при циклічній дії температурного фактора органічні полімери поділяють на термопластичні та терморективні.

***Термопластичні полімери*** (поліетилен, полістирол тощо) спроможні до пластичних деформацій при підвищенні температури, тобто здатні при нагріванні розм'якшуватися й переходити до в'язко-пружного стану. При охолодженні вони тверднуть, зберігаючи задану форму. Такі перетворення можуть повторюватися неодноразово.

***Терморективні полімери*** (фенол формальдегідні, карбамідні) проходять стадію пластичного деформування при підвищеній температурі, але при цьому після охолодження в їх структурі відбуваються незворотні зміни, які призводять до неможливості переходу їх у пластичний стан при повторному нагріванні, тобто вони не можуть змінювати свої властивості у зворотному напрямку і непридатні до повторного формування.

***Полімерними матеріалами (пластичними масами)*** називають матеріали, які містять у своєму складі високомолекулярні органічні речовини – полімери і на певній стадії виробництва набирають пластичності, яка повністю або частково втрачається після затвердіння полімеру.

Розрізняють пластичні маси прості, що складаються лише з полімерної речовини, і складні, до складу яких, крім полімеру, входять інші компоненти: наповнювачі, пластифікатори, стабілізатори, отверджувачі, барвники тощо.

Пластмаси, залежно від призначення в будівництві, поділяють на такі основні

групи: матеріали огорожувальних і несучих конструкцій; покриття підлог та опорядження стін; гідроізоляційні, герметизуючі, покрівельні, тепло- та звукоізоляційні матеріали; труби та інші погонажні вироби; санітарно-технічні вироби; лаки, фарби, клеї.

### **14.3. Склад і властивості пластмас**

#### **14.3.1. Склад пластмас**

Матеріали, що містять у своєму складі полімери і мають пластичність на певному етапі виробництва, що повністю втрачається після затвердіння полімеру, називаються *пластмасами*.

*Полімерна речовина* – самий дорогий компонент пластмас, що є основою композиції та багато в чому визначає фізико-технічні властивості пластмас: теплостійкість, хімічну стійкість, міцність та деформативні характеристики.

Окрім полімерів до складу пластмас входять інші найважливіші складові:

– *наповнювачі* – значно зменшують витрату полімерної речовини і тим самим знижують вартість матеріалу, підвищують теплостійкість, опір розтягу. Функції наповнювачів у пластмасах виконують порошки органічного та неорганічного походження, волокна, тканини, деревний шпон;

– *пластифікатори* – підвищують еластичність полімеру, знижують крихкість;

– *стабілізатори* – сприяють збереженню властивостей пластмас у процесі експлуатації, запобігають їх ранньому старінню.

– *барвники* – застосовують для надання полімерній композиції декоративного вигляду. Для цих цілей використовують пігменти органічного та мінерального походження.

#### **14.3.2. Властивості пластмас**

Загальні властивості пластмас залежать від багатьох факторів: хімічної будови полімерів, типу наповнювача, вмісту добавок (пластифікаторів, барвників, стабілізаторів), технології виготовлення.

Середня щільність пластмас становить 900...2200 кг/м<sup>3</sup> і залежить від виду використаних наповнювачів. СВМ (скловолокнистий анізотропний матеріал) має коефіцієнт конструктивної якості, який дорівнює 225 МПа (для порівняння виробу з важкого бетону мають коефіцієнт конструктивної якості – 21). Границя міцності при стиску склопластиків досягає майже 350 МПа, а границя міцності при розтягу та згині – 450 і 550 МПа.

Властивості пластмас щодо дії води залежать від їх структури й ступеня гідрофільності. Водопоглинання щільних гідрофобних полімерних матеріалів становить 0,1...0,5%, а високопористих – 30...90% за об'ємом. Завдяки високій непроникності полімерні плівкові та рулонні матеріали, а також мастики, особливо на основі поліетилену, полівінілхлориду, синтетичних канчуків, широко застосовують для гідроізоляції.

**Пластмаси** – погані тепло- та електропровідники, тому їх застосовують як теплоізоляційні матеріали та діелектрики.

Хімічна стійкість – важлива властивість пластмас, що залежить не лише від полімеру, а й від наповнювача, пластифікатору та інших компонентів. Найчастіше пластмаси використовують для захисту від корозії будівельних конструкцій у воді, розчинах солей, кислот та інших агресивних середовищах. Висока хімічна стійкість, непроникність для води зумовлюють широке застосування їх для захисних покриттів, гідроізоляції будівель та споруд, влаштування покрівель, трубопроводів.

Цінною властивістю пластмас є низька стиранийність, яку необхідно враховувати при застосуванні пластмас для влаштування підлог. Важливою характеристикою деяких пластмас є високий опір удару (ударна в'язкість).

Висока прозорість, безбарвність, здатність пропускати ультрафіолетові промені – цінні властивості деяких пластмас. Це дає змогу застосовувати їх у світлопрозорих огорожувальних конструкціях будівель та споруд, наприклад, у куполах верхнього світла, огороженнях теплиць, оранжерей, лікувальних закладів.

Пластмаси мають високі декоративні властивості, що дає змогу

використовувати їх для опорядження стін та покриття підлог. Пластмаси не потребують періодичного фарбування поверхні. Введенням до складу вихідної композиції барвників або пігменту можна одержати матеріал будь-якого забарвлення або відтінків, у тому числі багатоколірні імітації природного каменю, цінних порід дерев, шкіри, тканини, металу.

Поряд з комплексом позитивних властивостей пластмаси мають і ряд негативних. Для більшості пластмас характерна низька теплостійкість, яка не перевищує 60...80°C, і лише деякі види пластмас мають теплостійкість 200...350°C.

Багато пластмас є горючими матеріалами, виділяють отруйні гази при горінні, легко спалахують. При переробці пластмас та експлуатації їх в середині приміщень виділяються токсичні речовини.

Пластмаси відрізняються високими діелектричними властивостями. Вони здатні акумулювати статичну електрику на поверхні. Результатом електризації є притягування пилу поверхнею пластмас, а також утворення електростатичного заряду, що негативно впливає на людину.

Пластмаси схильні до старіння, тобто їх властивості під впливом теплоти, світла, кисню повітря з часом погіршуються.

#### **Позитивні властивості пластмас:**

- мала щільність (від 20 до 2200 кг/м<sup>3</sup>);
- високі міцнісні характеристики ( від 120 до 420 МПа);
- низька теплопровідність;
- корозійна стійкість;
- мала стиранність;
- здатність забарвлюватися в різні кольори;
- можливість одержання прозорих композицій;
- технологічність;

#### **негативні властивості пластмас:**

- низька теплостійкість;
- мала твердість;

- високий коефіцієнт термічного розширення ;
- горючість із виділенням шкідливих газів;
- токсичність при експлуатації і виробництві;

#### **14.4. Технологія виробництва пластмас**

Вироби з пластмас одержують з використанням різних прийомів, при виборі яких визначальним фактором є природа полімеру й вид наповнювача. Основними приемами переробки пластмас є:

– **пряме пресування** просоченої гарячими смолами основи (тканини, деревного шпону, паперу) у кілька шарів (листові пластики) або полімерного прес-порошку (плитка для підлог) у гідравлічних пресах, що обігрівають, зазначений спосіб застосовується в основному при переробці термореактивних полімерів і композицій на їх основі;

– **лиття протте**, при якому рідка композиція заливається у форму й твердне у результаті реакції полімеризації або охолодження (оргскло, плитки для підлоги та інші вироби з полікапролактаму та поліметилметакрилату);

– **лиття під тиском**, застосовують при виготовленні пластмас на основі термопластичних полімерів: полістиролу, ефірів целюлози, поліетилену. Полімер у в'язкотекучому стані під тиском впорскується у форму, охолоджувану водою;

– **екструзії** або продавлювання пластичної маси через насадку певного розміру й форми (плінтуси, поручні для сходів, рейки, герметизуючі та ущільнювальні прокладки для вікон);

– **промазки** верхньої поверхні просоченого полотна основи (паперу, тканини, склотканини) пастоподібною полімерною масою з наступним глибоким нанесенням малюнка;

– **вальцево-каландровим**, що складається з ретельного перемішування компонентів на вальцах, наступної прокатки пластичної маси між двома обертовими в різні сторони валками із зазором, що визначає товщину майбутнього виробу;

– **вспінювання** полімерної маси за рахунок інтенсивного механічного

перемішування в сполученні з дією перегрітої пари з наступним швидким охолодженням, заливанням і фіксуванням пористої структури виробу (пінопласти).

## **14.5. Застосування полімерних матеріалів і виробів**

Аналіз всіх властивостей полімерних матеріалів показав, що в будівництві економічно доцільне їх використання при виготовленні несучих конструкцій високої корозійної стійкості, покриттів підлог, обробки стін, теплоізоляції огорожень і технологічного устаткування, герметизації стиків і швів у крупнопанельних будинках, гідроізоляції покрівлі та фундаментної частини будинку, виготовленні санітарно-технічного устаткування і труб.

### **14.5.1. Конструкційні полімерні матеріали**

**Склопластики** (ДСТУ 2241-93 «Матеріали композитні. Склопластики. Терміни та визначення») – листові композиційні матеріали, одержувані шляхом просочення скляних волокон або тканин (армуючих компонентів) полімером. Склопластикова арматура має високу міцність, володіє хімічною стійкістю. Зв'язувальною речовиною у склопластиках служать феноло-формальдегідні, поліефірні та епоксидні полімери. Отримують три види склопластиків:

- склопластики з орієнтованими волокнами (СВАМ), ефективність яких полягає в сполученні низької щільності ( $1800 \dots 2000 \text{ кг/м}^3$ ), високої хімічної стійкості та міцності при розтягу (до 1000 МПа, границя міцності при стиску – 420 МПа);

- склопластики з рубаним скляним волокном, що володіють світлопрозорістю, застосовуються для покрівель, огорожень лоджій і балконів;

- склопластики на основі склотканини (склотекстоліти) одержують шляхом просочення полотен тканини термореактивними полімерами способом гарячого пресування при високій температурі та тиску.

Склопластики застосовують для виготовлення пневматичних конструкцій, твердих оболонок, до достоїнств яких відносять технологічну інваріантність

(можуть мати як позитивну, так і негативну кривизну поверхні). Прольоти, які перекривають такими оболонками можуть досягати 90...110 м, маса 1 м<sup>2</sup> покриття становить 7...20 кг. Пневматичні оболонки застосовують для покриття ринків, спортивних залів.

**Полімербетон** являє собою композиційний матеріал, що складається з високомолекулярних смол, дрібного та крупного заповнювача, тонкомолотого наповнювача й добавок. Зв'язуючими речовинами в полімербетоні можуть бути: фуранові, поліефірні, епоксидні полімери. Отримують шляхом інтенсивного перемішування підігрітих заповнювачів, смол і добавок з наступним зануренням у форму, ущільненням і витримкою при температурі до 100°C. Заповнювачі вибирають залежно від умов експлуатації. Полімербетон – єдиний матеріал, що успішно працює в цехах хімічної, харчової, целюлозної промисловості, забезпечуючи корозійну стійкість несучих і самонесучих конструкцій. Від звичайного бетону полімербетон відрізняється не тільки хімічною стійкістю, але й високими показниками міцності: при стиску – 60...120 МПа, при розтягу – 7...40 МПа, морозостійкість – 200...300 циклів, але його вартість у кілька разів вище цементних. Застосування полімербетону доцільно там, де його вартість буде виправданою.

**Бетонополімер** одержують просочуванням звичайного важкого бетону на глибину 1...3 см мономерами у спеціальних герметичних камерах під тиском. Мономери полімеризуються в порах бетону, тим самим забезпечуючи високу щільність і корозійну стійкість конструкцій.

#### **14.5.2. Облицювальні полімерні матеріали**

**Лицювальна полістирольна плитка** являє собою квадрати або прямокутники товщиною 1,25...1,5 мм з гладкою та рельєфною поверхнею, одержувані методом лиття під тиском. До складу композиції входять: полімер, наповнювач (тальк, каолін), пігмент. До достоїнств даного полімеру слід віднести гігієнічність, водостійкість і хімічну стійкість, а також різноманітний декоративний вигляд.

Застосовують для облицювальних робіт торговельних і санітарно-технічних приміщень.

**Оздоблювальні полістирольні плитки** (дістали назву «поліформ»). Одержують шляхом вспінювання полістирольної маси з наступним швидким охолодженням. Товщина панелей 8...10 мм. Застосовують для внутрішнього облицювання стель, стін та інших елементів інтер'єра.

**Паперово-шаруватий пластик** являє собою композицію, що складається з декількох шарів спеціального паперу, просочених феноло-формальдегідною або карбамідною смолою. Випускають у вигляді листів з наступними стандартними розмірами: довжина – 1000...3000 мм, ширина – 600...1600 мм, товщина 1...5 мм. Цей вид матеріалу технологічний, тому що легко піддається розпилюванню, свердлінню, різноманітний за кольорами і рисунком. Застосовується як облицювальний матеріал.

**14.5.3. Полімерні матеріали для покриття підлог** (ДСТУ Б В.2.7-159:2008 «Матеріали та вироби полімерні для покриття підлог. Класифікація (EN 685:1995, NEQ)»)

Покриття підлог із полімерних матеріалів гігієнічні, еластичні, зносостійкі, тепло- та звукоізоляційні, довговічні.

**Безшовні монолітні покриття** застосовують у промислових будинках, де необхідна підвищена корозійна стійкість, а також де представляються вимоги до гігієнічності та безпильності покриття. Як правило, покриття складається з двох шарів: перший шар виконують із полімербетону, другий – з мастики або полімеррозчину. Товщина покриттів 20...50 мм здатна витримувати навантаження, створювані при русі внутрішньоцехового транспорту. Для виготовлення полімеррозчину та полімербетону застосовують феноло-формальдегідні, епоксидні, фуранові полімери.

**Лінолеуми** (ДСТУ Б А.1.1-18-94 «Система стандартизації та нормування в будівництві. Лінолеум. Терміни та визначення») – рулонні матеріали для покриття підлог, зручні завдяки пружності, низькій теплопровідності, гігієнічні,

декоративні, заглушають шум кроків. Якість лінолеумів оцінюється за трьома показниками: пружністю, жорсткістю та стиранністю. За видом застосовуваної сировини лінолеуми підрозділяють на: **полівінілхлоридні (ПВХ), гумові й алкідні**. Для виробництва *ПВХ лінолеуму* як основу використовують джутову тканину, склотканину, склосітку. Методом екструзії, вальцово-каландровим методом одержують безосновний, одно- і багат шаровий лінолеуми. Полотна лінолеуму зварюють струмами високої частоти, гарячим повітрям для одержання килиму заданого розміру. Застосовують для покриттів підлог житлових, громадських і промислових будинків при середній інтенсивності рухів.

**Гумовий** лінолеум (релін) (ДСТУ Б В.2.7-269:2011 «Лінолеум гумовий багат шаровий – релін. Технічні умови (ГОСТ 16914-71, MOD)») виготовляють на основі синтетичного каучуку, наповнювачів і добавок. У масовому житловому будівництві використовується обмежено, але добре себе зарекомендував для покриттів підлог тваринницьких, медичних установ. Випускається як одношаровим так і багат шаровим на тепло-, звукоізоляційній основі.

**Алкідний** лінолеум служить для влаштування підлог у житлових, дитячих, профілактичних і виробничих будівлях.

**Плитки для підлог** (ДСТУ Б В.2.7-21:2013 «Матеріали і вироби полівінілхлоридні багат шарові та одношарові для покриття підлог. Технічні умови») виготовляють із полівінілхлориду, каучуків, регенованої гуми і фенопластів. Порівняно з рулонними матеріалами плитки мають краще зчеплення з основою, створюють потрібний візерунок підлоги; легко замінюються під час ремонту, при укладанні не дають відходів.

#### **14.5.4. Теплоізоляційні полімерні матеріали**

Полімерні теплоізоляційні матеріали класифікують за структурою, формою, видом основної сировини, середньою щільністю, теплопровідністю та стискальністю (ДСТУ Б ГОСТ 16381:2011 «Матеріали і вироби будівельні теплоізоляційні. Класифікація і загальні технічні вимоги (ГОСТ 16381-77, ІДТ)»). Полімерні матеріали, що мають ніздрювату структуру, яка може бути

представлена системою ізольованих пор, називають *пінопластами*, сполучених пор – *поропластами*, а регулярно повторюваних пустот – *сотопластами* (рис. 14.1).

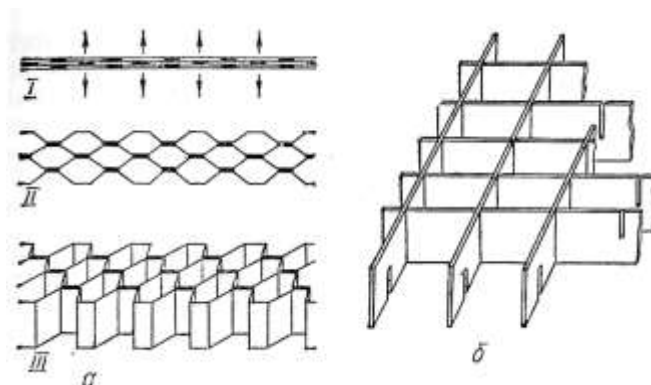


Рис. 14.1. Сотопласти: а – паперові та тканинні, просочені смолами; б – з жорстких листових матеріалів

Їх частка в загальному обсязі теплоізоляційних матеріалів досягає 20%. Вони відрізняються високими експлуатаційними характеристиками, довговічні та технологічні. За зовнішнім виглядом і способом застосування газонаповнені пластмаси можуть бути у вигляді штучних виробів (в основному плит) і у вигляді рідко-в'язких матеріалів, що спучуються і тверднуть на місці застосування (заливальні пінопласти, монтажні піни).

**Пінопласти – листові й фасонні вироби** одержують спінюванням різних полімерів: полістиролу, полівінілхлориду, поліетилену, фенольних полімерів та ін. *Пінополістирол* – найбільш відомий вид будівельних пінопластів. З нього одержують крупнорозмірні плити товщиною до 100 мм. Марки за щільністю ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ) пінополістирола D15...D50; теплопровідність –  $0,03...0,04 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ ; теплостійкість  $80...90^\circ\text{C}$ . Пінополістирол – горючий матеріал, однак за допомогою антипіренів одержують важкогорючий пінополістирол.

*Пінополівінілхлорид* – матеріал у вигляді плит, за методом одержання і структурою аналогічний пресовому пінополістиролу. Щільність пінополівінілхлориду  $35...70 \text{ кг}/\text{м}^3$ , теплопровідність –  $0,04...0,054 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$ . Теплостійкість пінополівінілхлориду –  $130...140^\circ\text{C}$ ; горючість значно нижче, ніж у пінополістиролу.

*Заливальні пінопласти* – рідко-в'язкі олігомерні смоли, що заливають у

пазухи, залишені в ізолюваній конструкції, що спучуються і затвердівають в них.

*Фенольний пінопласт* – один з перших пінопластів. Він поставлявся на місце використання у двох упаковках (смола з газоутворювачем і затверджувачем), які змішують безпосередньо перед заливанням. У якості газоутворювача застосовується алюмінієва пудра, а кислотний затверджувач, крім своєї основної ролі, реагуючи з алюмінієвою пудрою, виділяє газоподібний водень. Фенольні пінопласти тверді й теплостійкі; добре зчіплюються в момент затвердіння з іншими матеріалами. Використовуються при виробництві *тришарових легких панелей* типу «сандвіч»: два металевих листи, між якими укладений пінопласт.

### **Контрольні запитання**

1. Що таке пластмаси? Назвіть основні компоненти пластмас.
2. Перелічіть основні позитивні й негативні властивості пластмас.
3. Яка роль наповнювачів у пластмасах?
4. Які основні методи одержання виробів із пластмас?
5. Перелічіть основні області застосування пластмас. Обґрунтуйте свою відповідь.
6. Склопластики. Яка роль компонентів у цьому матеріалі?
7. Які полімерні матеріали для підлог ви знаєте?
8. Які опоряджувальні полімерні матеріали вам відомі?

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання пластмас для улаштування трубопроводів.
2. Розглянути екотехнології вторинного використання пластмас.
3. Навести приклади і охарактеризувати різні види будівельних матеріалів із пластмас.
4. Склопластики. Яка роль компонентів у цьому матеріалі?
5. Які полімерні матеріали для підлог ви знаєте?

## ТЕМА 15

### ЛАКОФАРБОВІ МАТЕРІАЛИ

#### **План:**

- 15.1. Загальні відомості
- 15.2. Основні компоненти лакофарбової композиції
- 15.3. Класифікація та маркування лакофарбових матеріалів
- 15.4. Види лакофарбових матеріалів

#### **15.1. Загальні відомості**

*Лакофарбовими* називають природні або штучні матеріали, які наносять у в'язко-рідкому стані тонким шаром (60...500 мкм) на поверхню будівельних конструкцій і деталей для утворення покриття з необхідними властивостями – захисними, декоративними, спеціальними.

Припускають, що первісні люди виготовляли перші фарби близько 25000 років тому. Хімічний аналіз печерних рисунків, виявлених в Альтамірі (Іспанія) і Ласкауксі (Франція), показує, що основними пігментами, які використали художники часів палеоліту, були оксиди заліза й марганцю. Вони забезпечували одержання трьох основних кольорів, знайдених у більшості печерних картин, а саме: чорного, червоного і жовтого, поряд з проміжними відтінками.

У період приблизно між 3000 і 600 р. до н.е. єгиптяни значно розвинули мистецтво приготування фарб, розробивши більш широку колірну гаму пігментів – синій і зелений кольори: лазурит, азурит, малахіт. У той же період почали застосовувати червону й жовту охру, лампову сажу та білий пігментний гіпс. У якості плівкоутворювачів використовували природні смоли, розплави воску. Як свідчать історики, греки й римляни в цей період вже знали, що лакофарбові матеріали можуть виконувати не тільки декоративні функції, але й захисні й з метою створення таких сполук використовували лаки на основі масел, що висихають. Лаки наготовлювали розчиненням відповідних смол у гарячих лляних, конопельних, горіхових маслах.

До кінця XVIII ст. попит на фарби всіх типів зріс настільки, що стало економічно вигідно організовувати виробництво лаків і фарб.

Прискорення науково-технічного прогресу, починаючи із зазначеного періоду й у теперішній час вплинуло на лакофарбову індустрію.

**Лакофарбові покриття** – це покриття, призначені для захисту матеріалів від шкідливих дій навколишнього середовища та досягнення певного декоративного ефекту. Властивості лакофарбових покриттів залежать не тільки від виду та якості застосованих матеріалів, але й від таких факторів, як спосіб покриття до фарбування, дотримання технологічного режиму фарбування та сушіння.

До сучасних лакофарбових покриттів ставляться вимоги, які умовно можна поділити на:

- експлуатаційні (світлостійкість, кольоростійкість, стійкість до механічних дій, хімічна, біологічна стійкість, атмосферостійкість);
- декоративні (фактура, структура покриття, колір, глянсуватість, тобто здатність відбивати світло);
- технологічні (покривна здатність, або витрата матеріалу на 1 м<sup>2</sup> поверхні, швидкість висихання та екологічність, в тому числі безпечність для здоров'я людини і навколишнього середовища під час виробництва матеріалів та їх застосування);
- спеціальні (термостійкість, електроізоляційність, стійкість до рентгенівського випромінювання, стійкість до дії хімікатів, бактерицидність).

Одержання фарбових покриттів – це технологічний процес, що передбачає виконання відповідних операцій: підготовки поверхні, що фарбується (грунтування, шпатлювання), нанесення фарбових шарів та сушіння. Грунтувальний шар призначений для зменшення відсмоктуючої здатності поверхні будівельної конструкції, а також для поліпшення зчеплення основного покриття з підкладкою. Шпаклювальний шар призначений для вирівнювання поверхні і усунення її дефектів. Після грунтування і шпатлювання наносять декілька шарів фарбового покриття. Грунтовка, шпаклівка і фарбова суміш утворюють багат шарове покриття.

Сьогодні неможливо представити будівництво без лакофарбових матеріалів, які забезпечують:

- санітарно-гігієнічні норми;
- задоволення естетичних вимог;
- захист поверхні будівельних конструкцій з металу, бетону, каменю, дерева від корозії.

## **15.2. Основні компоненти лакофарбової композиції**

Основними компонентами, що складають лакофарбову композицію є: плівкоутворюючі речовини (зв'язуючі речовини), пігменти та наповнювачі (для надання визначених властивостей), сикативи, розчинники. Змінити властивості покриттів можна шляхом хімічної модифікації або застосування іншого плівкоутворювача, що призводить до зміни інших компонентів у композиції. Більш простим і ефективним є регулювання властивостей лакофарбових матеріалів за рахунок використання різних добавок, які додають у невеликій кількості (від 0,02 до 3...5% залежно від призначення). Їх часто називають адитивами.

*Адитиви* – технологічні добавки, які інтенсифікують процеси диспергування пігментів, тверднення, змочування підкладки, усування поверхневих дефектів на стадіях виготовлення, транспортування, зберігання фарб і формування покриття. До адитивів відносять сикативи, диспергатори пігментів, емульгатори, піногасники та ін.

*Плівкоутворюючі (зв'язуючі)* речовини забезпечують зчеплення між собою часток пігменту, висихання покриття за рахунок реакції полімеризації (тужавіння), адгезію покриття до пофарбованої поверхні. Нижче розглянуті основні види плівкоутворювачів, до яких відносять:

- *мінеральні* в'язуючі речовини – вапно, рідке скло, цемент;
- *рослинні клеї* – крохмаль і близькі за складом водорозчинні ефіри целюлози;
- *тваринні* – розчинні у воді високомолекулярні речовини білкового

походження, що утворюють плівки з хорошою адгезією до поверхні, яку фарбують. До них належать кісткові, желатинові, казеїновий клеї, лакофарбові композиції, виконані на основі тваринних клеїв атмосферостійкі та добре адгезуючі до силікатної поверхні (бетону, штукатурки).

– **смоли природні** – продукти рослинного походження, слабо пофарбовані або прозорі. До них належать: каніфоль, копали, бурштин, шелак та ін.

– **водорозчинні ефіри целюлози** (метилцелюлоза – МЦ, карбоксилметилцелюлоза – КМЦ) використовують для внутрішніх робіт, тому що лакофарбові покриття на їх основі не мають достатньої атмосферостійкості;

– **нітроцелюлоза** – складний ефір целюлози, отриманий у результаті взаємодії з азотною кислотою;

– **оліфи** – досить поширені плівкоутворюючі речовини на основі рідких рослинних масел або алкідних полімерів, модифіковані рослинними маслами. За складом та технологією одержання оліфи підрозділяють на: натуральні, оліфи-оксоль і алкідні;

– **синтетичні** плівкоутворювачі отримані в результаті хімічних реакцій полімеризації або поліконденсації. До них належать епоксидні, поліефірні, поліуретанові, перхлорвінілові, поліакрилатні полімери. Використання синтетичних плівкоутворювачів дозволяє заощаджувати харчові, рослинні масла та натуральні смоли. Шляхом регулювання складу плівкоутворювачів при синтезі одержують лаки та емалі з найрізноманітнішими властивостями;

– **водні дисперсії полімерів** – являють собою дрібні частки полімерів, зважені у воді. Концентрація полімеру 40...50%.

**Пігменти** являють собою тонкомолоті забарвлені порошки, нерозчинні у воді, плівкоутворювачах та розчиннику. Пігменти забезпечують покриттю кольори, антикорозійні властивості. До основних технологічних властивостей пігменту, що робить вплив на якість майбутнього покриття, відносять: **барвну здатність** (здатність передавати свої кольори при змішуванні з білим пігментом), **дисперсність** (ступінь подрібнювання), покриття (інтенсивність фарбування, витрата пігментного складу на 1 м<sup>2</sup> покривної поверхні) і **маслоємкість**

(мінімальна витрата плівкоутворювача, необхідного для одержання однорідної пасти).

За хімічним складом пігменти поділяють на такі класи сполук:

– елементи – технічний карбон, металеві пігменти (цинковий пил, алюмінієва пудра);

– оксиди – діоксид титану, цинкові білила, залізооксидні пігменти, сурик свинцевий та ін.;

– солі – карбонати (свинцеві білила), хромати (свинцеві та цинкові крона); сульфідні (ліпотон, кадмієві пігменти), фосфати (фосфати кобальту, хрому), комплексні солі (залізна лазур), алюмосилікати (ультрамарин) та ін.

До експлуатаційних характеристик пігментів належать: світлостійкість, атмосферостійкість, теплостійкість, хімічна стійкість і нешкідливість.

Залежно від походження пігменти класифікуються на мінеральні й органічні, а за способом одержання – на природні та штучні (табл. 15.1).

Таблиця 15.1

Класифікація пігментів за природою походження

Пігменти			
Мінеральні			
природні	штучні		
Крейда	Білила цинкові	Аніліновий чорний	Пудра алюмінієва
Вапно	Білила титанові	Нікелевий жовтий	Пил цинковий
Каолін	Білила свинцеві	Фталоціаніновий	Бронза золотава
Охра	Ліпотон	блакитний	
Муміє	Крон свинцевий	Карбазоловий	
Умбра	Умбра палена	фіолетовий	
Сурик залізний	Сажа малярська	Толуїдиновий	
Перекис марганцю	Зелень цинкова	червоний	
Графіт	Оксид хрому		
	Лазур малярська		

Пігменти органічного походження мають високу інтенсивність кольору, але знижену довговічність і атмосферостійкість.

**Наповнювачі** – слабкозабарвлені, тонкомолоті мінеральні матеріали, які

вводять у лакофарбову композицію з метою економії дорогих пігментів, підвищення в'язкості складу, міцності, щільності та температурної стійкості покриття.

Перераховані функції забезпечуються введенням сульфату барію, сульфату кальцію, карбонату кальцію, кремнезему, діатоміту, глини, тальку, слюди.

**Розчинники** – рідини органічного походження, призначені для надання лакофарбовим складам необхідної малярської консистенції і забезпечення можливості її нанесення на поверхню.

Тип розчинника залежить від природи плівкоутворювача. Так, для олійних фарб – це бензин, уайт-спірит, скипидар, для гліфталевих і бітумних лаків і фарб – сольвент, ксилол, скипидар, для перхлорвінілових фарб – ацетон, для клейових і водоемульсійних – вода.

**Розріджувачі** на відміну від розчинників не розчиняють плівкоутворювачів, застосовуються для зниження в'язкості лакофарбового складу, вони призначені для розведення густотертих або сухих мінеральних фарб. Кількість розріджувача для різних фарб не повинна перевищувати 22...40%.

**Сикативи** – прискорювачі висихання (скорочують тривалість утворення плівки) – це сполуки деяких металів (в основному плюмбуму, мангану, кобальту, кальцію, феруму) з органічними кислотами. Вони є каталізаторами процесу висихання оліф, лаків, емалей, фарб, ґрунтовок та шпаклівок.

До допоміжних компонентів, застосовуваних для одержання лакофарбових матеріалів, у тому числі спеціального призначення, належать:

- **стабілізатори** (речовини, що запобігають осадження пігментів при зберіганні фарб і емалей);
- **пластифікатори** (забезпечують рівномірне нанесення композиції на поверхню, що фарбують);
- **аерозатори** (забезпечують помірний запах фарби) та ін.

### 15.3. Класифікація та маркування лакофарбових матеріалів

Лакофарбові матеріали за складом (типом плівкоутворюючих речовин)

поділяють на: полімерні, олійні (масляні), цементні, силікатні, клейові тощо.

За призначенням лакофарбові матеріали поділяють на спеціальні та матеріали для зовнішнього і внутрішнього застосування.

Класифікація лакофарбових покриттів за додатковими ознаками передбачає поділ:

– за видом використаного розчинника або розріджувача (наприклад, води або легких органічних речовин);

– за прозорістю утворених плівок – на прозорі (лаки, оліфи) та непрозорі (фарби, емалі, ґрунтовки);

– за наявністю пігментів – пігментовані, не пігментовані;

– за ступенем блиску – глянсові, напівглянсові, напівматові, глибоко матові;

– за умовами сушіння – холодні та гарячі;

– за послідовністю нанесення шарів і типом покриття – просочувальні, ґрунтувальні, проміжні, покривні;

– за консистенцією – рідкі, в'язкі, пастоподібні.

Маркування фарбових матеріалів (ДСТУ EN 927-1:2019 «Фарби та лаки. Лакофарбові матеріали та системи покриттів для дерев'яних поверхонь зовнішнього застосування. Частина 1. Класифікація та вибір (EN 927-1:2013, ІДТ)») виконують з позначенням виду, природи плінкоутворюючого компонента та їх призначення. З цією метою для маркування використовується система позначень з літер і цифр, яка складається з п'яти груп знаків для пігментованих матеріалів (емалей, фарб, ґрунтовок, шпатлівок) і чотирьох груп знаків – для непігментованих (лаків).

**Перша група** знаків характеризує вид лакофарбового покриття (подається у вигляді слова – лак, фарба, емаль та ін.)

**Друга група** знаків визначає вид матеріалу за хімічним складом (подається у вигляді аббревіатури):

– на основі поліконденсаційних полімерів: УР – поліуретанові, АУ – алкідно уретанові, КО – кремнійорганічні, ГФ – гліфталеві, ПФ – пентафталеві, МО – меламінові, МЧ – сечовинні (карбамідні), ФЛ – фенольні, ЕП – епоксидні;

– на основі полімеризаційних полімерів: АК – поліакрилатні, ВА – полівінілацетатні, ВС – на основі сополімерів вінілацетату, КЧ – каучукові, НП – нафтополімерні, ФП – фторопластові, ХВ – перхлорвінілові, ХС – на основі сополімерів вінілхлориду;

– на основі органічних в'язучих речовин: БТ – бітумні, КФ – каніфольні, МА – масляні, ШЛ – шеллачні та ін.;

– на основі ефірів целюлози: АЦ – ацетилцелюлозні, НЦ – нітроцелюлозні, ЕЦ – етилцелюлозні та ін.

Для деяких матеріалів між 1 та 2 групами вводять додаткові позначення з літерами: Б – без легкого розчинника, В – водорозбавлювальні, ВД – вододисперсійні, ОД – органодисперсійні, П – порошкові.

**Третя група** вказує на переважаючі умови експлуатації і призначення лакофарбового матеріалу, позначається цифрами:

1. Атмосферостійкі, для зовнішніх робіт: експлуатуються на відкритих майданчиках.

2. Обмежено атмосферостійкі, для внутрішніх робіт: експлуатуються під навісом та в середині неопалювальних приміщень.

3. Захисні, консерваційні: для тимчасового захисту виробів під час виробництва, транспортування та зберігання.

4. Водостійкі: стійкі до прісної та морської води.

5. Спеціальні: стійкі до дії рентгенівських та інших випромінювань, для просочування тканин, фарбування шкіри, гуми, пластмас та ін.

6. Маслобензостійкі: стійкі до дії мінеральних масел та консистентних мастил, бензину, гасу та інших нафтопродуктів.

7. Хімічностійкі: стійкі до дій кислот, лугів та інших хімічних реагентів або їх парів.

8. Термостійкі: стійкі до дії високої температури.

9. Електроізоляційні та електропровідні: стійкі до впливу електричного струму, поверхневих електричних розрядів

**Четверта група** знаків – це реєстраційний номер фарби. Для масляних

(олійних) фарб замість порядкового номера ставлять цифру, яка відповідає виду оліфи, що є основою для цієї фарби: 1 – натуральна оліфа, 2 – оліфа оксоль, 3 – гліфталева, 4 – комбінована.

**П'ята група** відповідає кольору лакофарбового матеріалу. Позначається повним словом, наприклад: сіро-голуба, блакитна та ін.

**Приклад:** Емаль ХВ-16 сіро-біла – перхлорвінілова емаль (ХВ), для атмосферостійких покриттів (1), реєстраційний номер (6), колір – сіро-білий.

В деяких випадках для уточнення специфічних властивостей лакофарбового покриття після порядкового номера ставлять літерний індекс, наприклад, В – високов'язкий, М – матовий, Н – з заповнювачем, ПМ – напівматовий, ПГ – низької горючості.

#### **15.4. Види лакофарбових матеріалів**

**Грунтовки** – це суспензії пігментів або їх сумішей з наповнювачами в розчині плівкоутворюючої речовини, які після висихання утворюють суцільну непрозору однорідну тверду плівку. Призначені для утворення нижнього захисного шару покриття, тому вони повинні мати високу адгезію до основи.

**Шпаклівки** – високонаповнені матеріали у вигляді в'язкої пастоподібної маси, що складається з суміші пігментів і наповнювачів, диспергованих у плівкоутворюючій речовині. Призначені для вирівнювання поверхні основи, заповнення нерівностей та виправлення її дефектів.

**Фарби** – це суміші пігменту з наповнювачами та плівкоутворюючими речовинами, які утворюють непрозорі однотонні покриття. Залежно від використання плівкоутворюючих речовин поділяють на:

– **масляні фарби**, які застосовують для захисту сталевих конструкцій від корозії, для запобігання зволоження дерев'яних конструкцій, для створення зносостійких і водостійких покриттів (підлоги, нижня частина стін коридорів). Досить довговічні. Являють собою однорідну суспензію, отриману в результаті диспергування пігменту в оліфі.

Випускають густотерті фарби, доведені до робочої в'язкості оліфою

остаточно перед використанням і рідкотерті, готові до використання з вмістом 40...50% оліфи;

– **мінеральні фарби** на основі неорганічних в'язучих речовин (вапняні, цементні, силікатні), які застосовують для фасадних захисно-декоративних покриттів при нанесенні на оштукатурені фасади з керамічної та силікатної цегли, бетону та газобетону. Мінеральні фарби в основному є порошковими і доводяться до потрібної консистенції додаванням води. Вони є екологічно чистими, мають достатню паропроникність, високу морозостійкість та водостійкість;

– **вододисперсійні фарби** – це пігментовані емульсії полімерів у воді, складаються з двох незмішуваних рідин, в яких частинки однієї розподілені в іншій. Властивості вододисперсійних лакофарбових матеріалів залежать від виду полімерів. Найбільш широко використовують фарби на основі вінілацетату, стирол-бутадієнової емульсії. Вододисперсійні фарби відносять до найбільш економічних і зручних в нанесенні на поверхню, вони технологічні, пожежовибухобезпечні. Мають гарну адгезію практично до всіх основ. Недоліком цих плівок є низька механічна міцність, невелика водо- і морозостійкість. В асортименті вододисперсних фарб переважають *полівінілацетатні емульсійні фарби*, до складу яких входять водні дисперсії полівінілацетату, пластифіковані дибутилфталатом, пігмент, добавки. Полівінілацетатні фарби мають достатню адгезію до бетону, штукатурки, деревини, характеризуються низькою водостійкістю, тому мають вузьку область застосування – фарбування стель і внутрішніх стін у сухих приміщеннях, але ці фарби є досить дешевими.

Лідерами серед високоякісних будівельних лакофарбових матеріалів є акрилові фарби, емалі, лаки та ґрунти. Основними їх перевагами є довговічність і надійний захист поверхонь. Акрилові покриття на відміну від масляних, алкідних і вінілхлоридних є еластичними і паропроникними, мають підвищену атмосферостійкість, водостійкість. Термін служби близько 10 років.

**Алкідні фарби** набули найбільшого розповсюдження в будівництві. Зв'язуючими речовинами для них є алкідна смола, яку виготовляють варінням рослинних масел. Вони традиційно використовуються для захисту від зносу й

корозії різноманітних зовнішніх і внутрішніх поверхонь будівель, витримують очищення водою. Однак, оскільки містять органічний розчинник, за екологічними показниками вони поступаються водоемульсійним фарбам.

*Лаки* – непігментовані склади, що являють собою розчини синтетичних і натуральних смол в органічних розчинниках.

Після нанесення лаку на поверхню розчинник випаровується і утворюється міцна, прозора, блискуча або матова плівка.

Лаки класифікують на: масляно-смоляні, синтетичні, нітролаки, бітумні лаки. Масляно-смоляні лаки застосовують для внутрішніх і зовнішніх покриттів на масляних фарбах, дерева, металу. Синтетичні лаки на основі мочевино-формальдегідних смол застосовують для покриття паркетних підлог, деревостружкових плит і столярних виробів. Бітумні лаки використовують для роботи із чавунними та металевими поверхнями, тим самим забезпечують корозійну стійкість конструкціям. Нітролаки застосовують для лакування пофарбованої й незабарвленої поверхні деревини.

*Емалеві фарби* являють собою суспензію пігменту й наповнювача в лаку (гліфталевому, пентафталевому та ін.)

*Гліфталеві емалі* (ГФ) застосовують для зовнішньої та внутрішньої обробки. Гліфталева зв'язуюча речовина являє собою полімер гліцерину та фталевого ангідриду.

*Пентафталеві емалі* (ПФ) аналогічні гліфталевим, але при синтезі зв'язуючих речовин замість гліцерину застосовують пентаеритрит.

*Нітрогліфталеві емалі* (НГ) поєднують у собі достоїнства гліфталевих і нітроцелюлозних емалей.

*Перхлорвінілові емалі* (ПХВ) отримують розчиненням перхлорвінілового полімеру в органічних розчинниках і введенням у лак, пігменту. Застосовують для зовнішніх робіт по штукатурці, бетону, цеглі. ПХВ-емалі дають насичені тони, зберігають фактуру поверхні, довговічні.

### **Контрольні запитання**

1. Які функції виконують лакофарбові покриття?
2. Назвіть основні компоненти, що складають лакофарбову композицію. У чому відмінність лаку від фарби та фарби від ґрунтовки?
3. Які функції виконують пігменти та наповнювачі?
4. Які функції виконують плівкоутворювачі та розчинники?
5. Які типи плівкоутворювачів та пігментів вам відомі?
6. Наведіть приклад маркування лакофарбових матеріалів.
7. Які переваги мають вододисперсійні фарби в порівнянні з масляними й емалевими?

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Обґрунтувати можливість використання синтетичних полімерів для виготовлення фарб.
2. Порівняти властивості натуральних, напівнатуральних та штучних оліф.
3. Навести приклади й охарактеризувати різні види пігментів.
4. Розглянути допоміжні матеріали, які використовуються при малярних роботах.

## ТЕМА 16

### ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ ТА АКУСТИЧНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

#### План:

- 16.1. Загальні відомості
- 16.2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів
- 16.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби
- 16.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби
- 16.5. Акустичні матеріали

#### 16.1. Загальні відомості

Теплоізоляційними називають органічні та неорганічні, природні та штучні будівельні матеріали і вироби, що мають невелику теплопровідність ( $\lambda \leq 0,17$  Вт/м<sup>°С</sup>) і середню щільність  $\rho_0 \leq 600$  кг/м<sup>3</sup>. Такі матеріали призначені для теплозахисту будівель і споруд, а також для ізоляції теплових і холодильних агрегатів і технологічних трубопроводів.

Основним показником, що визначає теплоізоляційні якості матеріалів, є теплопровідність, яка обумовлена пористістю. Залежно від пористості (її характеристики – замкнутість, відкритість, величина пор) змінюються і властивості теплоізоляційних матеріалів. До всієї групи цих матеріалів висуваються такі основні вимоги:

- достатня механічна міцність, яка забезпечує надійність матеріалу під час транспортування, монтажу і експлуатації;
- висока біостійкість;
- висока хімічна стійкість;
- повинен бути висушений і не володіти гігроскопічністю;
- температуростійкість.

Деякі теплоізоляційні матеріали використовують у якості акустичних.

Виробництво теплоізоляційних і акустичних матеріалів – це нова сфера, що з'явилася порівняно недавно. Індустріалізація і зниження матеріаломісткості

будівництва зумовили бурхливе зростання випуску теплоізоляційних матеріалів і створення нових матеріалів і конструкцій (перш за все, що захищають шаруваті конструкції стін і покриттів); збільшення виробництва виробів з газобетону, спученого перліту, керамзиту та ін.; широке застосування пористих матеріалів на основі полімерів (пінопластів, пінополістиролу та ін.).

Особливо гостро стоїть питання теплоізоляції будівель, споруд, теплових агрегатів і трубопроводів у зв'язку з сучасними вимогами щодо економії паливно-енергетичних ресурсів і новими нормами на термічний опір захисних конструкцій.

У будівництві теплоізоляційні матеріали витрачаються на захисні конструкції (більше 210 млн м<sup>2</sup>), зокрема, 90% з них використовують для утеплення горищних перекриттів і суміщених утеплених покрівель.

Поки що основними теплоізоляційними матеріалами є мінеральна вата і вироби з неї (річне виробництво перевищує 12 тис. м<sup>3</sup>, що складає 60% від всього річного випуску теплоізоляційних матеріалів), також скловолокнисті матеріали і вироби на основі пластмас (більш ніж 20% від всього випуску).

## **16.2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів**

Класифікують теплоізоляційні матеріали за наступними ознаками:

– *за виглядом сировини* – органічні та неорганічні, комплексні (з'єднання органічної і неорганічної сировини);

– *за структурою* – пористо-волокнисті, пористо-зернисті, ніздрюваті;

– за середньою щільністю – особливо легкі ( $\rho_0=5\text{...}100$  кг/м<sup>3</sup>), легкі ( $\rho_0=125\text{...}350$  кг/м<sup>3</sup>), важкі ( $\rho_0=400\text{...}600$  кг/м<sup>3</sup>);

– *за коефіцієнтом теплопровідності* (його визначають при певній температурі: при ізолюванні поверхонь з температурою до 100°C – при 25°C, до 600°C – при 125°C, вище 600°C – при 300°C):

Клас / Температура, °С	Теплопровідність, Вт/м°С для температури, °С		
	≤ 25	≤ 125	≤ 300
А – малотеплопровідні	0,05	0,007	0,13
Б – середньотеплопровідні	0,10	0,12	0,16
В – підвищеної теплопровідності	0,15	0,18	0,23

- за *призначенням і областю використання* – для ізолювання поверхонь:
  - холодних (стіни і покрівлі будівель);
  - гарячих (теплове устаткування і трубопроводи);
- за *величиною стиску* (відносної деформації стиску під дією навантаження):
  - м'які (якщо їх стиск дорівнює або перевищує 30%);
  - напівжорсткі (якщо їх стиск – від 6 до 30%);
  - жорсткі (якщо їх стиск менше, ніж 6%).

### **16.3. Неорганічні теплоізоляційні матеріали та вироби**

Неорганічні теплоізоляційні матеріали і вироби виготовляють з мінеральної сировини – гірських порід, шлаків, скла й азбесту.

*Мінеральну вату* одержують з розплаву гірських порід (базальту, сланців) і вогненно-рідкісних металургійних шлаків. Виробництво складається з двох основних технологічних переділів: розплав сировинної суміші при температурі 1500...1600°С і роздування розплаву на волокна під дією струменя пари або стисненого повітря.

Залежно від середньої щільності мінеральну вату розділяють на три види (марки): 75, 100, 125 кг/м<sup>3</sup>.

Довжину волокон зумовлює спосіб виробництва і вона може складати від 2 до 60 мм. Вата повинна мати від 80 до 90% волокон діаметром менше 7 мкм.

Використовувати рихлу вату важко, тому з неї, як правило, виготовляють вироби у вигляді матів і плит. Вироби бувають прошивні і прошивні на металевій сітці, а також виготовлені на крохмальній в'язучій речовині з паперовою обгорткою.

Плити напівжорсткі виготовляють на синтетичній в'язучій речовині; на

синтетичній або бітумній в'язучій речовині виробляють жорсткі плити для ізолювання будівельних конструкцій, а для ізолювання трубопроводів – шкаралупи і напівциліндри.

На основі мінеральної вати виготовляють різні матеріали і вироби для теплоізоляції.

*Скляну вату* і вироби на її основі одержують з скломаси дуттєвим, філерним і штабіковим способами. Цей матеріал має підвищену хімічну стійкість, середню щільність не вище  $130 \text{ кг/м}^3$ , а діаметр волокна – не більше 21 мкм. Застосовується для ізолювання поверхонь з температурою від мінус 200 до плюс  $450^\circ\text{C}$ . Скляну вату з супертонкого волокна (середньою щільністю  $25 \text{ кг/м}^3$ ) використовують для ізолювання при температурі від  $-60$  до  $+45^\circ\text{C}$ : базальтове супертонке волокно (БСТВ) – це високоякісний матеріал для теплової ізоляції, для фільтрів, а також для виробництва теплостійкого паперу, картону і листів. Середня щільність –  $17\dots 25 \text{ кг/м}^3$ .

*Піноскло* є високопористим матеріалом ніздрюватої будови, застосовується для теплоізоляції захищаючих конструкцій при температурі експлуатації, що не перевищує  $180^\circ\text{C}$ .

*Спучений перліт* – це пористий сипкий матеріал, одержуваний спученням природного перліту в печах, що обертаються, або шахтних, при температурі  $900\dots 1200^\circ\text{C}$ . Вироби з нього виготовляють на основі різноманітних в'язучих речовин: пластичної глини, рідкого скла, фосфатних в'язучих речовин. Для ізолювання печей з температурою до  $1150^\circ\text{C}$  використовують керамоперлітофосфатні вироби, для ізоляційних робіт при температурі до  $900^\circ\text{C}$  – керамоперлітові (цеглина, плити, сегменти), для ізолювання при температурі до  $600^\circ\text{C}$  – перлітоцементні вироби.

Основною сировиною для отримання *азбестових теплоізоляційних матеріалів* є хризотилазбест. Виробляють сипкі, рулонні, штучні матеріали та вироби у вигляді картону, плит і сегментів. Ці матеріали також є вогнестійкими.

*Теплоізоляційні ніздрюваті бетони*, що мають середню щільність менше  $500 \text{ кг/м}^3$ , використовують для теплоізоляції захисних конструкцій та ізоляції

трубопроводів, якщо температура поверхні не перевищує 400°C.

#### **16.4. Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби**

Органічні теплоізоляційні матеріали та вироби виготовляють з різноманітної рослинної сировини (відходів деревини, очерету, торфу, очосів льону, конопель), з шерсті тварин, а також на основі полімерів. Ці матеріали і вироби швидко загнивають, ушкоджуються комахами, тому вони вимагають попередньої відповідної обробки, яка б підвищила їх довговічність.

*Деревоволокнисті і деревостружкові* плити виробляють з відходів деревини або з інших рослинних волокон шляхом їх подрібнення, проклеювання, формування і термічної обробки з наступним просоченням вогнезахисними сумішами.

*Комишитові плити* застосовують для теплоізоляції захисних конструкцій невідповідальних будівель.

*Торф'яні теплоізоляційні вироби* одержують у вигляді плит і блоків. Сировиною є неперегнилий мох (сфагнум), що залягає на поверхні торф'яних боліт і не використовується як паливо. Термічна обробка приводить до склеювання волокон сфагнуму. Торф'яні плити вимагають захисту від вологи і застосовуються для ізолювання поверхонь з температурою до 100°C.

*Цементно-фібрolitові плити* – це теплоізоляційно-конструкційні вироби, одержані внаслідок тверднення суміші цементу, води і деревної шерсті.

*Пробкові теплоізоляційні матеріали* одержують з відходів від переробки пробкового дуба (оксамитового дерева), що росте в Португалії (лідер з виробництва пробки), Іспанії, Франції, Італії, Марокко, Тунісі та Алжирі. Це один з якнайкращих теплоізоляційних матеріалів, який не гниє і не горить; застосовують його для ізолювання поверхонь з температурою від 70 до 150°C.

**Термоізоляційні матеріали** на основі полімерів використовують у вигляді газонаповнених пластмас і виробів, а також мінераловатних і скловатних виробів на полімерній в'язучій речовині.

По структурі газонаповнені термоізоляційні пластмасові матеріали і вироби

поділяються на:

- ніздрюваті або пінні з  $\rho_0 = 30 \dots 300 \text{ кг/м}^3$  – пінопласти;
- пористі з  $\rho_0 > 300 \text{ кг/м}^3$  – поропласти;
- сотові – сотопласти.

Найпоширенішими є поропласт полістиролу, виготовлений з бісерного полістиролу; поліуретановий поропласт; міпора, виготовляється на основі полімеру формальдегіду.

Особливу цікавість виявляють будівельники до пінопластів (пінополістиролу, пінополіуретану), оскільки ними можна заповнювати пустоти і стики будівельних конструкцій на місці використання.

### **16.5. Акустичні матеріали**

Акустичні матеріали і вироби використовують для звукоізоляції від повітряного і ударного шуму, а також для поліпшення акустичних характеристик видовищних приміщень. Ці матеріали поділяються на дві групи: *звукоізоляційні* та *звукопоглинальні*.

Звукопоглинальні матеріали і вироби застосовують переважно для внутрішньої обробки приміщень з метою поліпшення їх акустичних властивостей – зниження чутних шумів. За характером поглинання звуку ця група матеріалів поділяється на:

- пористі з твердим каркасом, в яких звук поглинається внаслідок в'язкого тертя в порах і при цьому звукова енергія перетворюється на теплову (піноскло, газобетон та ін.);
- пористі з гнучким каркасом, в яких, окрім тертя в порах, виникають втрати релаксацій, пов'язані з деформацією нежорсткого каркаса (мінеральна вата, ДВП);
- панельні матеріали і вироби, в яких звукопоглинання обумовлено активним опором падаючої звукової хвилі (тонкі фанерні панелі, жорсткі ДВП, звуконепроникні тканини).

Для забезпечення звукопоглинання випускають плити, рулони, сипкі матеріали, з цією метою використовують також і штукатурку, яка має

гладкопористу структуру.

Останнім часом розповсюдження набули плити типу «Акмігран», «Силакпор». Застосовують також гіпсові й азбестоцементні перфоровані плити.

*Звукоізоляційні матеріали* в основному використовуються для ізоляції від ударного і повітряного шуму, що проходить через конструкцію і є матеріалами прокладок, які сильно знижують швидкість розповсюдження звуку. Оптимальне поєднання всіх звукоізоляційних характеристик в приміщенні одержують при застосуванні пористо-волокнистих, гумоподібних матеріалів з губчастою структурою.

### **Контрольні запитання**

1. Що називають теплоізоляційними матеріалами і основні вимоги до них?
2. Класифікація теплоізоляційних матеріалів.
3. Що називають акустичними матеріалами?
4. Класифікація акустичних матеріалів.
5. Сфери застосування теплоізоляційних і акустичних матеріалів.

### **Завдання для самостійної роботи**

1. Призначення теплоізоляційних матеріалів.
2. Призначення акустичних матеріалів.

**Короткий словник спеціальних термінів, що використовуються для вивчення дисципліни « Будівельне матеріалознавство»**

1. **Адгезія** – (від лат. *athaesto* – приліплювання), зчеплення поверхонь різнорідних тіл.

2. **Адсорбція** – (від лат. *ad* – на, *sorbeo* – поглинаю), поглинання газів, пари або рідин поверхневим шаром твердого тіла (адсорбенту).

3. **Анізотропність** – (від грець. *anisos* – нерівний і *tropos* – напрямок), залежність властивостей середовища від напрямку.

4. **Аморфність** – (від грець. *amorhos* – безформний) – безформність, розпливчатість.

5. **Біостійкість** – здатність матеріалів чинити опір впливу біологічних процесів, які виникають при експлуатації матеріалів у спорудах.

6. **В'язкість** – властивість рідин і газів, що характеризує опір діючій зовнішній силі, що викликає течію.

7. **В'язучі речовини** – дрібнодисперсні порошки мінерального походження, при контакті з водою перетворюються в пластичну масу, потім у міцний кам'яний матеріал.

8. **Гідратація** – приєднання води до речовини.

9. **Дегідратація** – відщеплення води від хімічних сполук; реакція, зворотна гідратації.

10. **Декарбонізація** – хімічна реакція, що супроводжується виділенням вуглекислого газу.

11. **Деструкція** – (від лат. *destructio* – руйнування), порушення, руйнування нормальної структури речовини.

12. **Диспергування** (від лат. *dispergo* – розсіюю) – тонке подрібнювання твердого тіла, в результаті якого утворюються дисперсні системи: порошки, суспензії, емульсії.

13. **Дисперсність** – характеристика розміру часток у дисперсних системах.

14. **Довговічність** – властивість виробу зберігати працездатність до

граничного стану з необхідними перервами на ремонт. Вимірюється терміном служби без втрат експлуатаційних якостей.

15. **Затворення** – замішування в'язучих речовин із водою або розчинами солей.

16. **Ізотропність** – (від грець. tropos – поворот, напрямок) – незалежність властивостей фізичних об'єктів від напрямку.

17. **Карбонізація** – приєднання вуглекислого газу до речовини.

18. **Коагуляція** – (від лат. coagulatio – згортання) – зчеплення часток дисперсної фази при їх зіткненні в процесі броунівського руху.

19. **Корозія** – довільне руйнування матеріалів, викликане хімічними та електрохімічними процесами, що проходять у них при взаємодії з зовнішнім середовищем.

20. **Матриця** – компонент, безперервний по всьому об'єму композиційного матеріалу, який забезпечує визначену міцність зчеплення з наповнювачем, передає навантаження окремим частинкам наповнювача і сприймає напруження.

21. **Надійність** – загальна властивість, що включає: безвідмовність, ремонтпридатність, збереження.

22. **Структура** – визначене розташування у просторі окремих структурних елементів з урахуванням їх кількісного співвідношення та характеру зв'язку між ними.

23. **Тиксотропність** – (від грець. thixis – дотик, trope – поворот, зміна) – здатність дисперсних систем відновлювати початкову структуру, зруйновану механічним впливом.

24. **Хімічна активність** – реакційна здатність при взаємодії з іншими матеріалами.

25. **Шамот** – зернистий порошок із зернами 0,16...2,5 мм, що отримують подрібненням попередньо випаленої до спікання глини.

## Літературні джерела

1. Кривенко П.В., Пушкарьова К.К. Будівельне матеріалознавство. – К: ТОВ УАВК «Екс Об», 2004. – 704 с.
2. Захарченко П.В., Долгий Е.М. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали. – К: КНУБА, 2005. – 512 с.
3. Будівельне матеріалознавство: навч. посіб. / С.В. Піддубний, М.В. Білошицький, В.М. Соколенко; Східноукр. нац. ун-т ім. Володимира Даля. - Северодонецьк: СНУ ім. В. Даля, 2021. - 147 с. - ISBN 978-617-11-0212-5
4. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини / В.І. Гоц, В.В. Павлюк, П.С. Шилюк. – К.: Основа, 2016. – 568 с.
5. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство: підручник / Л.Й. Дворкін, С.Д. Лаповська. – Рівне: НУВГП, 2016. – 448 с.
6. Будівельне матеріалознавство: підручник / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, В.Б. Барановський та ін.; за ред. д.т.н., проф. П.В. Кривенко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2012. – 624 с.
7. Кондращенко О.В. Будівельне матеріалознавство : навч. посіб. / О.В. Кондращенко, Т.Д. Рищенко. – Х.: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2015. – 277 с.

## Нормативні джерела:

8. Будівельні матеріали. Вапно будівельне. Технічні умови. Поправка: ДСТУ Б В.2.7–90:2011 – [Чинний від 01.10.2012 р.]. – К.: Мінрегіон України, 2012. – 19 с.
9. Будівельні матеріали. В'яжучі гіпсові. Технічні умови. Поправка: ДСТУ Б В.2.7 – 82:2010. – [Чинний від 23.04.2013.]. – К.: Держбуд України, 2013. – 27 с.
10. Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності (EN 196-1:2016, IDT). ДСТУ EN 196-1:2019 – [Чинний від 01.01.2020.]. – К.: Мінбуд України, 2019. – 24 с.
11. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7–114 – 2002. – [Чинний від 01.07.2002 р.]. – К.: Держбуд України, 2002. – 25 с.
12. Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення міцності на згин і

стиск: ДСТУ Б В.2.7–187:2009. – [Чинний від 01.08.2010 р.]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 18 с.

13. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу: ДСТУ Б В.2.7–215:2009. – [Чинний від 01.09.2010 р.]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – IV, 14 с.

14. Бетони важкі. Технічні умови: ДСТУ 9208:2022. – [Чинний від 01.09.2023 р.]. – К.: Держкоммістобудування України, 2022. –16 с

Навчальне видання

## КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни «БУДІВЕЛЬНЕ МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО»

Частина 2

*(для здобувачів вищої освіти*

*спеціальності G19 «Будівництво та цивільна інженерія»)*

*(Електронне видання)*

Укладачі: БІЛОШИЦЬКИЙ Микола Володимирович

ТАТАРЧЕНКО Галина Олегівна

БІЛОШИЦЬКА Наталія Іванівна

Оригінал - макет Н.І. Білошицька

Підписано до друку \_\_\_\_\_

Формат 60×84<sup>1/16</sup>. Папір типограф. Гарнітура Times.

Друк офсетний. Умов. друк. арк. \_\_\_\_ . Обл.-вид.арк. \_\_\_\_ .

Тираж \_\_\_\_ прим. Вид. № \_\_\_\_ . Замовл. № \_\_\_\_ . Ціна договірна.

Видавництво Східноукраїнського національного університету  
імені Володимира Даля

Адреса видавництва: м. Київ, вул. Іоанна Павла II буд 17, Телефон: +38(050) 218  
04 78, факс (064 52) 4 03 42

E-mail: [vidavnictvosnu.ua@gmail.com](mailto:vidavnictvosnu.ua@gmail.com)

E-MAIL: UNI@SNU.EDU.UA