

Ю.Г. Гасан, Т.М. Пащенко

Будівельні матеріали

в двох частинах

частина 1

*Рекомендовано
Міністерством освіти і науки,
молоді та спорту
України як посібник
для студентів
будівельних
спеціальностей
вищих навчальних
закладів I-IV рівнів
акредитації*

УДК
ББК
ISBN

Автори: Гасан Юрій Гусейнович, кандидат технічних наук, професор Київського національного університету будівництва і архітектури
Пащенко Тетяна Миколаївна, кандидат педагогічних наук, викладач-методист Ржищівського будівельного технікуму

Рецензенти: В.А. Свідерський, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри хімічної технології композиційних матеріалів національного університету „КПІ”

В.В. Мозговий, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри дорожно - будівельних матеріалів і хімії національного транспортного університету

В.Б. Барановський кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельних матеріалів Київського національного університету будівництва і архітектури

У першій частині навчального посібника розглянуті основні положення про утворення природних і створення неорганічних матеріалів, детально розглянуто взаємозв'язок між складом, структурою, властивостями та технологією їх виготовлення. Особливу увагу приділено ефективним матеріалам і технологіям, питанням екології та можливостям використання супутніх продуктів і місцевої сировини при виготовленні неорганічних будівельних матеріалів.

Посібник складений згідно з діючими програмами дисциплін „Будівельні матеріали” і „Будівельне матеріалознавство” та призначений для студентів будівельних спеціальностей вищих навчальних закладів I-IV рівнів акредитації, що дозволить взаємопов'язувати процес навчання у вищих ПТУ, коледжах, технікумах, інститутах, академіях з університетами, реалізуючи ідею безперервного навчання, та фахівців, що працюють в галузі будівництва.

©

ЗМІСТ

ЗМІСТ	3
ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	9
1.1 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ	9
1.2 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ	13
1.3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ	18
1.4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ	26
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	26
ТЕСТИ	28
РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ	30
2.1 ПОХОДЖЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД	30
2.2 ВІДОМОСТІ ПРО МІНЕРАЛИ	31
2.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ ГІРСЬКИХ ПОРІД	32
2.4 ВИДОБУВАННЯ ТА ОБРОБКА ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ	35
2.5 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ	37
2.6 ЗАХИСТ ПРИРОДНИХ КАМ'ЯНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД РУЙНУВАННЯ	39
2.7 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ГІРСЬКИХ ПОРІД	39
2.8 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	40
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	41
ТЕСТИ	42
РОЗДІЛ 3. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ І ВИРОБИ	46
3.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	46
3.2 СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІКИ	48
3.3 ВИРОБНИЦТВО КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ	49
3.4 СТІНОВІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ	52
3.5 КЕРАМІЧНІ ВИРОБИ ДЛЯ ОБЛИЦЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ	56
3.6 ВИРОБИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ	61
3.7 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ КЕРАМІКИ	64
3.8 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	67
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	68
ТЕСТИ	69
РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ	74
4.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СКЛО. СИРОВИНА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛА. ВЛАСТИВОСТІ СКЛА	74
4.2 ВИДИ ЛИСТОВОГО СКЛА	77
4.3 ВИРОБИ ІЗ СКЛА	78
4.4 МАТЕРІАЛИ ІЗ СКЛА ДЛЯ ОБЛИЦЮВАННЯ	81
4.5 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІЗ ШЛАКОВИХ РОЗПЛАВІВ. КАМ'ЯНЕ ЛИТВО	83
4.6 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ	84
4.7 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	85

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	86
ТЕСТИ	86
<i>РОЗДІЛ 5. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ.....</i>	<i>91</i>
5.1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ	91
5.2 ПОВІТРЯНЕ ВАПНО.....	94
5.3 БУДІВЕЛЬНИЙ ГПС: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ.....	96
5.4 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНОГО ГПСУ	97
5.5 МАГНЕЗІАЛЬНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ	98
5.6 РІДИННЕ СКЛО І КИСЛОТОТРИВКИЙ ЦЕМЕНТ	99
5.7 ГІДРАВЛІЧНЕ ВАПНО	99
5.8 ВИРОБНИЦТВО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ	100
5.9 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ. ТЕОРІЯ ТВЕРДІННЯ ЦЕМЕНТУ.....	102
5.10 РІЗНОВИДИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ.....	105
5.11 СПЕЦІАЛЬНІ ЦЕМЕНТИ	108
5.12 ГПСОЦЕМЕНТНОПУЦОЛАНОВІ В'ЯЖУЧІ	109
5.13 В'ЯЖУЧІ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДІННЯ.....	110
5.14 ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЦЕМЕНТІВ.....	110
5.15 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ.....	111
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	112
ТЕСТИ	112
<i>РОЗДІЛ 6. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ.....</i>	<i>120</i>
6.1 ВИДИ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ.....	120
6.2 ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНОВОЇ СУМІШІ	121
6.3 ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНУ	122
6.4 МУРУВАЛЬНІ ТА МОНТАЖНІ РОЗЧИНИ.....	122
6.5 ОПОРЯДЖУВАЛЬНІ РОЗЧИНИ	123
6.6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗЧИНИ	124
6.7 СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ	124
6.8 СУЧАСНІ РОЗЧИНИ.....	128
6.9 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ.....	130
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ.....	130
ТЕСТИ	130
<i>РОЗДІЛ 7. БУДІВЕЛЬНІ БЕТОНИ.....</i>	<i>134</i>
7.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЕТОНИ.....	134
7.2 ВАЖКИЙ БЕТОН. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВАЖКИХ БЕТОНІВ.....	136
7.3 ВЛАСТИВОСТІ БЕТОННОЇ СУМІШІ. ДОБАВКИ ДО БЕТОННОЇ СУМІШІ....	139
7.4 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ	142
7.5 ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ ЗА МЕТОДОМ АБСОЛЮТНИХ ОБ'ЄМІВ	146
7.6 ПРИГОТУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА УКЛАДАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ	151
7.7 СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ВАЖКИХ БЕТОНІВ	153

7.8 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛЕГКІ БЕТОНИ. ЛЕГКІ БЕТОНИ СУЦІЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА ПОРИСТИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ	155
7.9 КРУПНОПОРИСТИЙ БЕТОН: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ	156
7.10 НІЗДРЮВАТИЙ БЕТОН: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ	156
7.11 СУЧАСНІ БЕТОНИ	158
7.13 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	168
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	169
ТЕСТИ	170
<i>РОЗДІЛ 8. МОНОЛІТНІ ТА ЗБІРНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ І БЕТОННІ ВИРОБИ І КОНСТРУКЦІЇ</i>	<i>175</i>
8.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАЛІЗОБЕТОН	175
8.2 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ	176
8.3 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ	178
8.4 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ БУДІВЕЛЬ І ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД	179
8.5 ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ	180
8.6 СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	181
8.7 ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СКЛАДУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ	182
8.8 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОНУ	183
8.9 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	183
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	184
ТЕСТИ	185
<i>РОЗДІЛ 9. МАТЕРІАЛИ НА НИЗЬКОЕНЕРГОСМНИХ РЕЧОВИНАХ</i>	<i>187</i>
9.1 СИЛКАТНІ ВИРОБИ ТА МАТЕРІАЛИ	187
9.2 ВИРОБИ НА ОСНОВІ ГПСОВИХ В'ЯЖУЧИХ	191
9.3 ВИРОБИ НА ОСНОВІ МАГНЕЗІАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ	193
9.4 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН	194
9.5 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ	194
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	194
ТЕСТИ	195
<i>РОЗДІЛ 10. ЛУЖНІ І ШЛАКОЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ ТА БЕТОНИ</i>	<i>199</i>
10.1 ШЛАКОЛУЖНІ В'ЯЖУЧІ	199
10.2 ШЛАКОЛУЖНІ БЕТОНИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ	199
ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ	202
<i>ВІДПОВІДІ НА ТЕСТИ</i>	<i>203</i>
<i>НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ</i>	<i>208</i>

ВСТУП

Однією з важливих галузей господарства є капітальне будівництво, ефективність якого значною мірою пов'язана з використанням нових будівельних матеріалів і конструкцій. Їхня вартість становить 50...70 % вартості всього обсягу будівельно-монтажних робіт, тому дуже важливо вміти технічно грамотно і обґрунтовано визначати номенклатуру та режим зберігання їх.

Номенклатура будівельних матеріалів численна і різноманітна. У будівництві використовують як природні матеріали, так і штучні вироби і конструкції.

Будівельні матеріали – це речовини (пісок, глина, деревина, цемент, вапно та ін.), які використовують для будівництва або виготовлення з них будівельних виробів і конструкцій.

Будівельні вироби і конструкції – це закінчені елементи, які виготовляють з будівельних матеріалів. Вони мають чітку форму, точні розміри, відповідають встановленим вимогам. До виробів належать цегла, керамічні плитки, склоблоки, арматура тощо. Конструкції – це елементи будівель і споруд (залізобетонні, дерев'яні чи металеві ферми, балки, панелі тощо).

У сучасному будівництві для вирішення соціальних проблем суспільства все більшого значення набувають прогресивні *ефективні матеріали*, які дають змогу знизити матеріаломісткість конструкцій, забезпечити їхню високу якість, зменшити витрати праці та енергоресурсів під час виготовлення й експлуатації. Розв'язанню економічних та екологічних питань сприяє виготовлення високоякісних будівельних матеріалів з відходів та супутніх продуктів інших виробництв.

Місцеві будівельні матеріали – це будівельні матеріали, які виготовляють на місці будівництва, або для їх виготовлення використовують відходи виробництва і сільського господарства (зола, шлак, відходи деревини, солома, лушпиння, костриця).

Будівельні матеріали класифікують за різними ознаками. За походженням та створенням їх поділяють на природні і штучні. За хімізмом складових речовин – на органічні (мінеральні) і органічні. Дуже поширеною в літературі є класифікація матеріалів по застосуванню в будівництві.

Композиційними матеріалами називають матеріали, які утворені завдяки сполучення хімічно різнорідних компонентів з чіткою границею поділу між ними, які мають відмінні властивості від властивостей вихідних компонентів.

Модифікованими називають матеріали з хімічними, або мінеральними добавками, чи оброблені іншими новітніми технологіями, які суттєво змінюють експлуатаційні властивості і розширюють галузі їх застосування у будівництві.

Капітальне будівництво є однією з найважливіших галузей господарства, що характеризує економічний потенціал держави. Підвищення ефективності будівництва передбачає, насамперед, широке використання прогресивних науково-технічних досягнень, скорочення витрат матеріальних, паливно-енергетичних та трудових ресурсів на виробництво будівельної продукції.

Будівництво в сучасних умовах набуло високих темпів, що призвело до росту виробництва будівельних матеріалів в Україні (рис.1). Виробництво цементу в липні 2012 року збільшилося на 3,9% в порівнянні з аналогічним періодом 2011 року – до 1,096 млн. тонн. За інформацією Держкомстату, в порівнянні з 2010 року виробництво цементу в 2011 році виросло на 11,2%.

У той же час виробництво складальних конструкцій з цементу, бетону і штучного каменю в Україні за 2011 рік піднялося на 10,4% в порівнянні з 2010 роком – до 1432 млн. умовних штук.

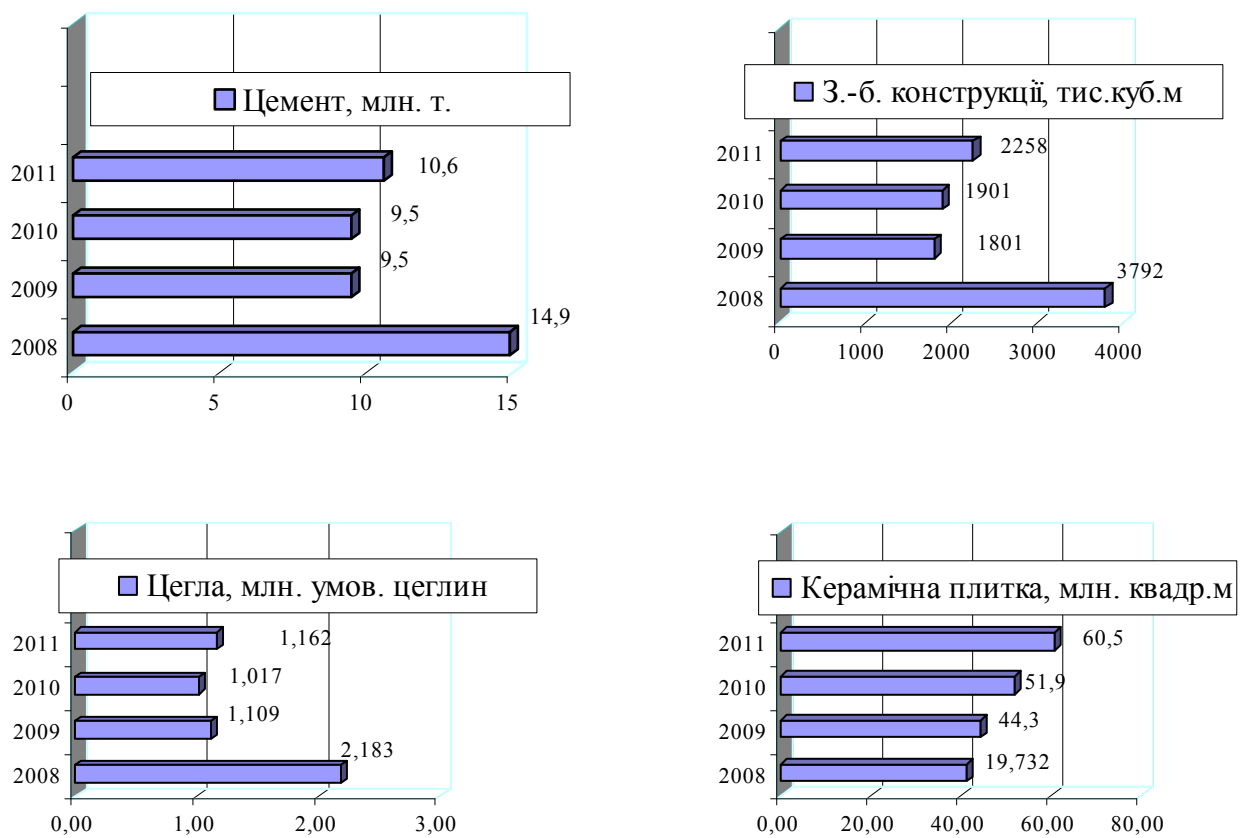


Рис. 1. Діаграми виробництва основних будівельних матеріалів в Україні.

За повідомленням Держкомстату, в серпні 2012 року в країні вироблено 105 млн. штук умовної цегли, що на 4,1 % менше, ніж в серпні 2012 року, тоді як в липні 2012 року ріст виробництва склав 0,1 % в порівнянні з липнем 2011 року (за матеріалами „Інтерфакс-Україна”).

У наш час у будівництві використовують як традиційні матеріали (цеглу, цемент, деревину), так і сучасні (полімерні, скловолокнисті, азбестоцементні та ін.), які значно розширюють можливості будівельників. Україна багата на сировину, має широку виробничу базу для випуску найважливіших будівельних матеріалів. Сировиною для будівельних матеріалів можуть бути також промислові відходи, що накопичилися на промислових підприємствах України.

Від якості будівельних матеріалів залежать якість і довговічність будівель і споруд. Якість будівельних матеріалів визначається нормативними документами: державними стандартами України (ДСТУ), технічними умовами України (ТУУ), будівельними нормами і правилами (СНиП), державними будівельними нормами (ДБН), які містять основні вимоги до будівельних матеріалів, методи визначення властивостей, правила зберігання та транспортування.

Стандарти розробляють на основі новітніх досягнень науки і техніки. Стандарти й технічні умови на будівельні матеріали, вироби й конструкції є нормативними документами. Рік затвердження кожного документа дається двома останніми цифрами в символічному запису його назви. Поряд із згаданими нормативними документами діють будівельні норми і правила (рос. СНиП), які містять номенклатуру даної групи матеріалів, деталей, конструкцій, основні вказівки щодо обсягово-планувального та конструктивного проектування, передбачають поділ споруд на класи.

Мета вивчення дисципліни „Будівельне матеріалознавство” – набуття знань та умінь з основ виробництва будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, їх властивостей, марок, специфіки застосування в будівництві.

Структура посібника відповідає програмі дисципліни і складається з 16 розділів, поділ на які здійснено за технологічною ознакою отримання будівельних матеріалів з урахуванням виду вихідної сировини. Кожний розділ містить головні принципи класифікації тих чи інших матеріалів, особливості впливу технології переробки й вихідного складу сировини на структуру та властивості будівельних матеріалів і виробів на їхній основі. Наведені основні методи випробування найпоширеніших будівельних матеріалів з урахуванням сучасного рівня сертифікації продукції.

РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Ця група властивостей характеризує особливості візичного стану матеріалу, а також його здатність реагувати на зовнішні фактори, що не впливають на хімічний стан матеріалу.

Істинна густина – це відношення маси матеріалу до його об'єму в абсолютно щільному стані, тобто без пор і пор:

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$

де m – маса матеріалу, кг або г;

V_a – об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані, m^3 або $см^3$.

Істинну густину вимірюють у грамах на кубічний сантиметр ($г/см^3$) або в кілограмах на кубічний метр ($кг/м^3$).

Середня густина – фізична величина, яка визначається відношенням маси до всього об'єму, включаючи пори та пороти;

$$\rho_m = \frac{m}{V}$$

де m – маса матеріалу, кг або г,

V – об'єм матеріалу в натуральному стані, m^3 або $см^3$.

На середню густину впливає вологість матеріалу. Для сипких матеріалів середню густину називають **насипною густиною**.

Часто густину матеріалу відносять до густини води при температурі $4^\circ C$, яка дорівнює $1 г/см^3$; отримувана безрозмірна величина називається **відносною густиною**, і позначається літерою d .

У табл. 1.1 наведено числові значення густини будівельних матеріалів. Середня густина – параметр, необхідний для визначення обсягів робіт, транспортування, складування будівельних матеріалів, для розрахунків будівельних конструкцій.



Приклад 1. Визначити масу ґрунту (глини), який треба вирити для розробки траншеї 100 м завдовжки, 50 см завширшки, 1 м завглибшки.

Розв'язок: Спочатку потрібно визначити об'єм ґрунту:

$$V = a \times b \times h = 100 \times 0,5 \times 1 = 50 \text{ м}^3$$

За таблицею 1 знайдемо середню густину глини:

$$\rho_m = 1600 \text{ кг/м}^3.$$

$$\text{Маса ґрунту: } m = \rho_m \times V = 1600 \times 50 = 80000 \text{ кг} = 80 \text{ т}$$

За густиною матеріалу можна визначити його пористість.

Таблиця 1.1
Густина деяких будівельних матеріалів, кг/м³

Матеріал	Істинна густина	Середня густина
Гіпс	2600-2800	900-1200
Глина	2600...2700	1400...1600
Граніт	2700...2800	2600...2800
Бетон важкий	2600...2900	2000...2500
Бетон легкий	2600...2900	до 2000
Вапняк щільний	2400-2600	2100-2400
Деревина сосни	1550	500-600
Дуб	1550	700...900
Піноскло	2450...2650	180...800
Пінопласт	1200...1400	10...20
Пісок кварцовий	2650...2700	1400...1600
Скло	2450...2650	2450...2650
Сталь	7850	7850
Туф вулканічний	2600-2800	900-2100
Цегла керамічна повнотіла	2650...2700	1600...1800
Цегла силікатна повнотіла	2700-2900	1700-1900
Портландцемент	3000...3200	1300

Пористість – це ступінь заповнення об'єму будівельного матеріалу порами розміром до 3 мм:

$$\Pi = \frac{(\rho - \rho_m)}{\rho} 100\%, \text{ або } \Pi = \frac{\rho - \rho_m}{\rho}$$

Пористість будівельних матеріалів коливається від 0 до 95 %, а в сумі з густиною дорівнює 100 %, або 1. У табл. 1.2 наведено числові значення пористості будівельних матеріалів.

Пористість впливає на міцність, морозостійкість, теплопровідність, водопоглинання. За характером пори можуть бути відкритими і закритими, тобто недоступними для заповнення водою.

Таблиця 1.2.

Пористість деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Пористість, %	Матеріал	Пористість, %
Базальт	0,6...19	Деревина	50...75
Граніт	0,1...6,9	Цегла звичайна	30...40
Діабаз	0,2...10,6	Бетон важкий	10...35
Габро	0,3...4	Бетон легкий	30...80
Мармур	0,4...3	Скло будівельне	0
Вапняк	2...35	Сталь будівельна	0
Пісковик	2...40	Пінопласти	95...98

Матеріали з великою кількістю пор, але закритих, морозостійкі, оскільки поглинають мало води. Матеріали з відкритими порами не можуть застосовуватися в умовах високої вологості.

Пустотність характеризує наявність технологічних пустот у будівельних виробках або пустот між зернами в сипких матеріалах.

Водопоглинання – здатність матеріалу всмоктувати й утримувати вологу при безпосередньому контакті з водою. Щоб визначити водопоглинання, зразок матеріалу поступово занурюють у воду й витримують там доти, доки він не набере сталої маси. Водонаситити матеріал до остаточного заповнення доступних для води пор можна кип'ятінням з наступним охолодженням у воді або під вакуумом.

Водопоглинання за масою W_m , %, визначають як відношення кількості поглинутої води до маси сухого матеріалу:

$$W_m = \frac{m_H - m_C}{m_C} 100\%,$$

де m_H , m_C – маси матеріалу відповідно в насиченому водою та сухому стані, г.

Водопоглинання за об'ємом W_V , %, характеризується ступенем заповненості пор матеріалу водою при насиченні й виражається відношенням об'єму поглинутої води до загального об'єму матеріалу в природному стані:

$$W_V = \frac{m_H - m_C}{V \cdot \rho_e} 100\%$$

де $m_H - m_C$ – маса поглинутої води, г;

V – об'єм матеріалу, см³,

ρ_e – густина води, г/см³.

Величини W_m та W_V характеризують граничний випадок, коли будівельний матеріал більше не може всмоктувати вологу за звичайних умов.

Відношення водопоглинання за об'ємом до пористості називається *коефіцієнтом водопоглинання (насичення)*:

$$K_e = \frac{W_V}{\Pi}$$

Відношення водопоглинання за об'ємом і за масою чисельно дорівнює відносній густині будівельного матеріалу:

$$\frac{W_V}{W_m} = \frac{(m_n - m_c)m_c}{\rho_s V(m_n - m_c)} = \frac{m_c}{\rho_s V} = \frac{\rho_m}{\rho_s} = d \text{ звідки } W_V = W_m d.$$

Водопоглинання за об'ємом завжди менше 100 %, а за масою для дуже пористих матеріалів (теплоізоляційних) з відкритими порами може значно перевищувати 100 % (пінополіуретан).

Таким чином, водопоглинання матеріалу пов'язане з показником середньої густини, залежить від характеру пористості й коливається в широких межах для різних будівельних матеріалів, %: для керамічної цегли – 8...20, важкого бетону – 2...6, вапняку – 1,5...3, граніту – 0,02...0,70 тощо.

Насичення матеріалів водою істотно позначається на їхніх найважливіших властивостях: підвищується середня густина, теплопровідність, знижується міцність, морозостійкість.

Вологість ω визначається вмістом вологи в порах і на поверхні пор матеріалу за масою або об'ємом в процентах, причому цей вміст значно менший за показник водопоглинання. Вологість матеріалу в будівельних конструкціях залежить від вологості навколишнього середовища, атмосферних явищ (дощ, танення снігу). Із зволоженням погіршуються теплозахисні властивості, морозостійкість та інші показники. Вологість матеріалу, %,

$$\omega = \frac{m_B - m_C}{m_C} 100\%$$

де m_B , m_C – маса відповідно вологого та сухого матеріалу, г.

Вологовіддача – це здатність матеріалу віддавати воду при зміні температури та вологості навколишнього середовища. Ця здатність характеризується інтенсивністю втрат вологи за добу при відносній вологості навколишнього повітря 60 % і температурі 20 °С. Коли матеріал обдувається сухим повітрям, волога дифундує з матеріалу, кількість її знижується доти, доки не настане вологова рівновага.

Гідрофільність – це здатність матеріалу зв'язувати воду й змочуватися водою. Майже всі будівельні матеріали є гідрофільними, й пори в них легко заповнюються водою. Це не стосується

водонепроникних матеріалів, що не насичуються водою незалежно від того, які властивості має їхня поверхня.

Основною причиною гідрофільності більшості будівельних є природа їхньої поверхні. Зокрема, водою змочуються тіла, поверхня, яких містять аніони, або атоми, здатні притягувати молекули води за рахунок утворення водневого зв'язку.

Гідрофобність – це здатність твердого тіла не змочуватися водою (відштовхувати воду). Проникнення води крізь пори, що мають гідрофобну внутрішню поверхню, значно ускладнене, хоча вони легко пропускають повітря та водяну пару. Гідрофобність матеріалів визначається насамперед хімічною природою його поверхні та рідин тобто фаз, які взаємодіють. До гідрофобних належать парафін, жирові мастила, бітум і т. п.

Гідрофобізація – це процес надання поверхні гідрофільних матеріалів здатності відштовхувати воду, тобто гідрофобності, Гідрофобізацію виконують нанесенням на поверхню матеріалу найтоншого водовідштовхуючого покриття, що утворюється під час обробки її гідрофобізаторами (спеціальними поверхнево-активними речовинами).

Гідрофобізація сприяє підвищенню водонепроникності, водо- та морозостійкості, збереженню кольору та фактури будівельних матеріалів,

Вологові деформації – це здатність матеріалу змінювати свій об'єм із зміною вологості, що може спричинитися до структурних напружень у матеріалі.

Властивості матеріалу при зволоженні (насиченні) водою збільшуватися в об'ємі називають набуханням (глина, деревина). Це явище пояснюється тим, що полярні молекули води, проникаючи між частинками речовини або волокнами, які утворюють матеріал, розклинують їх. Вироби можуть покоровитися.

Із зменшенням вологості (з висиханням) деякі матеріали дають усадку, тобто зменшуються в об'ємі та розмірах (наприклад, паркет), оскільки часточки матеріалу зближуються під дією капілярних сил. Через нерівномірність висихання у матеріалі (наприклад, у цеглі-сирці) можуть виникати тріщини.

Навперемінне зволоження й висихання може призвести навіть до руйнування матеріалу.

1.2 МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Міцність – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією зовнішніх навантажень.

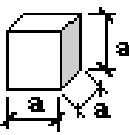
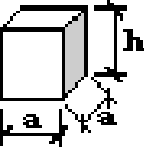
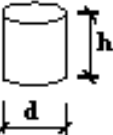

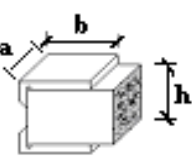
Матеріали в будівлях найчастіше зазнають напружень стиску, розтягу, вигину, зрізу, удару. Основною характеристикою міцності є границя міцності – напруження, що відповідає навантаженню, при якому матеріал руйнується.

Границя міцності R , вимірюється в МПа:
 $1 \text{ МПа} = 1 \text{ Н/мм}^2 = 100 \text{ Н/см}^2 = 0,1 \text{ кН/см}^2 = 10 \text{ кгс/см}^2$.

На різні види навантажень випробовують різні зразки, а для визначення границі міцності використовують відповідні формули (табл. 1.2.1 і 1.2.2).

Таблиця 1.2.1

Схема стандартних методів визначення границі міцності при стиску

Зразок	Ескіз	Формула	Матеріал	Розміри стандартного зразка, см
<i>Куб</i>		$R_{cm} = \frac{P}{a^2}$	Бетон Розчин Природний камінь	a=15 a=7,07 a=5; 10...
<i>Призма</i>		$R_{cm} = \frac{P}{a^2}$	Бетон Деревина	a=10;15; 20 h=40; 60; 80 a=2; h=3.
<i>Циліндр</i>		$R_{cm} = \frac{4P}{\pi d^2}$	Бетон Природний камінь	d=15; h=30 d=h=5; 7; 10;15
<i>Складений</i>		$R_{cm} = \frac{P}{ab}$	Цегла	a=12,5; b=12; h=14
<i>Половинка балочки</i>		$R_{cm} = \frac{P}{ab}$	Цемент, гіпс, розчин	a=4 h=4 b=4; 6,25

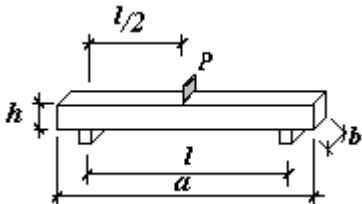
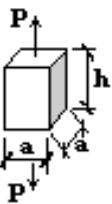
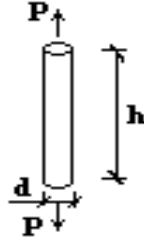
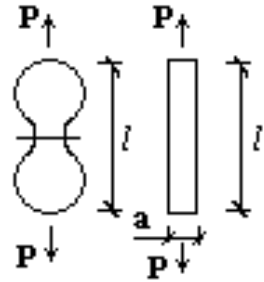
Міцність будівельних мінеральних матеріалів характеризують маркою, яка відповідає границі міцності при стиску, одержаній випробуванням стандартних зразків.

Границі міцності при стиску, згині та розтягу (табл. 1.2.3) визначають випробуванням зразків матеріалів до їхнього руйнування за допомогою гідравлічних пресів, розтягувальних машин, а також

неруйнівними (адеструктивними) методами, серед яких розрізняють механічні та фізичні (акустичні, електричні тощо).

Таблиця 1.2.2

Схема стандартних методів визначення границі міцності при згині і розтягу

Зразок	Ескіз	Формула	Матеріал	Розміри стандартного зразка, см
<i>Призма (балочка)</i>		$R = \frac{3P\ell}{2bh^2}$	Цемент, гіпс, розчин,	a=16; b=h=4; ℓ=10
			цегла,	a=25; b=12; h=6,5; ℓ=20;
			деревина,	b=h=2; a=30; ℓ=24;
			бетон	a=60; b=15; h=15
<i>Призма</i>		$R_{роз} = \frac{P}{a^2}$	Бетон	a=5; h=50 a=10; h=80.
<i>Стержень</i>		$R_{см} = \frac{4P}{\pi d^2}$	Сталь	d=1; ℓ=10
<i>„Вісімка” штабка</i>		$R_{см} = \frac{P}{S}$	Бітум картон, руберойд, толь	ℓ=75 a=5; ℓ=22;

Таблиця 1.2.3

Міцність деяких будівельних матеріалів

Матеріал	Границя міцності, МПа		
	при стиску	при згині	при розтягу
Граніт	100...250	14	8
Бетон важкий	10...80	0,5...10	1...4
Сосна вздовж волокон	30...65	60...120	70...130
Склопластик	250...400	240...550	220...350
Сталь	210...600	-	380...450
Цегла керамічна	7,5...30	1,5...5,0	0,8...3,0

Щоб оцінити порівняльну ефективність будівельних матеріалів, використовують *коефіцієнт конструктивної якості* $K_{к.я.}$, який характеризується відношенням границі міцності при стиску або розтягу до відносної густини:

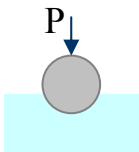
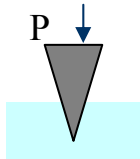
$$K_{к.я.} = \frac{R}{d},$$

де R – границя міцності, МПа;

d – відносна густина.

Для цегли $K_{к.я.} = 11$, для важкого бетону – 21, сталі – 5,2, сосни – 95, СВМ (різновид склопластику) – 225.

Твердість – це здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, твердішого матеріалу. Твердість матеріалу істотно впливає на трудомісткість оброблювання. Для різних матеріалів твердість визначається різними методами:

для кам'яних матеріалів	для металів, бетонів, деревини	
шкала твердості	сталева	алмазний конус
тальк – 1	кулька	
гіпс – 2		
кальцит – 3		
плавиковий шпат – 4		
апатит – 5		
ортоклаз – 6		
кварц – 7		
топаз – 8		
корунд – 9		
алмаз – 10		
	число твердості за Брінеллем $HB = P / S$ S – площа поверхні відбитку	

Стіраність – це здатність матеріалу зменшуватися за масою і об’ємом під дією стиральних зусиль абразивного матеріалу. Визначається за формулою, кг/м^2 ,

$$C_m = \frac{(m_1 - m_2)}{S},$$

де m_1 і m_2 – маса зразка відповідно до й після стирання, кг ;

S – площа стираної поверхні, м^2 .

Показник стираності визначають для матеріалів підлог, доріг, сходів, тротуарів. Для граніту стираність – 1...5, керамічних плиток – 2,5...3, цементного розчину – 6...15 кг/м^2 .

Ударна міцність – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією ударних навантажень. Опір удару $R_{\text{уд}}$, Дж/м^3 , характеризується роботою, затраченою на руйнування зразка матеріалу до одиниці об’єму матеріалу:

$$R_{\text{уд}} = \frac{ngh}{V},$$

де n – кількість ударів;

g – вага гирі, Н ;

h – висота піднімання, м ;

V – об’єм зразка, м^3 .

Стійкість до спрацювання – це руйнування матеріалу від одночасної дії стирання та ударів. Такої дії зазнають матеріали при експлуатації дорожніх покриттів, підлог тощо.

Спрацювання визначають у спеціальних барабанах з кулями за втратою маси матеріалу після відсіву порошковидної фракції.

Деформативні властивості. При дії зовнішніх навантажень і внутрішніх сил взаємодії елементів об’єму у виробках і конструкціях виникають деформації різного походження. Основними деформативними властивостями є пружність, пластичність, крихкість, повзучість та усадка.

Пружність – це здатність матеріалу деформуватися під дією зовнішніх сил і самочинно відновлювати початкову форму і об’єм, коли припиняється дія навантаження. Найбільше напруження, при якому залишкові деформації мають найменше допустиме за нормами значення, тобто матеріал зазнає оборотних пружних деформацій, називається границею пружності.

Модуль пружності E характеризує *жорсткість* матеріалу, тобто здатність деформуватися під дією зовнішніх сил (сталь, деревина).

Пластичність – це здатність матеріалу під дією зовнішніх сил змінювати свою форму і розміри без руйнування та зберігати змінену форму після зняття навантаження. Пластичність матеріалів та напівфабрикатів істотно впливає на технологію виробництва та основні

будівельні властивості виробів. На пластичність деяких будівельних матеріалів (бітум, деякі полімери) значною мірою впливає температура.

Крихкість – це здатність матеріалу руйнуватися під дією зовнішніх сил без попередньої пластичної деформації. Крихкість – це властивість, протилежна пластичності. Крихі матеріали – чавун, скло, бетон тощо.

Крихкість і пластичність будівельних матеріалів можуть змінюватися не лише під дією температури, а й із зміною вологості та швидкості наростання навантаження, що діє на них. *Наприклад*, глина в сухому стані крихка, а у зволоженому (глиняне тісто) – пластична.

Повзучість – це здатність матеріалу нарощувати деформації при тривалому зовнішньому навантаженні.

Усадка – це здатність матеріалу без зовнішнього навантаження під дією власної ваги та структування виявляти не пружні наростаючі деформації.

1.3 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Довговічність матеріалів зумовлена стабільністю їх фізичних, механічних а також експлуатаційних властивостей. Експлуатаційними (спеціальними) називають властивості, які пов'язані з певними умовами експлуатації і впливом довкілля.

Атмосферостійкість – це здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією атмосферних факторів: сонячного випромінювання, вітру, пилу, газів у повітрі тощо.

Надійність матеріалу залежить від довговічності, безвідмовності, ремонтпридатності та схоронності матеріалу.

Гігієнічність – це здатність матеріалу зберігати свої якості при багаторазовому очищенні та митті робочої поверхні.

Водостійкість – це здатність матеріалу зберігати міцність при тимчасовому чи постійному зволоженні водою. Водостійкість характеризується коефіцієнтом розм'якшення, або водостійкості, який визначається відношенням міцності насиченого водою матеріалу R_H до його міцності в сухому стані R_C .

$$K_p = \frac{R_H}{R_C}$$

Водостійкими вважаються будівельні матеріали з коефіцієнтом розм'якшення понад 0,8. Це означає, що кам'яні природні та штучні матеріали з $K_p < 0,8$ не можна застосовувати в місцях з підвищеною вологістю. Деякі матеріали при зволоженні втрачають міцність і деформуються (цегла-сирець має $K_p = 0$); такі, наприклад, як скло, сталь

тощо не змінюють міцності ($K_p = 1$), а цементний бетон може навіть підвищувати її.

Водопроникність – це здатність матеріалу пропускати крізь себе воду при певному гідростатичному тиску. Ця здатність визначається кількістю води в кубічних метрах, що пройшла крізь одиницю поверхні матеріалу за одиницю часу при сталому (заданому) тиску. Водопроникність характеризується *коефіцієнтом фільтрації* K_f , який вимірюється в метрах за секунду й залежить від щільності матеріалу та його будови. До водонепроникних належать «абсолютно» щільні матеріали (наприклад, скло), а також практично водонепроникні матеріали з дуже малими закритими порами (пінополістирол, газоскло).

Показник коефіцієнта фільтрації особливо важливий для матеріалів, які застосовуються у гідротехнічному будівництві, для водопроводів, каналізаційних систем, резервуарів, а також для покрівельних матеріалів.

Паропроникність – це здатність матеріалу пропускати водяну пару за наявності різниці тиску біля поверхонь огорож. Стіни житлових будинків, лікарень та інших приміщень з вологими процесами мають бути із середини захищені від проникнення водяної пари, оскільки в зимовий час відбувається конденсація пари, різко підвищується вологість матеріалів із зовнішнього боку, що може призвести до зниження міцності й навіть до руйнування конструкції.

Паропроникність характеризується *коефіцієнтом паропроникності* K_n , кг/(м·с·Па). Наприклад, K_n становить: для туфу – $2,4 \cdot 10^{-8}$, для важкого бетону – $1,2 \cdot 10^{-8}$, для сосни (впоперек волокон) – $1,6 \cdot 10^{-8}$, для цегли керамічної – $2,24 \cdot 10^{-8}$, для шлаковати – $10,2 \cdot 10^{-8}$.

Морозостійкість – це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове навперемінне заморожування й відтавання без зниження міцності при тиску понад 15 % (для деяких матеріалів – до 25 %) і втрати маси не більш як 5 %. Марка за морозостійкістю характеризується оптимальним числом циклів заморожування – відтавання, які витримує випробовуваний матеріал. Наприклад, цеглу керамічну випускають марок FI5, F25, F35, F50, F75, F100, дорожній бетон – F50...F200, а гідротехнічний бетон – до F500 (цифри позначають кількість циклів).

Довговічність матеріалів у зовнішніх конструкціях, які в процесі експлуатації зазнають дії води, змінних температур та інших атмосферних чинників, значною мірою залежить від їхньої морозостійкості. Руйнування матеріалів під дією води й морозу можна пояснити такими явищами, Зволоження, наприклад, зовнішніх стін відбувається як із середини внаслідок міграції пари від „тепла до холоду” і наступної її конденсації, так і ззовні – дощ, сніг з вітром. Під

дією морозів вода у великих порах замерзає, а як відомо, перетворення води на лід супроводжується збільшенням об'єму приблизно на 9 %, що спричинюється до виникнення тиску на стінки пор, який становить 210 МПа при температурі $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому в матеріалі з'являються внутрішні напруження, які можуть призвести до його руйнування, особливо, якщо коефіцієнт водопоглинання наближається до одиниці, тобто всі пори відкриті.

Щоб визначити морозостійкість, зразки матеріалу насичують водою, а далі піддають навперемінному заморожуванню при температурі $-15\text{...}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і відтаванню у воді температурою $+15\text{...}+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до певного числа циклів, встановленого нормативними документами, або до початку руйнування зразка.

Найбільш морозостійкими є щільні матеріали з низьким водопоглинанням, однорідні за структурою і такі, що мають високий коефіцієнт розм'якшення. Управляючи капілярно-пористою структурою матеріалу в процесі виготовлення й застосовуючи поверхнево-активні речовини (ПАР), можна регулювати його морозостійкість. Пористі матеріали вважаються ще морозостійкими, якщо ступінь заповненості водою всіх доступних пор (відкриті пори) становить 80...85 %. Коефіцієнт розм'якшення морозостійких матеріалів має бути не нижчим ніж 0,9.

Хімічні властивості це здатність матеріалу до взаємодії з речовинами які контактують з ним.

Хімічна стійкість – це здатність матеріалів протидіяти руйнівному впливу лугів, кислот та мінералізованих середовищ.

Кислото-, лугостійкість і стійкість матеріалу до дії мінералізованих середовищ оцінюють втратою міцності і маси зразка, витриманого у відповідному агресивному середовищі певної концентрації і протягом певного часу, які визначені нормативними документами.

Корозійна стійкість – це здатність матеріалу чинити опір спільній дії різних агресивних факторів і процесів (атмосферні фактори, хімічні та електрохімічні процеси, біологічне руйнування тощо).

Біостійкість – це здатність матеріалу чинити опір руйнівному впливу біологічних процесів, які можуть виникнути під час експлуатації споруди (мох, лишайники, грибкові організми).

Газопроникність – це здатність матеріалу пропускати крізь свою товщу газу при наявності різниці тиску біля поверхонь чи без такої різниці, але при різних температурах газів біля протилежних поверхонь. Газопроникність оцінюється коефіцієнтом газопроникності K_2 , кг/(м²·с·Па), який визначається масою газу, що пройшов крізь 1 м² площі шару матеріалу завтовшки 1 м за 1 с, коли різниця тиску 1 Па.

Газопроникність матеріалу залежить насамперед від кількості й характеру пор та вологості.

Термічні властивості виявляються при дії на матеріал температури.

Теплопровідність – це здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях. Така здатність характеризується коефіцієнтом теплопровідності, Вт/(м·К),

$$\lambda = \frac{q\delta}{\Delta T},$$

де q – поверхнева густина теплового потоку, Вт/м²;

δ – товщина матеріалу, м;

ΔT – різниця температур на ділянці завтовшки δ , К.

Значення теплопровідності залежить від ступеня пористості й характеру пор, структури, вологості, температури, а також від виду матеріалу. Найбільше на теплопровідність впливає пористість. Чим менша середня густина матеріалу, тим більше у ньому пор, наповнених повітрям. З усіх природних та штучних речовин повітря має найменшу теплопровідність [$\lambda_{\text{пов}} = 0,023$ Вт/(м·К)], тому теплопровідність сухих легких пористих матеріалів невелика і має проміжне значення між теплопровідністю твердої речовини та повітря.

Проте показник теплопровідності залежить не лише від кількості, а й від розміру та форми пор. Будівельні матеріали з дрібними й закритими порами менш теплопровідні, тоді як матеріали з великими та сполученими порами характеризуються вищим показником теплопровідності, оскільки в таких порах виникає рух повітря, що супроводжується перенесенням теплоти (конвекція).

Слід враховувати, що матеріали одного й того самого походження, але різного структурного стану можуть мати різну теплопровідність. Так, волокнисті матеріали мають неоднакову теплопровідність в різних напрямках. Наприклад, для соснової деревини, якщо тепловий потік направлений вздовж волокон, $\lambda = 0,19$ Вт/(м·К), а якщо впоперек, $\lambda = 0,44$ Вт/(м·К). Теплопровідність кристалічних речовин вища, ніж аморфних. Наприклад, такі щільні мінеральні матеріали, як граніт і скло із середньою густиною майже 2700 кг/м³, значно різняться за теплопровідністю: для граніту (кристалічний матеріал) $\lambda = 2,8$ Вт/(м·К), для скла (аморфний матеріал) $\lambda = 0,8$ Вт/(м·К).

Зміна вологості будівельних матеріалів істотно позначається на їхній теплопровідності. Оскільки для води $\lambda = 0,58$ Вт/(м·К), тобто у 25 разів більше, ніж для повітря, то пори, заповнені водою, легше

пропускають тепловий потік, і теплопровідність водонасичених матеріалів підвищується.

Теплопровідність насичених водою й заморожених матеріалів ще вища, оскільки теплопровідність льоду приблизно в чотири рази більша, ніж води: $\lambda_{\text{льоду}} = 2,3 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Отже, коли матеріали для теплової ізоляції використовуються в місцях з підвищеною вологістю, слід передбачити гідроізоляцію їх.

Для більшості матеріалів значення теплопровідності збільшується з підвищенням температури, при якій передається тепловий потік. Виняток становлять метали, для яких з підвищенням температури значення теплопровідності дещо знижується.

Теплопровідність будівельних матеріалів визначають у лабораторіях за допомогою спеціальних приладів та установок.

Матеріали органічного походження порівняно з мінеральними при однаковій середній щільності мають меншу теплопровідність. У табл. 1.3 наведено значення теплопровідності деяких будівельних матеріалів.

Таблиця 1.3

Теплопровідність будівельних матеріалів

Матеріал	λ , Вт/(м·К)	Матеріал	λ , Вт/(м·К)
Граніт	2,8...3,0	Арболіт	0,09... 0,17
Туф вулканічний	0,4..0,8	Плити: деревоволокнисті	0,05...0,09
Бетон: важкий	1,1...1,5		
ніздрюватий	0,15...0,40	Поропласти	0,03... 0,05
Цегли керамічна	0,7...0,8	Перліт спучений	0,046...0,070
Каміння керамічне	0,3...0,4	Піноскло	0,05...0,12
порожнисте			
Сталь	60	Вата мінеральна	0,040...0,046
Алюміній і сплави	150...170	Совеліт	<0,093

Теплопровідність – один з найважливіших показників, що характеризують теплозахисні властивості матеріалів, за яким визначають їхню належність до групи теплоізоляційних або конструктивно-теплоізоляційних. Зокрема, теплоізоляційні матеріали повинні мати показник теплопровідності не більший ніж $0,175 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ і середню густина не більш як $500 \text{ кг}/\text{м}^3$.

З теплопровідністю пов'язана така важлива характеристика матеріалів, застосовуваних для зовнішніх огорожувальних конструкцій, як термічний опір R_{δ} , що є величиною, оберненою до λ , з урахуванням товщини огорожі.

Від показника термічного опору залежить товщина зовнішніх стін і витрата палива на опалення будівель. Розраховуючи термічний опір багатошарової огорожувальної конструкції, враховують теплопровідність матеріалів шарів, з яких вона складається.

Теплоємність – це здатність матеріалу під час нагрівання поглинати теплоту. Вона характеризується питомою теплоємністю (коефіцієнтом теплоємності), тобто кількістю теплоти, необхідної для нагрівання одиниці маси на один градус, Дж/(кг·К):

$$c = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}$$

де Q – кількість теплоти, необхідної для нагрівання матеріалу, Дж;
 m – маса матеріалу, кг;

t_2, t_1 – відповідно кінцева та початкова температури нагрівання, К.

Теплоємність матеріалів має велике значення у тих випадках, коли потрібно враховувати акумуляцію теплоти огорожувальними конструкціями з метою збереження температур без різких коливань у приміщенні або в тепловому промисловому агрегаті при зміні теплового режиму. Із зволоженням питома теплоємність матеріалу збільшується, оскільки теплоємність води велика й становить 4,2 кДж/(кг·К).

Для огорожувальних конструкцій житлових та опалюваних будівель вибирають матеріали з невеликою теплопровідністю, але з вищою питомою теплоємністю.

Питома теплоємність кам'яних природних і штучних матеріалів становить 0,76...0,92 кДж/(кг·К), скла – 0,67, сталі – 0,48, алюмінію – 0,87 кДж/(кг·К). Деревні та інші органічні матеріали мають вищий коефіцієнт теплоємності наприклад, деревина (суха) – 2,7...3,0 кДж/(кг·К). Тому дерев'яні стіни акумулюють більше теплоти, ніж кам'яні, а згодом можуть віддавати її всередину приміщення,

Теплостійкість – це здатність матеріалу витримувати нагрівання до певної температури (нижчої за температуру плавлення) без переходу в пластичний стан. Деякі будівельні матеріали мають низьку теплостійкість. Наприклад, бітуми розм'якшуються при $t = 45...90$ °С, полімерні матеріали – при $t = 80...180$ °С, скло „розскловується” при $t = 750...900$ °С. Знати теплостійкість потрібно для того, щоб визначати температурні режими експлуатації будівельних матеріалів.

Термічна стійкість – це здатність матеріалу витримувати наперемінне нагрівання й охолодження (певний цикл) без руйнування.

Стійкими до різних змін температур мають бути матеріали для футерування (внутрішньої кладки) пічних агрегатів.

Термічна стійкість залежить від ступеня однорідності матеріалу, його природи й показника температурного коефіцієнта розширення, причому чим менший останній, тим вища термічна стійкість матеріалу.

Термічно стійкі матеріали – шамот, динас, базальт, клінкер тощо, термічно нестійкі – кварц, граніт, скло тощо.

Температурні деформації – це здатність матеріалу під дією зміни температур у процесі експлуатації змінювати свої розміри (переважно розширюватися). Температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР) характеризує видовження 1 м матеріалу під час нагрівання на один градус і вимірюється в метрах на кельвін (м/К).

Температурний коефіцієнт лінійного розширення має особливе значення для тих матеріалів, які під час експлуатації зазнають нагрівання й охолодження. Оскільки деформації матеріалу в конструкціях при розширенні можуть бути досить значними, у спорудах великої протяжності потрібно передбачати деформаційні шви.

Показники ТКЛР деяких будівельних матеріалів, м/К: алюміній $25,5 \cdot 10^{-6}$; сталь – $(11,0...11,9) \cdot 10^{-6}$; бетон – $(10...14) \cdot 10^{-6}$; граніт – $(8...10) \cdot 10^{-6}$; скло – $(8,5...9,7) \cdot 10^{-6}$; деревина вздовж волокон – $(3...5) \cdot 10^{-6}$.

Вогнестійкість – це здатність матеріалу витримувати дію високих температур або вогню й води (під час пожеж), не руйнуючись. За ступенем вогнестійкості будівельні матеріали поділяють на три групи: негорючі, важкогорючі й горючі.

Негорючі – це матеріали, які під дією вогню чи високих температур не горять, не тліють і не обвуглюються. Негорючі матеріали поділяються на вогнестійкі, що практично не деформуються (цегла, черепиця, жаростійкий бетон, сієніт тощо), вогнетривкі та термічно стійкі. Проте деякі негорючі матеріали можуть значно деформуватися (сталь) або руйнуватися при розтріскуванні (граніт, кварц та інші породи, що містять кварц).

Важкогорючі – це матеріали, які під дією вогню або високих температур злегка займаються, тліють або обвуглюються, а коли віддаляється джерело вогню, ці процеси припиняються. До таких матеріалів належать здебільшого мінералоорганічні матеріали, які поєднують у собі мінеральні й органічні компоненти (гідроізол, фіброліт, асфальтобетон тощо).

Горючі – це матеріали, які під дією вогню чи високої температури займаються або тліють, і ці явища тривають і тоді, коли усунуто джерело вогню. До цієї групи належить значна частина матеріалів органічного походження, не просочених спеціальними захисними сполуками (деревина, бітуми, полімерні матеріали).

Границя вогнестійкості характеризується проміжком часу від початку займання до виникнення в конструкції граничного стану: втрати несучої здатності (обвалення конструкції), виникнення наскрізних тріщин, нагрівання протилежної від вогню поверхні, що може призвести до самозаймання.

Вогнетривкість – це здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур, не деформуючись і не розплавляючись. Такі матеріали використовують переважно при спорудженні печей промислового та побутового призначення, труб, котельних установок тощо. При цьому вони повинні також витримувати певні навантаження при високій температурі. Залежно від максимальної температури експлуатації ці матеріали поділяють на власне *вогнетривкі*, що витримують температуру 1580 °С і вище (шамот, динас, хромомагnezит тощо), *тугоплавкі*, що працюють в інтервалі температур 1350..1580 °С, і *легкоплавкі* – з вогнетривкістю менш як 1350 °С (цегла керамічна).

Жаростійкість – це здатність матеріалу витримувати тривале нагрівання до температури 1000 °С без втрати або з частковою втратою міцності. До жаростійких матеріалів належать цегла, жаростійкий бетон, чавуни та сталь, різні види вогнетривів.

Акустичні властивості – це звукоізоляція, звукопроникність, звукопоглинання.

Звукоізоляція – це здатність матеріалу чинити опір проходженню звукової хвилі.

Звукопроникність – це здатність матеріалу пропускати звукові хвилі.

Звукопоглинання – це здатність матеріалу поглинати звукові хвилі.

Акустичні властивості значною мірою залежать від густини (щільності) матеріалу, його внутрішньої та зовнішньої пористості та стану поверхні матеріалу.

Екологічні властивості характеризують ступінь впливу матеріалу на навколишнє середовище і живі організми.

Токсичність – здатність матеріалу під час виготовлення чи експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я речовини.

Радіоактивність будівельних матеріалів обумовлена природними довго існуючими радіонуклідами, переважно радієм-226, торієм-232 та калієм-40. Одиниці вимірювання радіоактивності Бк/кг. Ці радіоактивні елементи присутні практично в усіх гірських породах, які використовуються як мінеральна сировина для виготовлення більшості неорганічних будівельних матеріалів. А в деяких техногенних продуктах з використанням відходів виробництв їх може бути ще більше.

Тому радіаційний контроль сировини і готових будівельних матеріалів є необхідним, а в деяких випадках – обов'язковим.

Основною характеристикою радіоактивності будівельних матеріалів є ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів (ПРН). За величиною сумарної питомої активності будівельні матеріали поділяють на класи, за якими визначають можливі області їх використання.

Радіаційна стійкість – можливість матеріалу протистояти радіоактивному випромінюванню з мінімальною негативною зміною структури і інших експлуатаційних властивостей, а також зменшувати радіаційну проникність.

Нейтронне випромінювання суттєво зменшують матеріали з підвищеним вмістом хімічно зв'язаної води (наприклад, бетони із заповнювачами на природному перліті або вермикуліті), а γ -випромінювання – матеріали з особливо великою середньою густиною (барит, свинець, особливо важкі бетони на спеціальних заповнювачах).

Радіаційна непроникність – це здатність будівельного матеріалу бути захистом від радіоактивних впливів.

Естетичні властивості – це рівень художньої виразності будівельного матеріалу. До них відносять форму, колір, фактуру (видиму будову поверхні, яка визначається характером рельєфу і блиску) та малюнок (текстуру).

1.4 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

Такі властивості характеризують здатність матеріалу до сприйняття певних технологічних операцій, які виконують з метою зміни його форми, розмірів, характеру поверхні тощо. До них відносять формувальність, подрібнювальність, розпилюваність, пробійність, полірувальність і технологічність, яка дозволяє використовувати для виробництва, експлуатації і ремонту найбільш економічні технологічні процеси.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Фізична величина, яка визначається відношенням маси до всього об'єму – .
2. Ступінь заповнення об'єму будівельного матеріалу порами –.....
3. Здатність матеріалу всмоктувати і утримувати вологу при безпосередньому стиканні з водою називається

4. Здатність матеріалу зберігати свою міцність при зволоженні водою, це
5. Зі збільшенням густини матеріалу морозостійкість.....
6. Здатність матеріалу передавати теплоту від однієї поверхні до іншої за наявності різниці температур на цих поверхнях називається
7. Здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від внутрішніх напружень, що виникають під дією зовнішніх навантажень називається ..
8. Основною характеристикою міцності є
9. Запишіть формулу, за якою визначається границя міцності при згині.
10. Здатність матеріалу чинити опір проникненню в нього іншого, твердішого матеріалу називається
11. Здатність твердого тіла не змочуватися водою (відштовхувати воду) називається
12. Твердість для кам'яних матеріалів визначається за
13. У чому різниця між середньою й істинною густиною?
14. Що таке вологість? Які властивості залежать від вологості?
15. При збільшенні вологості середня густина матеріалу збільшується, зменшується чи не змінюється?
16. Що таке морозостійкість, які є марки за морозостійкістю?
17. При збільшенні пористості середня густина збільшується, зменшується чи не змінюється?
18. Що таке границя міцності, як її визначити при стиску, розтягу, вигині?
19. Назвіть пружні, пластичні та крихкі будівельні матеріали.
20. Як визначити водопоглинання та водостійкість матеріалу?
21. Які матеріали належить до групи горючих матеріалів?
22. Які матеріали використовують при спорудженні печей промислового та побутового призначення, труб, котельних установок тощо?
23. Від чого значною мірою залежать акустичні властивості?
24. Чому є необхідним радіаційний контроль сировини і готових будівельних матеріалів?
25. Як називається здатність матеріалу під час виготовлення чи експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я речовини?
26. Які властивості характеризують здатність матеріалу до сприйняття певних технологічних операцій?

ТЕСТИ 

Дайте відповіді на питання тестів

I.	Яку величину потрібно поставити в знаменник дробу $\rho_m = \frac{m}{?}$?	1) маса сухого матеріалу; 2) об'єм матеріалу в природному стані; 3) об'єм матеріалу в абсолютно щільному стані; 4) площа поперечного перерізу.
II.	В яких одиницях вимірюється істинна густина?	1) МПа ; 2) КГ/М ³ ; 3) КГс/см ² ; 4) % .
III.	Коефіцієнт теплопровідності матеріалу визначають за формулою ...	1) $? = \frac{m}{V}$; 2) $? = \frac{q\delta}{\Delta T}$ 3) $? = \frac{m_H - m_C}{V\rho_B} 100\%$; 4) $? = \frac{P}{F}$;
IV.	Коефіцієнт розм'якшення $K_{роз} = 0,85$, який це матеріал: водостійкий чи ні ?	1) водостійкий; 2) неводостійкий.
V.	Скільки можна навантажити кубометрів піску на 3 ^x тонний автомобіль, якщо середня густина піску 1500 кг/м ³ ?	1) 4,5 м ³ ; 2) 0,2 м ³ ; 3) 2,0 м ³ ; 4) 2,5 м ³ .
VI.	З якою теплопровідністю вигідніше застосувати матеріал для утеплення стін житлового будинку?	1) $\lambda=0,35$; 2) $\lambda=0,5$; 3) $\lambda=0,05$; 4) $\lambda=0,9$.
VII.	Яку властивість матеріалу можна визначити за цією формулою $? = \frac{\rho - \rho_m}{\rho} 100\%$?	1) середня густина; 2) істинна густина; 3) пористість; 4) вологість; 5) водопоглинання.

VIII.	Стандартний кубик з стороною 7,07 см зруйновано навантаженням в 50 кН. Яка границя міцності при стиску цього матеріалу?	1) 5 МПа; 2) 10 МПа; 3) 25 МПа; 4) 2,5 МПа.
IX.	При збільшенні середньої густини коефіцієнт теплопровідності	1) зменшується; 2) збільшиться; 3) залишиться без змін.
X.	Ступінь заповнення об'єму будівельного матеріалу порами розміром до 3 мм –...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) пористість; 4) атмосферостійкість; 5) стиранисть..
XI.	Здатність матеріалу віддавати воду при зміні температури та вологості навколишнього середовища – ...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) атмосферостійкість; 4) токсичність.
XII.	Здатність матеріалу витримувати тривалу дію високих температур, не деформуючись і не розплавляючись –...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) атмосферостійкість; 4) токсичність.; 5) стиранисть.
XIII.	Властивість матеріалу зменшуватися за масою і об'ємом під дією стиральних зусиль абразивного матеріалу називається ...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) пористість; 4) атмосферостійкість; 5) стиранисть.
XIV.	Здатність матеріалу під час виготовлення чи експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я речовини називається ...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) пористість; 4) токсичність; 5) стиранисть..
XV.	Здатність матеріалу чинити опір руйнуванню під дією атмосферних факторів: сонячного випромінювання, вітру, пилу, газів у повітрі тощо, називається ...	1) вологовіддача; 2) вогнетривкість; 3) пористість; 4) атмосферостійкість; 5) стиранисть.

РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ

2.1 ПОХОДЖЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Природні кам'яні матеріали одержують із гірських порід механічною переробкою, не змінюючи їхні властивості.

Гірські породи – це мінеральні маси, які утворюють земну кору і складаються з одного або кількох мінералів. *Мінерали* – однорідні за будовою, хімічним складом, фізичними властивостями кристалічні речовини, які утворилися в природі в результаті фізико-хімічних процесів.

Гірські породи застосовують у будівництві з глибокої давнини, про що свідчать пам'ятки архітектури. Найчастіше їх використовують як сировину для одержання в'язучих речовин та штучних кам'яних матеріалів. Залежно від умов утворення гірські породи поділяють на три групи (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Класифікація гірських порід

Вивержені, або магматичні (первинні)		Осадкові (вторинні)			Метаморфічні (видозмінені)
Масивні	Уламкові, вулканічні	Механічні відклади	Хімічні осади	Органогенні відклади	
Глибинні: граніт сієніт діорит габро	Сипкі: вулканічний попіл вулканічний пісок пемза	Сипкі: глина пісок гравій щебінь	Карбонатні: вапняк вапняковий туф	Фітогенні: діатоміт трепел опока Зоогенні : крейда	Вивержені: гнейс Осадкові: сланці мармур кварцит
Вилиті: порфір діабаз базальт трахіт ліпарит	Зцементовані: вулканічний туф трас	Зцементовані: пісковик; конгломерат брекчія	мергель доломіт магнезит Сульфатні: гіпс ангідрит барит	вапняк - черепашник	

Магматичні породи утворилися в результаті охолодження вогняно-рідкої магми. За умовами охолодження масивні магматичні породи поділяють на *глибинні*, що утворилися в товщі земної кори і мають рівномірно-кристалічну будову, високу густину, міцність, моро-

зостійкість, та *вилиті*, які утворилися на поверхні землі. Внаслідок активного газовиділення можлива значна пористість вилитих порід, що визначає властивості, протилежні глибинним породам. *Уламкові* породи утворились із лави, яка була викинута на поверхню землі при виверженні вулканів.

Осадові породи утворилися внаслідок руйнування магматичних порід під дією зовнішніх умов або відкладення різних речовин. Тому осадові гірські породи поділяють на *механічні відклади*, *хімічні осади* та *органогенні відклади*. Властивості та структура осадових порід дуже різноманітні.

Метаморфічні породи утворилися з вивержених (магматичних) і осадових порід внаслідок довготривалої дії різних чинників.

2.2 ВІДОМОСТІ ПРО МІНЕРАЛИ

У природі знайдено понад 2500 мінералів, але в утворенні гірських порід бере участь близько 50. Більшість породотвірних мінералів має кристалічну будову, інші – аморфну. Властивості гірських порід залежать від хімічного складу і властивостей мінералів.

Найбільш поширеним є *кварц* (кристалічний кремнезем) SiO_2 твердість – 7, $\rho = 2,65 \text{ г/см}^3$, $R_{\text{ст}}$ до 2000 МПа, температура плавлення – 1710 °С.

Опал ($\text{SiO}_2 \cdot n \text{H}_2\text{O}$), який являє собою гідратований аморфний кремнезем. Істинна густина – $1,9 \dots 2,5 \text{ г/см}^3$, твердість – 5...6, крихкий. Менш міцний та стійкий, ніж кварц. Має підвищену хімічну активність до гідроксиду кальцію.

Польові шпати – це алюмосилікати калію, кальцію, натрію. Розрізняють ортоклаз, плагіоклази: альбіт, анортит. Твердість – 6, $\rho_m = 2,5 \dots 2,7 \text{ г/см}^3$, $R_{\text{ст}} = 120 \dots 170 \text{ МПа}$, температура плавлення – 1170...1550 °С.

Слюди – водяні алюмосилікати твердістю 2...3, $\rho = 2,7 \dots 3,2 \text{ г/см}^3$. Із слюд відомий мусковіт (прозора слюда), біотит (чорна слюда), вермикуліт (бронзово-жовта слюда), об'єм якого при нагріванні збільшується до 25 разів.

Рогова обманка – це складний залізисто-магнезіальний алюмосилікат бурого, зеленого та чорного кольорів.

Каолініт – водний силікат алюмінію, твердість – 1 і $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$, колір білий.

Кальцит – CaCO_3 ; твердість – 3, $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$, колір білий та сірий, утворює осадові гірські породи.

Гіпс – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; твердість – 2, $\rho_m = 2,3 \text{ г/см}^3$, колір білий.

Барит – BaSO_4 ; твердість – 3.5, $\rho = 4,5 \text{ г/см}^3$.

2.3 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА ЗАСТОСУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Галузь застосування гірських порід залежить від їхніх властивостей, які визначаються будовою та умовами утворення гірських порід.

Вивержені гірські породи характеризуються високою густиною, морозостійкістю, міцністю.

Глибинні та вилиті вивержені породи мають спільний хімічний склад, але відрізняються структурою.

Граніт складається з кварцу (20...40 %), польових шпатів (40...70 %), слюди (5...10 %) та темнозбарвлених мінералів; $\rho_m = 2700 \text{ кг/м}^3$, пористість – до 1,5 %, морозостійкість – понад 200 циклів, $R_{ct} = 100...250 \text{ МПа}$. Колір граніту залежить від кольору польового шпату і може бути досить різноманітним.

Граніт добре обробляється, використовують його для облицювання споруд, виготовлення східців, виробництва щебеню і бутового каменю.

Сієніт містить менше кварцу, ніж граніт; колір сірий, зеленуватий. Властивості та галузь застосування близькі до граніту.

Діорит складається на три чверті з польових шпатів; $\rho_m = 2700...3000 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 150...300 \text{ МПа}$, колір від зеленувато-сірого до чорно-зеленого. Використовується для облицювання, дорожніх покриттів.

Габро складається з польових шпатів та темнозбарвлених мінералів; $\rho_m = 2800...3100 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 200...350 \text{ МПа}$, колір темно-сірий, чорний. Використовують для облицювання і дорожніх покриттів.

Лабрадорит – різновид габро; при поліруванні набуває переливів блакитного, синього, червоного кольорів (іризація) на фоні основного чорного; $\rho_m = 2900...3200 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 200...400 \text{ МПа}$. Використовують для облицювання.

Порфіри мають порфіроподібну будову, тобто вкраплення великих кристалів у дрібнокристалічний фон; $\rho_m = 2400...2500 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 120...180 \text{ МПа}$, колір різний. Використовують як і граніти.

Андезит – аналог діоритів, будова ніздрювата; $\rho_m = 2200...2700 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 60...240 \text{ МПа}$, колір сірий, чорний. Використовують для виробництва кислототривких плит, заповнювачів для кислототривких бетонів.

Діабаз – аналог габро, $\rho_m = 2800...3000 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 200...300 \text{ МПа}$, колір темно-сірий з зеленим відтінком, твердий, має малу стиранисть, його важко механічно обробляти.

Базальт – аналог габро; $\rho_m = 2900...3200 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 200...500 \text{ МПа}$, велика ударна в'язкість, корозійно стійкий.

Базальти і діабазити на відміну від інших гірських порід мають низьку температуру плавлення і тому, враховуючи важку механічну оброблюваність, їх широко використовують для виготовлення литих кам'яних виробів (плит, труб тощо).

До уламкових вивержених порід належать *вулканічний попіл* і *вулканічний пісок*, які складаються з кремнезему. Насипна густина – 500 кг/м^3 , їх використовують як активні мінеральні (пуцоланові) добавки, що зв'язують вапно у бетонах і будівельних розчинах в менш розчинні у воді сполуки.

Пемза – пориста порода світло-сірого кольору; $\rho_m = 300 \dots 600 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 2 \dots 4 \text{ МПа}$, застосовують як заповнювач для легких бетонів, будівельних розчинів і як активну мінеральну добавку у тонкоподрібненому вигляді.

Вулканічний туф – пориста порода, яка утворилась внаслідок ущільнення і зцементування вулканічного попелу; $\rho_m = 700 \dots 1400 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 5 \dots 30 \text{ МПа}$, $\Pi = 50 \dots 70 \%$; колір рожево-фіолетовий, рожевий, коричневий, легко оброблюється; використовують для облицювання. Щебінь і пісок з туфів використовують як заповнювач для бетонів.

Обсидіан – вулканічне скло з різко вираженим раковистим зломом, містить до 0,5 % кристалізаційної води.

Перліт – вулканічне скло сірувато-блакитного кольору, яке містить до 5 % кристалізаційної води. З перліту виготовляють спучений перліт – пористий матеріал для тепло- і звукоізоляційних виробів.

Осадкові механічні відклади утворились внаслідок руйнування гірських порід; їх поділяють на сипкі та зцементовані.

До сипких механічних відкладів за ознакою крупності частинок належать: *валуни* (понад 300 мм); *булижники* (150...300 мм); *гравій* – обкачані зерна розміром 5...150 мм; *природний щебінь (жорства)* – гострокутний гравій; *піски* – сипка суміш частинок розміром 0,16...5 мм; пилюваті частинки (до 0,1 мм), нанесені вітром – лес, нанесені водою – мул; глина має розмір частинок до 0,005 мм. Сипкі механічні відклади дуже поширені на земній поверхні і широко використовуються в будівництві у керамічних виробках, розчинах і бетонах.

Зцементовані механічні відклади утворились внаслідок зв'язування сипких відкладів природними в'язучими.

Пісковик – щільна порода, складена із зерен піску, скріплених вапном, глиною та іншими в'язучими. Колір сірий, жовтий; $\rho_m = 2500 \dots 2600 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 150 \dots 250 \text{ МПа}$. Його застосовують, для зведення фундаментів, стін неопалюваних будівель, облицювання стін, підлог, виготовлення тротуарних плит.

Конгломерат – це зцементовані зерна гравію, а *брекчія* – зцементовані зерна природного щебеню. Міцність залежить від порід, з

яких вони складаються. Використовують як бутовий камінь, щебінь для бетону.

Хімічні осади – це вапняки, доломіти, магнезити, ангідрит, гіпс

Вапняки складаються з кальциту; колір в основному білий, але від домішок, які входять до його складу, можуть мати різні відтінки; $\rho_m = 1800 \dots 2600 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 10 \dots 150 \text{ МПа}$. Якщо у вапняку багато глини, то його називають *мергелем*. Використовують як сировину для виготовлення вапна і цементу, бутового каменю, щебеню та облицювальних плит.

Доломіт і *магнезит* складаються з однойменних мінералів, застосовуються для виготовлення в'язучих і вогнетривких матеріалів.

Гіпсовий камінь складається з мінералу гіпсу. М'яка гірська погода; $\rho_m = 2000 \dots 2300 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 30 \text{ МПа}$. Колір білий. Використовують для виробництва в'язучих речовин.

Ангідрит складається з однойменного мінералу, колір білий з відтінками сірого. Використовують для виготовлення в'язучих речовин та облицювальних плит.

Органогенні відклади утворилися внаслідок відкладання панцерів морських водоростей (фітогенні) та черепашок (зоогенні).

Діатоміт складається з найдрібніших панцерів діатомітових водоростей; $\rho_m = 400 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, колір білий, сірий, жовтуватий. *Трепел* подібний до діатоміту і також містить аморфний кремнезем; $\rho_m = 350 \dots 800 \text{ кг/м}^3$. Діатоміт і трепел використовують як активні мінеральні добавки до в'язучих і при виготовленні теплоізоляційних виробів.

Опока утворилась внаслідок цементування трепелів і діатомітів; $\rho_m = 600 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 5 \dots 15 \text{ МПа}$. Використовують для виготовлення стінових матеріалів і щебеню для легких бетонів.

Крейда – біла м'яка вапнякова порода, морський осад з черепашок та інших найпростіших тварин, на 90...98 % складається з CaCO_3 . Використовують для виробництва цементу, вапна, скла, приготування фарб, замазок тощо.

Вапняк-черепашник складається з черепашок, панцерів молюсків, зцементованих вапном з домішками глини, кремнезему; $\rho_m = 800 \dots 1800 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 0,4 \dots 15 \text{ МПа}$. Використовують для виготовлення каменів і великих блоків для стін.

Метаморфічні породи утворилися з вивержених (магматичних) і осадових порід внаслідок довготривалої дії різних факторів.

Із метаморфічних порід у будівництві найширше застосовуються сланці, мрамур, кварцит, гнейс.

Гнейс за мінералогічним складом і основними властивостями подібний до гранітів, його застосовують у будівництві для брукування доріг, влаштування фундаментів, бутової кладки.

Глинясті сланці – щільні і тверді породи $\rho_m = 2700\text{...}2800 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 50\text{...}240 \text{ МПа}$, колір темно-сірий, коричневий, легко розколюються на пластинки.

Мрамур утворився з вапняків внаслідок їхньої перекристалізації; складається з кальциту; $\rho_m = 2800 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 50\text{...}300 \text{ МПа}$. Використовують у вигляді облицювальних плит, але слід враховувати, що при експлуатації він може інтенсивно кородувати під дією кислот.

Кварцит – перекристалізований пісковик, колір білий, червоний, темно-вишневий; $\rho_m = 2650 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 100\text{...}500 \text{ МПа}$, довговічний, морозостійкий. Використовують для облицювання та як будівельний камінь, щебінь і сировину для вогнетривких виробів.

2.4 ВИДОБУВАННЯ ТА ОБРОБКА ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

Способи видобування гірських порід залежать від умов їхнього залягання та твердості, а також від форми і розмірів майбутніх виробів. Якщо гірські породи залягають на поверхні землі, то їх видобувають відкритим способом в кар'єрах, глибинні – шахтним способом. Тверді щільні породи розробляють за допомогою вибуху, буроклиновим способом та врубовими машинами. Блоки гірської породи середньої твердості видобувають машинами з пилами, під які підсипають абразивні матеріали. Відділені від гірського масиву блоки транспортують на каменеобробні заводи, де за допомогою рамних пил їх розрізують на плити та інші вироби.

Середні та м'які породи видобувають у кар'єрах за допомогою каменерізальних машин, які мають твердосплавні дискові й ланцюгові пилки. Кріпильні блоки чи готові дрібноштучні вироби вирізають потоковим методом. Для цього рейковим шляхом, прокладеним у кар'єрі, рухаються каменерізальні машини з дисковими пилками, які виконують горизонтальні та вертикальні пропили. Схему роботи такої машини зображено на рисунку 2.4.1.

Для облицювальних виробів природному каменю надають тієї чи іншої фактури (характеру поверхні), використовуючи ударну чи абразивну обробку.

Ударна обробка полягає в обколюванні поверхні каменю за допомогою каменетесального інструмента зі змінними наконечниками (рис. 2.4.2).

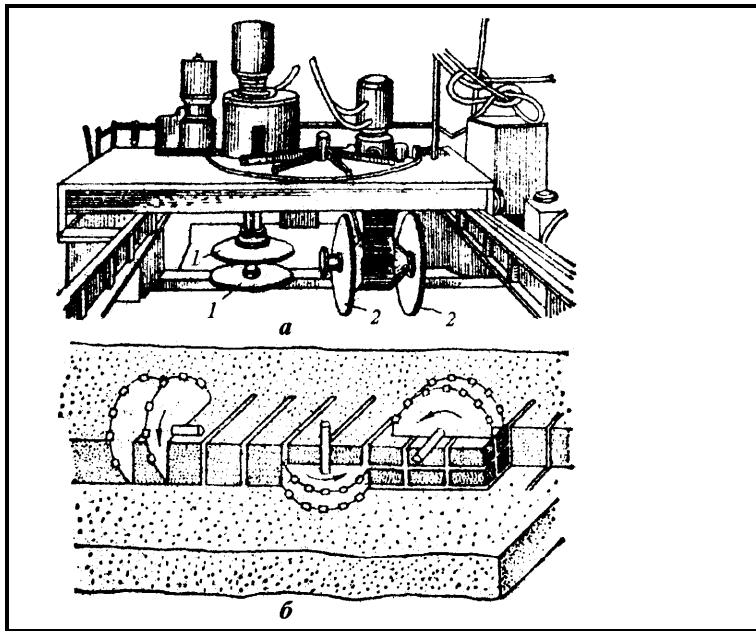


Рис. 2.4.1. Схема роботи каменерізальної машини:
 а – схема машини:
 1, 2 – пилки для горизонтального та вертикального різання;
 б – схема випилювання каменів у кар'єрі

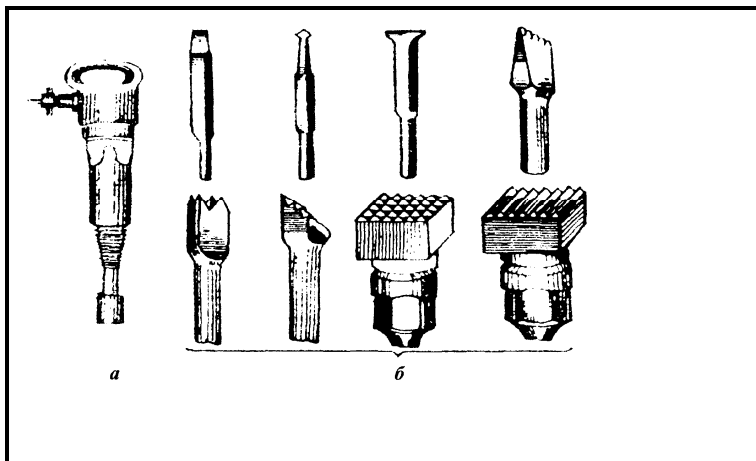


Рис. 2.4.2.
 Каменетесальні інструменти для обколювання поверхні каменю:
 а – пневматичний молоток;
 б – набір змінних наконечників

Для тесання використовують широке долото-скарпель, для сколювання – спицю (гостре долото), для чистової обробки лицьової поверхні – бучарду з середньою чи дрібною насічкою. В результаті можна дістати такі фактури: скельну з горбами та западинами, як за природного розколювання породи; рифлену з правильним чергуванням гребенів і западин завглибшки до 2 мм; борозенчасту з паралельними переривчастими борозенками завглибшки 0,5...2,0 мм.

Абразивна обробка, крім згаданого розпилювання, передбачає також фрезерування, шліфування й полірування. Внаслідок абразивної обробки можна дістати такі фактури: пиляну – з тонкими штрихами й борозенками завглибшки до 2 мм; шліфовану – рівномірно-шорстку з глибиною рельєфу до 0,5 мм; лощену – гладеньку оксамито-матову з виявленням рисунка гірської породи; поліровану – гладеньку з дзеркальним блиском.

Піски та гравійно-піщані суміші видобувають за допомогою екскаваторів, драгами, землечерпалками, а щебінь подрібнюють і класифікують на заводах та у кар'єрах за допомогою дробарок та різних сортувальних апаратів.

2.5 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ З ПРИРОДНОГО КАМЕНЮ

Грубооброблені матеріали (бутовий камінь) – це куски гірської породи неправильної форми розміром 150...500 мм, масою 20...40 кг. Рваний бут розробляють вибуховим способом. Бут повинен мати міцність при стиску не менше ніж 10 МПа, коефіцієнт розм'якшення — не нижче ніж 0,75. Бутовий камінь використовують для фундаментів, підпірних стінок, у гідротехнічних спорудах.

Каміння та блоки для стін виготовляють розпилюванням пористих гірських порід. Основні розміри каменів: 490×240×188, 390×190×188 мм, габаритні розміри блоків – 1000...3000 мм. Гірські породи для стінових блоків повинні мати міцність при стиску не нижче ніж 25 МПа, морозостійкість – не нижче 15 циклів, коефіцієнт розм'якшення – не нижче 0,6.

Облицювальні камені і плити виготовляють з блоків розколюванням їх з наступною механічною обробкою. Плити бувають пиляними і тесаними, товщина їх – 6...140 мм, довжина – 300...2500, ширина – 200...1200 мм. Вигляд виробів для мурування і облицювання стін наведено на рис. 2.5.

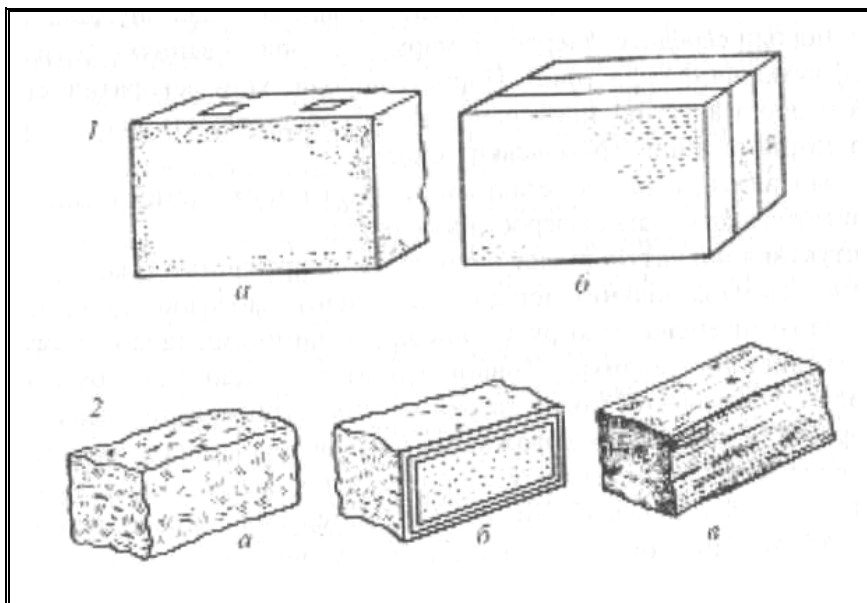


Рис. 2.5. Колоті та пиляні вироби для мурування і облицювання стін: 1 – облицювальні плити: а – тесані; б – пиляні; 2 – стінові блоки: а – колоті; б – тесані; в – пиляні

Плити для дорожнього і гідротехнічного будівництва: брущатка, колотий і буличний камінь, бортові камені. Виготовляють з міцних,

щільних і твердих гірських порід, міцність при стиску має бути більше ніж 100 МПа, морозостійкість – не менше 100 циклів.

Хімічно стійкими та жаростійкими матеріалами і виробами (цегла, плити, бруски, різні фасонні вироби) футерують апарати та установки, які зазнають дії кислот, лугів, солей, газів, високих температур і тисків. Для захисту від кислот використовують граніт, сієніт, базальт, андезит, кварцит, діорит, діабаз. Для жаростійких виробів використовують базальт, діабаз, туф; для захисту від дії лугів – вапняки, доломіти, мармури, магнезити. Загальні рекомендації щодо застосування гірських порід наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Застосування гірських порід

Конструктивні елементи	Матеріали та вироби з природного каменю	Рекомендовані гірські породи
Фундаменти	Бутовий камінь, пиляне і колоте каміння	Усі види гірських порід
Зовнішнє облицювання	Стінові камені, блоки	Вапняк, доломіт, туф, гіпсовий камінь, пісковик
Внутрішнє облицювання	Облицювальні плити, камені, профільні елементи	Граніт, сієніт, габро, діорит, лабрадорит, кварцит, туф, пісковик, мрамур, вапняк, ангідрит, гіпсовий камінь, травертин, туф, брекчія, конгломерат
Сходи, площадки, підлоги, дорожні покриття, гідротехнічні споруди	Облицювальні плити, профільні елементи	Граніт, сієніт, діорит, габро, базальт, пісковик, щільний вапняк, діабаз, доломіт
Внутрішні сходи, площадки, підлоги	Східці, плити, блоки, бортове каміння, брущатка, буличний камінь, щебінь, пісок, валуни	Мрамур, лабрадорит, граніт
Кислототривкі облицювання, кладки	Східці, плити	Кварцит, трахіт, андезит, пісковик, базальт, діабаз, граніт
Лугостійкі облицювання, кладки	Плити, каміння, фасонні вироби, блоки, щебінь	Вапняк, доломіт, магнезит, пісковик
Жаростійкі облицювання, кладки	Те саме	Базальт, діабаз, вулканічний туф

2.6 ЗАХИСТ ПРИРОДНИХ КАМ'ЯНИХ МАТЕРІАЛІВ ВІД РУЙНУВАННЯ

Кам'яні матеріали зазнають впливу навколишнього середовища – багаторазове зволоження, висихання, заморожування й відтавання, дії мінералізованих вод і повітря, газу. На них також діють бактерії, гриби, мохи, лишайники, рослини, водорості, механічні навантаження. Для захисту природних кам'яних матеріалів від руйнування використовують конструктивні та хімічні способи.

До *конструктивних* належать організація стоку води, надання виробам гладкої поверхні. До *хімічних* – просочування поверхні пористого каменю спеціальними розчинами, які ущільнюють поверхню, наприклад, покривають нагріту поверхню каменю оліфою, лаками, мінеральними маслами, парафіном, гідрофобізуючими кремнійорганічними рідинами – етилсиліконатом натрію ГКЖ-11, метилсиліконатом натрію ГКЖ-94. Поверхню каменю просочують розчином рідинного скла, а після просихання – розчином хлориду кальцію. Найбільш ефективним методом є флюатування, тобто просочування вапняків флюатами – розчинами солей кремнійфтористоводневих кислот. Флюати вступають в реакцію з кальцитом і утворюють на поверхні каменю нерозчинні сполуки.

2.7 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ГІРСЬКИХ ПОРІД

Прогресивним для відокремлення монолітів від масиву твердих порід і розколювання їх на блоки є використання невибухових руйнівних складів (НРС). Для цього в попередньо пробурені в гірській породі шпури заливають суміш порошку НРС з водою. Основним компонентом НРС є негашене вапно CaO , яке при гідратації утворює гашене вапно Ca(OH)_2 зі збільшенням об'єму НРС приблизно удвічі, що викликає внутрішні напруження розширення не менше 40 МПа. Перевагами використання НРС є зниження енерго- та трудомісткості операцій розколювання каменю, підвищення безпеки робіт (цей метод називають „тихим вибухом”), поліпшення екології довкілля (рис. 2.7.1).



Рис. 2.7.1.
Добування
мармуру

Облицювальне каміння й плити, а також архітектурно-будівельні вироби виготовляють, розпилюючи блоки (напівфабрикати) або вдаючись до безпосереднього випилювання з масиву гірської породи. Можна виготовляти також колоті вироби (рис. 2.7.2).



Рис. 2.7.2. Облицювання природним каменем

Для зовнішнього облицювання використовують щільні атмосферостійкі породи (граніти (рис. 2.7.3), сієніти, габро тощо) або щільні вапняки, для внутрішнього облицювання – породи середньої твердості: мармури, пористі вапняки (травертин, черепашник), вулканічні туфи тощо.

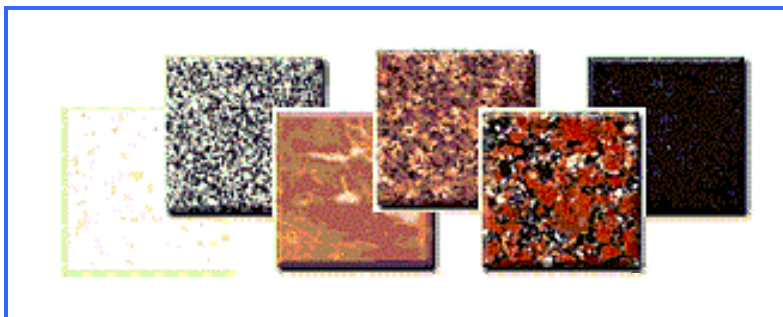


Рис. 2.7.3. Облицювальні плити із граніту



2.8 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... Що може бути стародавніше каменю? Це головний помічник людини. Навіть вік життя людей носить його назву – кам'яний. Красива текстура мрамурів, гранітів, базальтів та діабазів в поєднанні з високою міцністю дозволяє використовувати їх для будівництва та облицювання будівель, інженерних споруд, станцій метро.

... Самий стародавній будинок, який вдалося знайти, був збудований 57 000 років назад. Його залишки знайдені недалеко від водоспаду Калембо в Родезії (Африка). Родезійський будинок являв собою маленьку кам'яну будову зі стінами, дверима і дахом.

... Бруківка і тротуари головної вулиці Сарда – давньої столиці Лідії шириною в 20 метрів були викладені плитами із мармуру. Вздовж всієї вулиці тягнулася красива колонада, також зроблена із мармуру.

... Збереглися руїни будівель із пісковика стародавньої цивілізації – столиці набатеїв, міста Петри (III – II століття до нашої ери).

... До наших днів стоїть на єгипетській землі найбільша з пірамід – усипальниця Хуфу (по-грецьки Хеопса), яка споруджували протягом майже двох десятиліть. Вона займає площу близько 53,5 гектарів, сторона квадрату піраміди Хеопса дорівнює 233 м, висота – 147 м. В знамениту піраміду вкладено близько 2,6 мільйонів м³ каменів, 2,2 мільйона плит пористого вапняку. Плити укладені без розчину і тримаються тільки завдяки власній вазі.

... Однією із неймовірних споруд був збудований в середині V століття до нашої ери архітектором Лібоном храм Зевса з його вражаючими 34 мармуровими колонами.

... Небагато в нашій країні знайдеться міст віку більш поважнішого, ніж Київ. Півтора століття стоїть він над кручами сивого Дніпра. Історія пишеться не тільки на пергаментях, вона карбується в камені. Кам'яний літопис Києва великий і повчальний, він здатний розповісти багато цікавого. В Києві є споруда, вік якої налічує майже 1000 літ. Її заклав в 1037 році великий князь Київський Ярослав Мудрий на честь перемоги над войовничими кочівниками-печенігами. Тут відбувалися церемонії “посадження послів”, збиралися Київські віча, була створена перша на Русі бібліотека. Видатною пам'яткою кам'яного будівництва є Софіївський собор в Києві, який спочатку мав 13 куполів. Софіївський собор було збудовано в XII віці. Тепер ця грандіозна пам'ятка архітектури є самою стародавньою кам'яною спорудою на території України. Площа собору – 1250 м² (без другого поверху), а висота – 38 м. На будівництво собору витрачено до 10 000 м³ каменя – місцевого вапняку. В собор могло вміститися до 3 тисяч осіб – майже все населення міста того часу.

... Книги найстарішої бібліотеки світу були виготовлені з глини.

... Існують будівлі, стіни і дахи яких зроблені повністю із солі. З них побудовано селище Техасі (Сахара) поблизу найбагатшого родовища кам'яної солі. Це одне із самих засушливих на землі місць, і соляним будівлям не загрожує небезпека розчинитися від дощу.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке гірська порода та мінерал?
2. Дати класифікацію гірських порід за походженням.

3. Як утворились глибинні вивержені гірські породи?
4. Де використовують метаморфічні гірські породи?
5. Назвіть вилиті магматичні породи.
6. Як утворилися осадові гірські породи?
7. Де в будівництві використовують вапняки, граніти, лабрадорити, мармур, базальт, діабаз?
8. Які основні вироби виготовляють з кварциту, туфу, граніту?
9. Як захистити кам'яні вироби від руйнування?
- 10.3 чого виготовляють будівельний камінь?
11. Чи можна використати для дорожнього покриття камінь, якщо його міцність при стиску у сухому стані 150 МПа, а у насиченому водою – 100 МПа?



ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

II.1. (сировина)

- I. Виберіть гірську породу для стінових каменів житлового будинку:
 - 1) граніт; 2) черепашник; 3) діорит.
- II. Виберіть матеріал для облицювання цоколю будинку у вологому середовищі:
 - 1) гіпс; 2) мармур; 3) кварцит.
- III. Який матеріал краще використовувати для футеровочних плит доменної печі?
 - 1) мармур; 2) граніт; 3) базальт.
- IV. З яких гірських порід можна виготовити матеріал для теплоізоляції?
 - 1) трепелу; 2) граніту; 3) лабрадориту; 4) мармуру.
- V. З якої гірської породи виготовляють облицювальні плити для стін?
 - 1) граніту; 2) мармуру; 3) діориту; 4) базальту.
- VI. Для жаростійкої кладки застосовують гірські породи...
 - 1) базальт; 2) вапняк; 3) туф; 4) гіпсовий камінь.
- VII. Назвіть гірську породу групи вивержених глибинних:
 - 1) пісковик; 2) мармур; 3) граніт.
- VIII. До якої групи належить лабрадорит?
 - 1) глибинні вивержені; 2) осадові; 3) метаморфічні.
- IX. До хімічних осадових гірських порід належить:
 - 1) пісковик; 2) граніт; 3) вапняк; 4) перліт.
- X. Яка гірська порода належить до метаморфічних?
 - 1) крейда; 2) граніт; 3) мармур; 4) гіпс.

II.2. (виготовлення)

- I. Назвіть спосіб розробки твердих гірських порід.
1) машинами з канатними пилками;
2) буропідривний спосіб;
3) каменерізальний спосіб.
- II. Гідромеханічним способом можна розробити...
1) пісок; 2) мармур; 3) граніт.
- III. Внаслідок якої обробки можна отримати шліфовану поверхню?
1) абразивної; 2) ударною; 3) різальної.
- IV. Який вид фактури можна отримати в результаті ударної обробки каменю?
1) шліфована;
2) дзеркальна;
3) скельна;
4) лощена.
- V. Абразивна обробка передбачає...
1) тесання; 2) полірування; 3) сколювання.
- VI. Назвіть вид конструктивного заходу захисту природних кам'яних матеріалів:
1) просочування хлоридом кальцію;
2) полірування поверхні;
3) флюатування.
- VII. Спосіб флюатування належить до...
1) конструктивного заходу; 2) фізико хімічного заходу.
- VIII. Поясніть в чому полягає спосіб флюатування.
1) обробка кремнефторидом магнію;
2) просочування розчином хлориду натрію;
3) покривання оліфою.
- IX. В чому полягає спосіб гідрофобізації?
1) просочування рідинним склом;
2) просочування кремнефторидом алюмінію;
3) нанесення кремнійорганічних рідин.
- X. Драги застосовують для добування...
1) гравію; 2) граніту; 3) вапняку; 4) базальту.

II.3. (властивості)

- I. Назвіть твердість кварцу за Моосом.
1) "6"; 2) "7"; 3) "2"; 4) "5".
- II. Скажіть, який мінерал має твердість "1"?
1) кварц; 2) польові шпати; 3) тальк; 4) корунд.

- III. Вкажіть відсоток кварцу у граніті.
 1) 20 ... 40 %; 2) 40 ... 70 %; 3) 5 ... 10 %.
- IV. Яку міцність при стиску може витримати габро?
 1) 200...400 МПа; 2) 100...200 МПа; 3) 400...600 МПа.
- V. Яку середню густину мають базальти?
 1) 2800 кг/м³; 2) 3300 кг/м³; 3) 3000 кг/м³.
- VI. Назвіть середню густину пемзи:
 1) 300...600 кг/м³; 2) 700...1400 кг/м³; 3) 100...300 кг/м³.
- VII. Яку міцність при стиску можуть витримати пісковики?
 1) 250...400 МПа; 2) 200...600 МПа; 3) 150...250 МПа.
- VIII. Визначте кількість гранітного щебеню, яку потрібно привезти для влаштування бутового фундаменту 10 м завдовжки, 100 см завширшки і 1 м завглибшки. Середня насипна густина щебеню 2000 кг/м³?
 1) 20 т; 2) 2 т; 3) 0,2 т; 4) 200 т.
- IX. Визначте середню густину граніту, якщо камінь масою 500 г витіснив води 250 см³.
 1) 500 кг/м³; 2) 2000 кг/м³; 3) 1250 кг/м³.
- X. Із вапняку випиляли кубик зі стороною 10 см, середня густина його 1800 кг/м³. Визначте масу кубика.
 1) 1,8 кг; 2) 18 кг; 3) 5,5 кг; 4) 55 кг.

II.4. (розміри)

- I. Які максимальні розміри бутового каменю?
 1) 500 мм; 2) 150 мм; 3) 800 мм; 4) 300 мм.
- II. Щебінь має мінімальні розміри...
 1) 150 мм; 2) 5 мм; 3) 2,5 мм; 4) 100 мм.
- III. Які розміри зерен піску?
 1) 6...8 мм; 2) 0,16...5 мм; 3) 0,16...3 мм.
- IV. Назвіть максимальну масу бутового каменю?
 1) 40 кг; 2) 20 кг; 3) 30 кг; 4) 50 кг.
- V. Які розміри можуть мати камені з гірських порід для кладки стін?
 1) 250×120×65 мм;
 2) 250×250×138 мм;
 3) 390×190×188 мм;
 4) 490×240×188 мм.
- VI. Яка максимальна маса каменю для кладки стін?
 1) 40 кг; 2) 16 кг; 3) 24 кг; 4) 50 кг.
- VII. Як називається грубооброблений матеріал неправильної форми розмірами 150...500 мм?
 1) пісок; 2) щебінь; 3) блоки; 4) бут.

VIII. Тротуарні плити з шаруватих гірських порід мають товщину:

- 1) 10...20 мм; 2) 40...150 мм; 3) 200...250 мм; 4) 4...40 мм.

IX. Висота бортових каменів із граніту та сієніту новина бути:

- 1) 300...400 мм; 2) 100...200 мм; 3) 30...50 мм; 4) 200...500 мм.

X. Товщина пиляних плит для зовнішнього облицювання:

- 1) 200...300 мм; 2) 6...140 мм; 3) 20...60 мм; 4) 100...200 мм.

II.5. (застосування)

I. Вам необхідно влаштувати бутобетонний фундамент. Яку гірську породу застосуєте для бутового каменю?

- 1) мармур; 2) гіпсовий камінь; 3) граніт; 4) вермикуліт.

II. Поміркуйте, яка з гірських порід є найкращою для виготовлення стінових блоків:

- 1) вапняк; 2) мармур; 3) граніт; 4) діабаз.

III. Яку з гірських порід краще використати для виготовлення плит зовнішнього облицювання?

- 1) кварцит; 2) мармур; 3) гіпсовий камінь; 4) перліт.

IV. Для плит внутрішнього облицювання краще використати таку гірську породу:

- 1) кварцит; 2) мармур; 3) граніт; 4) базальт.

V. Для влаштування дорожнього покриття чистіше всього застосовують:

- 1) діабаз; 2) гіпсовий камінь; 3) мармур; 4) туф.

VI. Плити для облицювання в доменних печах виготовляють із:

- 1) мармуру; 2) лабрадориту; 3) гіпсового каменю; 4) діабазу.

VII. Плити для покриття підлог виготовляють із:

- 1) граніту; 2) туфу; 3) гіпсу; 4) вермикуліту.

VIII. Які гірські породи застосовують для кислотостійкого облицювання?

- 1) кварцит; 2) вапняк; 3) гіпс; 4) андезит.

IX. Поміркуйте, для якого конструктивного елемента застосовують найбільшу кількість гірських порід:

- 1) стіни; 2) фундаменту; 3) облицювання.

X. Стіни житлового будинку виготовляють із такої гірської породи, як:

- 1) граніт; 2) лабрадорит; 3) туф; 4) базальт.

РОЗДІЛ 3. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ І ВИРОБИ

3.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Керамічними називають матеріали і вироби, які одержують із глинистих мас їх формуванням, сушінням і випалюванням. Ці стародавні штучні будівельні матеріали завдяки високій довговічності, порівняно простій технології виготовлення, універсальності властивостей дуже широко застосовуються у будівництві: для кладки та облицювання стін, настилу підлоги, виготовлення різних санітарно-технічних, тепло- і звукоізоляційних виробів, легких заповнювачів бетонів тощо.

Керамічні матеріали – найдавніші з усіх штучних кам'яних матеріалів. Випуск керамічної цегли становить майже половину обсягу виробництва всіх стінових матеріалів. Керамічні облицювальні плитки й досі лишаються основними матеріалами для опорядження санітарних вузлів та багатьох інших приміщень. Не втратили свого значення й керамічні матеріали для зовнішнього облицювання будівель.

Керамічні матеріали і вироби класифікують за різними ознаками. Загальна класифікація будівельних керамічних матеріалів і виробів *за призначенням* наведена в таблиці 3.1.

За видом поверхні керамічні матеріали та вироби поділяються на: глазуровані і неглазуровані; однокольорові, багатокольорові і з малюнком; з гладенькою поверхнею та рельєфні.

За структурою черепка керамічні матеріали і вироби поділяються на дві групи: пористі, що поглинають понад 5 % води, та щільні – менше 5 %. До пористих належать стінові вироби, черепиця, облицювальні плитки для стін, заповнювачі для легких бетонів, теплоізоляційні вироби, фаянсові санітарно-технічні вироби тощо. В середньому вони мають водопоглинання за масою 8...20 % або 14...36 % за об'ємом. На зломі вони мають землистий вигляд, шорстку поверхню, при ударі видають глухий звук.

Щільні – це плитки для підлог, клінкерна цегла, фарфорові санітарно-технічні вироби. Вони мають блискучий злом, гладеньку поверхню, при ударі видають чистий дзвінкий звук.

За будовою черепка, що характеризує його текстуру, розрізняють грубу (неоднорідну крупнозернисту) та тонку (однорідну дрібнозернисту) кераміку. Більшість будівельних керамічних матеріалів (цегла, камені, черепиця) відносять до грубої пористої кераміки з водопоглинанням 5...15 %. Дорожню та кислототривку цеглу, каналізаційні труби можна віднести до грубої щільної кераміки з водопоглинанням не вище 10 %. За тонку пористу кераміку вважають

вироби із фаянсу і майоліки, за тонку щільну – вироби з фарфору і деякі вогнетривкі, кислототривкі і електроізоляційні керамічні матеріали.

Таблиця 3.1

Класифікація керамічних матеріалів за призначенням

Призначення кераміки	Структура черепка	Вид кераміки	Матеріали і вироби	Сировина
Стінова	Пориста, порожниста	Теракота	Цегла, камені, блоки, панелі	Глина, пісок, домішки
Облицювальна фасадна	Пориста	Теракота, фаянс, глазурована, ангобована	Плитки, цегла, килимова кераміка	Глина, пісок, польовий шпат, каолін
Облицювальна внутрішня	Те саме	Фаянс, глазурована	Плитки, фасонні деталі	Те саме
Покрівельна	Те саме	Теракота	Черепиця	Глина, пісок
Для пере-криттів	Пориста, порожниста	Те саме	Камені, блоки	Те саме
Теплоізоляційна	Те саме	Порожниста	Керамзит, цегла, плити, аглопорит	Легкоплавка глина, трепел, діатоміт
Вогнетривка	Пориста, щільна	Кремнеземисто-магнезіальна	Цегла, камені	Вогнетривка глина, шамот, каолін, кварцит, доломіт, магнезит
Кислотостійка	Щільна	Фарфор, фаянс	Цегла, плитки, труби, фасонні вироби	Вогнетривка глина, кварц, польовий шпат, шамот
Дорожня	Те саме	Щільна	Цегла (клінкер)	Тугоплавкі глини
Санітарно-технічні вироби	Пориста, щільна	Фаянс, напів фарфор	Умивальники, унітази, ванни	Глина, каолін, кварцовий пісок
Труби	Те саме	Теракота	Дренажні труби, каналізаційні труби	Глина, пісок, шамот, каолін, вогнетривка глина, пісок
Декоративна	Те саме	Фаянс, фарфор, майоліка, теракота	Декоративні деталі	Глина, каолін, пісок, польовий шпат.

За способом формування керамічні матеріали поділяються на матеріали, одержані пластичним формуванням, напівсухим пресуванням або клінкерним способом.

3.2 СИРОВИНА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КЕРАМІКИ

Головною сировиною для виготовлення кераміки є різні глинясті гірські породи. *Глини* – це продукти механічного руйнування гірських порід з основним породотвірним мінералом – *каолінітом*. Характерна властивість глини – *пластичність*, яка залежить в основному від гранулометричного складу. За пластичністю глини поділяють на *високопластичні, середньо-, помірно- та малопластичні*.

Чим більша кількість в глині частинок розміром менш як 0,005 мм, тим вища пластичність і тим більше потрібно води для формування глиняного тіста, що спричинює значну усадку при сушінні і випалюванні. *Усадкою* називають зменшення лінійних розмірів та об'єму в процесі сушіння та випалювання. Повітряна усадка коливається у межах 2...12 %, вогнева становить 2...8 %.

За *вогнетривкістю* глини поділяють на *вогнетривкі* з температурою плавлення понад 1580 °С, *тугоплавкі* – 1350...1580 °С, *легкоплавкі* – менше 1350 °С.

Характерна властивість глин – це здатність переходити в каменеподібний стан. Колір глиняного черепка залежить від складу і кількості оксидів у глині.

Щоб поліпшити технологічні властивості формувальних мас і надати певних властивостей виробам, до глин вводять різні добавки; спіснювачі, пороутворювачі, плавні, пластифікатори тощо.

Спіснювальні добавки вводять у керамічну масу, щоб знизити пластичність і зменшити усадку. Для цього використовують шлак, золу, шамот, пісок, дегідратовану глину.

Плавні знижують температуру випалювання й спікання глини. Це польові шпати, доломіт, магнезит тощо.

Пароутворювальні добавки вводять, щоб одержати легкі вироби. Такими добавками є магнезит, крейда, доломіт, тирса, вугілля, торф, лігнін.

Пластифікуючі добавки сприяють підвищенню пластичності; до них належать високопластичні глини, бентоніти, поверхнево-активні речовини, лігносульфонати технічні (ЛСТ).

Щоб поліпшити декоративний вигляд і стійкість до зовнішніх впливів, поверхню керамічних виробів покривають глазур'ю чи ангобом.

Глазур (полива) – це склоподібне покриття завтовшки 0,1...0,2 мм, виготовлене з кварцового піску, каоліну, польового шпату, доломіту,

магнезиту, оксидів металів, нанесене на поверхню виробу і закріплене випалюванням. Глазурі бувають прозорі і глухі (емалі), безбарвні і забарвлені, глянсові і матові, тугоплавкі і легкоплавкі.

Ангоб виготовляють з білої або кольорової глини, наносять на поверхню виробу тонким шаром 0,25...0,4 мм завтовшки і випалюють. Забарвлена поверхня стає матовою.

3.3 ВИРОБНИЦТВО КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ

Незважаючи на широкий асортимент керамічних виробів, виробляють їх за єдиною порівняно простою технологічною схемою (рис. 3.3): добування сировини, підготовка маси, формування виробів, сушіння, випалювання; сортування, пакування.

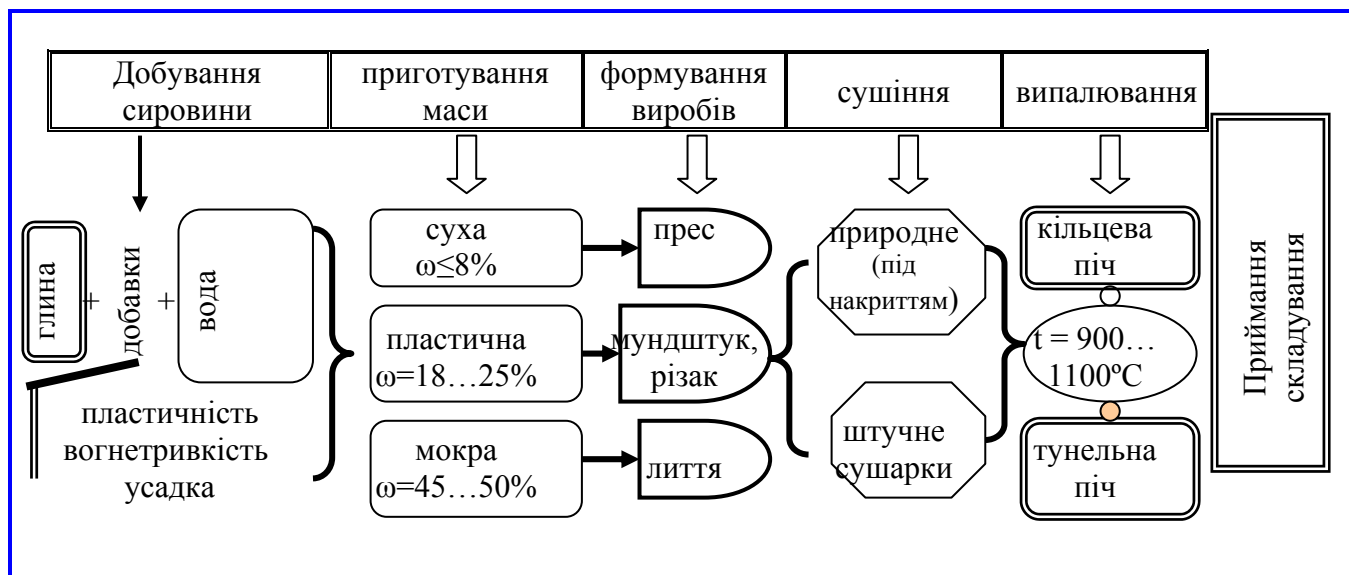


Рис.3.3 Схема виробництва керамічних виробів

Добувають глину у кар'єрах відкритим способом, до заводу транспортують вагонетками, автосамоскидами, конвеєрами. Суміш для формування виробів готують напівсухим, пластичним і мокрим (шлікерним) способами.

Застосовуючи *напівсухий спосіб формування* (рис. 3.4), глину подрібнюють у млинах; підсушують у сушильних барабанах і перемішують у глинозмішувачах, зволожуючи паром до вологості 8...12 %.

Кожний виріб формують окремо на пресах під тиском 15...40 МПа. Вироби мають чітку форму, точні розміри.

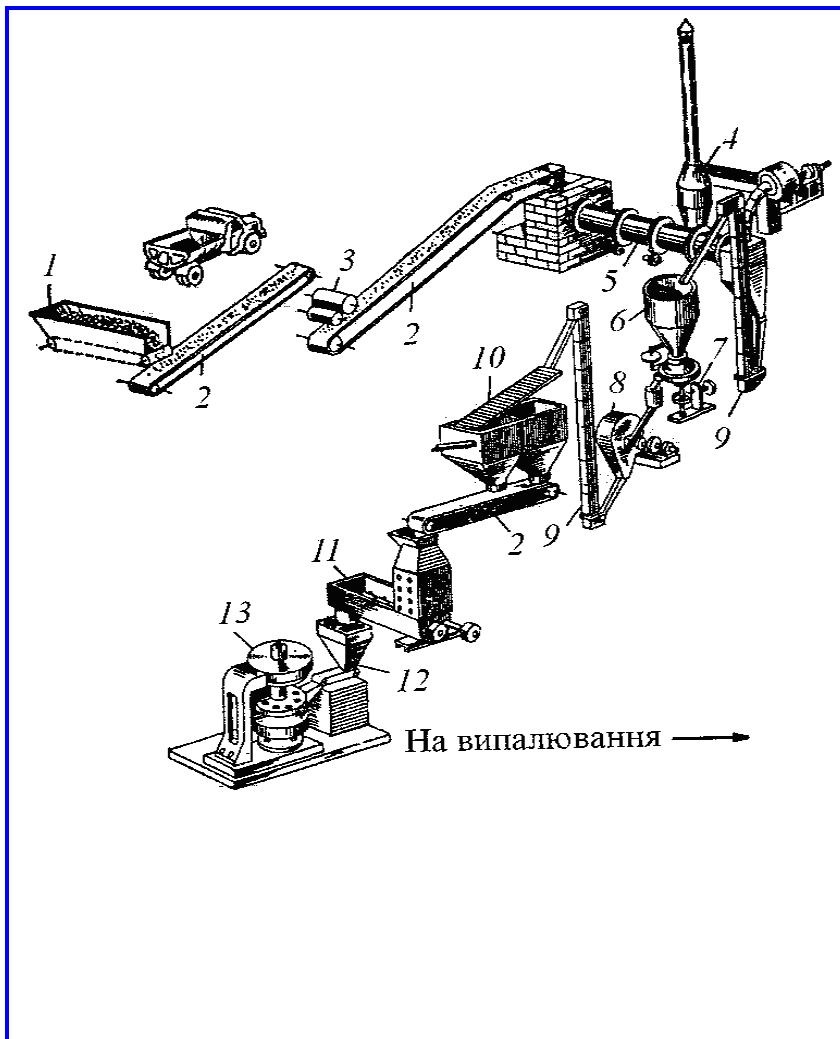


Рис.3.4. Технологічна схема виробництва цегли методом напівсухого пресування:
 1 – ящиковий подавач;
 2 – стрічкові конвеєри;
 3 – дезінтеграторні вальці;
 4 – циклон;
 5 – сушильний барабан;
 6 – бункер;
 7 – тарілчастий живильник;
 8 – дезінтегратор;
 9 – елеватори;
 10 – грохот;
 11 – глинозмішувач із парозволожувачем;
 12 – живильник;
 13 – прес

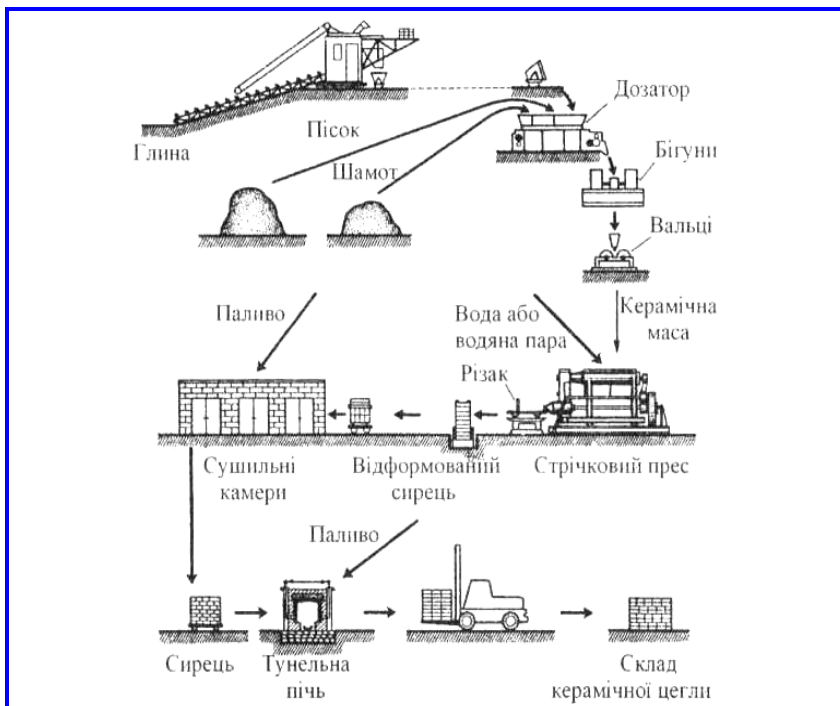


Рис. 3.5. Технологічна схема виготовлення керамічної цегли пластичним способом

При *пластичному способі формування* глину змішують з водою до вологості 18...25 % в глинозмішувачах (рис. 3.5). Вироби формують на

стрічкових пресах, де за допомогою шнека маса остаточно гомогенізується і вичавлюється крізь мундштук у вигляді бруса. Брус розрізують сталевією струною на окремі вироби (рис. 3.6).

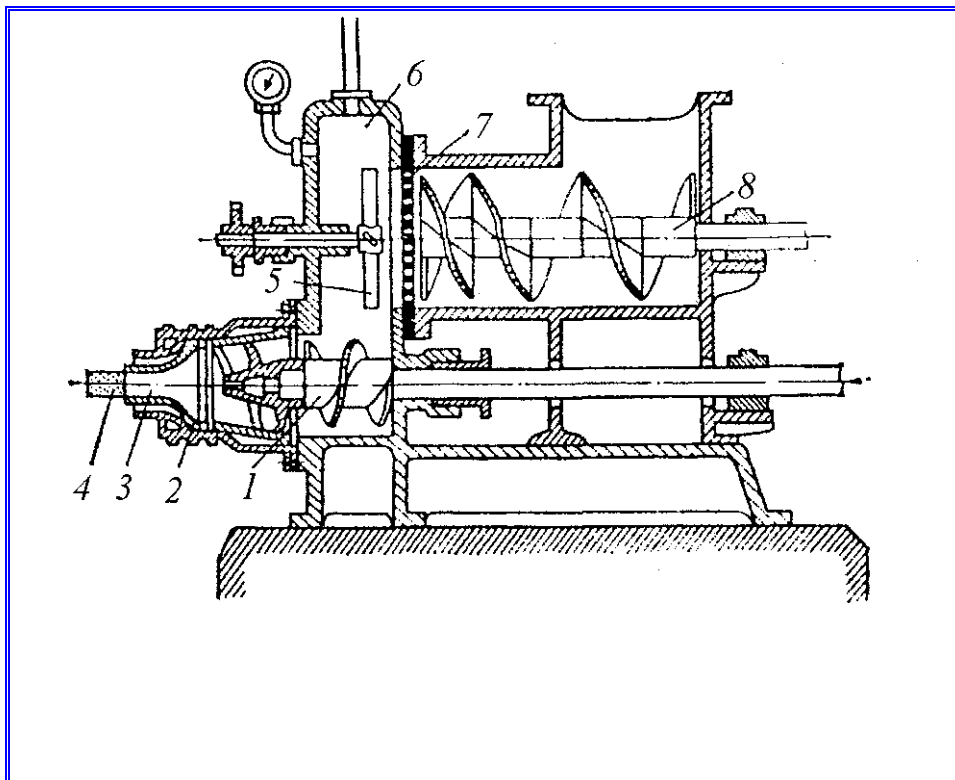


Рис.3.6.
Стрічковий вакуумний процес:
1 – шнековий вал; 2 – конусна головка;
3 – мундштук;
4 – глиняний брус;
5 – ніж;
6 – вакуумна камера; 7 – решітка; 8 – глинозмішувач

При *мокрому способі* сировинні матеріали спочатку подрібнюють, а потім змішують з водою до вологості 45...60 %. Рідку глиняну масу виливають у форми. Цим способом виготовляють фаянс, мозаїчну плитку, плитку для внутрішнього оздоблення стін.

Сушіння виробів може бути штучним і природним. Природне сушіння в сушильних сараях дешевше, але довготривале (10...15 діб), залежить від температури і вологості навколишнього повітря. Штучне сушіння виконують у тунельних сушарках (рис. 3.7), де керамічні вироби сохнуть від 16 годин до трьох діб.

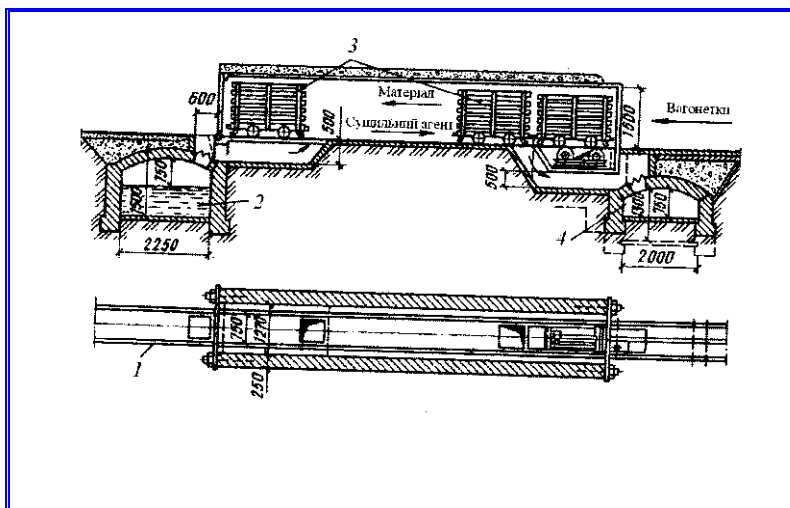
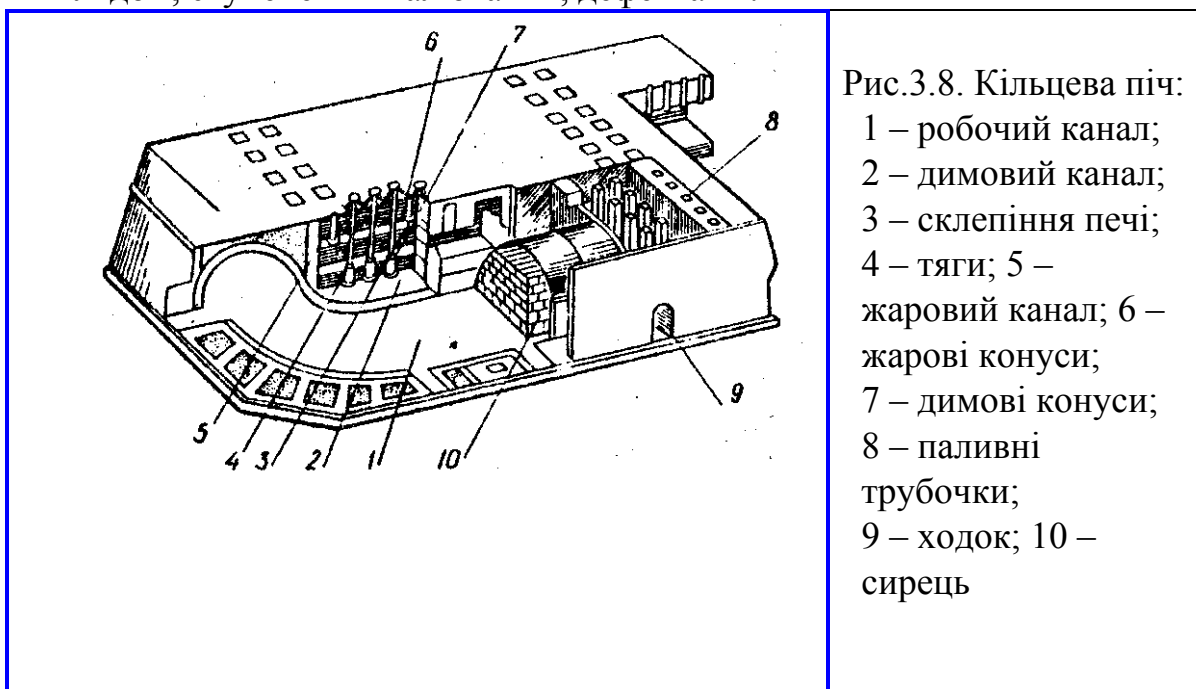


Рис.3.7.Схема тунельної сушарки: 1 – рейкова колія;
2 – канал для підведення теплоносія;
3 – вагонетки з сирцем;
4 – канал для відведення теплоносія

Випалювання здійснюється в тунельних чи кільцевих (на старих заводах) печах (рис. 3.8). Температура випалювання 900...1100 °С. Після випалювання вироби сортують. Якість виробів установлюють згідно зі стандартом за формою, розмірами, зовнішнім виглядом, ступенем випалювання, дефектами.



3.4 СТІНОВІ КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ

Найпоширеніший матеріал з кераміки — керамічна цегла і камені. Вироби згідно ДСТУ Б В.2.7-61:2008 „Цегла та камені керамічні рядові і лицьові” класифікуються за такими ознаками: призначенням; наявністю порожнин; міцністю; розмірами; морозостійкістю; середньою густиною; теплотехнічними властивостями; радіоактивністю.

За призначенням вироби підрозділяють на два види: рядові (Р) і лицьові (Л). Керамічну цеглу виготовляють двох типів: повнотілою (без порожнин або з технологічними порожнинами об'ємом до 13 % для запобігання структурному свілеутворенню) або порожнистою.

Залежно від границі міцності при стиску цеглу та камені виготовляють: марок 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300; крупноформатні камені марок 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300; цеглу та камені з горизонтально розташованими пустотами марок 35, 50, 75, 100.

За морозостійкістю вироби виготовляють марок F15; F25; F35; F50; F75; F100.

За показником середньої густини вироби ділять на п'ять класів: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; 2,0.

За теплотехнічними властивостями виробу в залежності від класу середньої густини ділять на п'ять груп, наведених у таблиці 3.4.1.

Таблиця 3.4.1

Група виробів за теплотехнічними властивостями	Теплопровідність виробів, Вт/(м·К)	Клас середньої густини	Середня густина виробів, кг/м ³
Високої ефективності	<0,24	0,8	<800
Збільшеної ефективності	0,24 – 0,36	1,0	801 – 1000
Ефективні	0,36 – 0,46	1,2	1001 – 1400
Умовно ефективні	0,46 – 0,58	1,4	1401 – 1600
Малоефективні	>0,58	2,0	> 1600

Цегла має розміри 250×120×65 мм (нормального формату – одинарна), 250×90(85)×65 мм ("євро" 1 (2)), 288×138×65 мм (модульних розмірів одинарна), 250×120×88 мм (потовщена) та 288×138×88 мм (модульних розмірів потовщена). За нормативами цегла може мати відхилення від розмірів за довжиною ±5 мм, за шириною ±4 мм, за товщиною ±3 мм.

Середня густина – 1600...1900 кг/м³, теплопровідність – 0,71...0,82 Вт/(м·К), маса – не більше ніж 4,3 кг. Виготовляють цеглу пластичним та напівсухим способами. Водопоглинання цегли має бути не менш як 8% інакше цегла буде щільною і матиме велику теплопровідність. Морозостійкість – не менше ніж 15 циклів.

Щоб визначити марку цегли, потрібно виготовити зразки і випробувати їх при згині і стиску (рис. 3.4.1). За значеннями $R_{ст}$ і R_z встановлено марки цегли (табл.3.4.2).

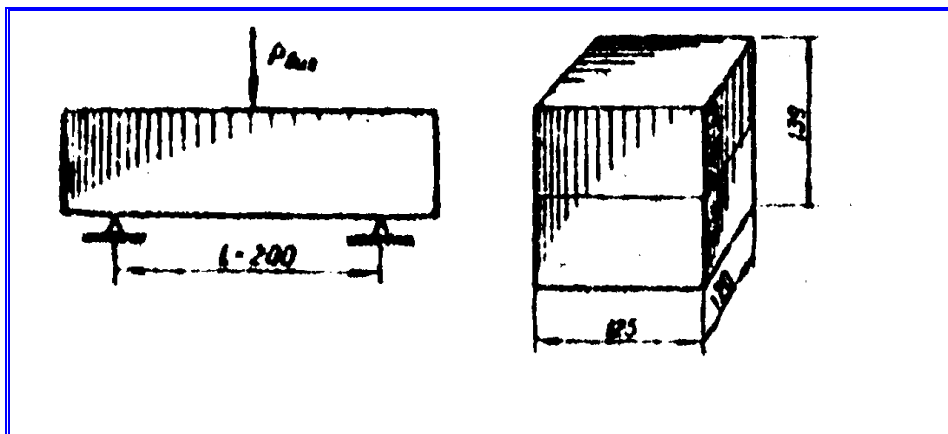


Рис.3.4.1 Схеми визначення марки цегли за границею міцності при стиску і згині

Визначення марки керамічної цегли


Марка цегли	Міцність, МПа							
	при стиску $R_{ст}$		R_3 для цегли					
	середній для 5 зразків	Найменший для окремого зразка	пластичного формування		напівсухого пресування		модульної	
			середній для 5 зразків	Найменший для окремого зразка	середній для 5 зразків	Найменший для окремого зразка	середній для 5 зразків	Найменший для окремого зразка
300	30	25	4,4	2,2	3,4	1,7	2,9	1,5
250	25	20	3,9	2,0	2,9	1,5	2,5	1,3
200	20	17,5	3,4	1,7	2,5	1,3	2,3	1,1
175	17,5	15	3,1	1,5	2,3	1,1	2,1	1,0
150	15	12,5	2,8	1,4	2,1	1,0	1,8	0,9
125	12,5	10	2,5	1,2	1,9	0,9	1,6	0,8
100	10	7,5	2,3	1,1	1,6	0,8	1,4	0,7
75	7,5	5,0	1,8	0,9	1,4	0,7	1,2	0,6


Умовна позначка виробів при замовленні та в іншій документації повинна містити:

- назву виробу (цегла або камінь);
- матеріал виробів (К – керамічні);
- вид виробу (Р – рядовий, Л – лицьовий);
- тип виробу (Пв – повнотілий, Пр – порожнистий) – тільки для цегли;
- коефіцієнт об'єму (перерахунок на цеглу нормального формату одинарну 250×120×65 мм) НФ (0,7...14,31 за таблицею ДСТУ);
- марку за міцністю при стиску (75...300);
- середню густину, кг/м³;
- марку за морозостійкістю (F15 – F100);
- клас за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів (1 або 2);
- позначку стандарту.

Приклад умовної позначки виробу:

Цегла КРПв-1НФ-М100-1650-F25-1-ДСТУ Б В.2.7-61:2008 – цегла керамічна рядова повнотіла розмірами 250×120×65 мм (1 НФ), марки за міцністю 100, густиною 1650 кг/м³, марки за морозостійкістю F25, за ефективною сумарною питомою активністю природних радіонуклідів, клас 1.

 **Приклад 1.** Визначити марку цегли, якщо $R_{ст} = 15,6$ МПа, $R_3 = 2,85$ МПа Розв'язання. За табл. 4.5 це марка М150.

 **Приклад 2.** Визначити $R_{ст}$, якщо середня руйнівна сила після випробування складених з двох половинок цегли і з'єднаних мурувальним розчином зразків на стиск дорівнює 150 кН.

Розв'язання. $R_{ст} = P/S$; $S = 125 \times 120 = 15000 \text{ мм}^2$;

$R_{ст} = 150000/15000 = 10$ МПа. Марка 100.

Основні недоліки повнотілої цегли — велика маса, висока густина, велика теплопровідність. Для зменшення маси і теплопровідності виготовляють *ефективну цеглу і камені* (рис.3.4.2) порожнистими або пористими.

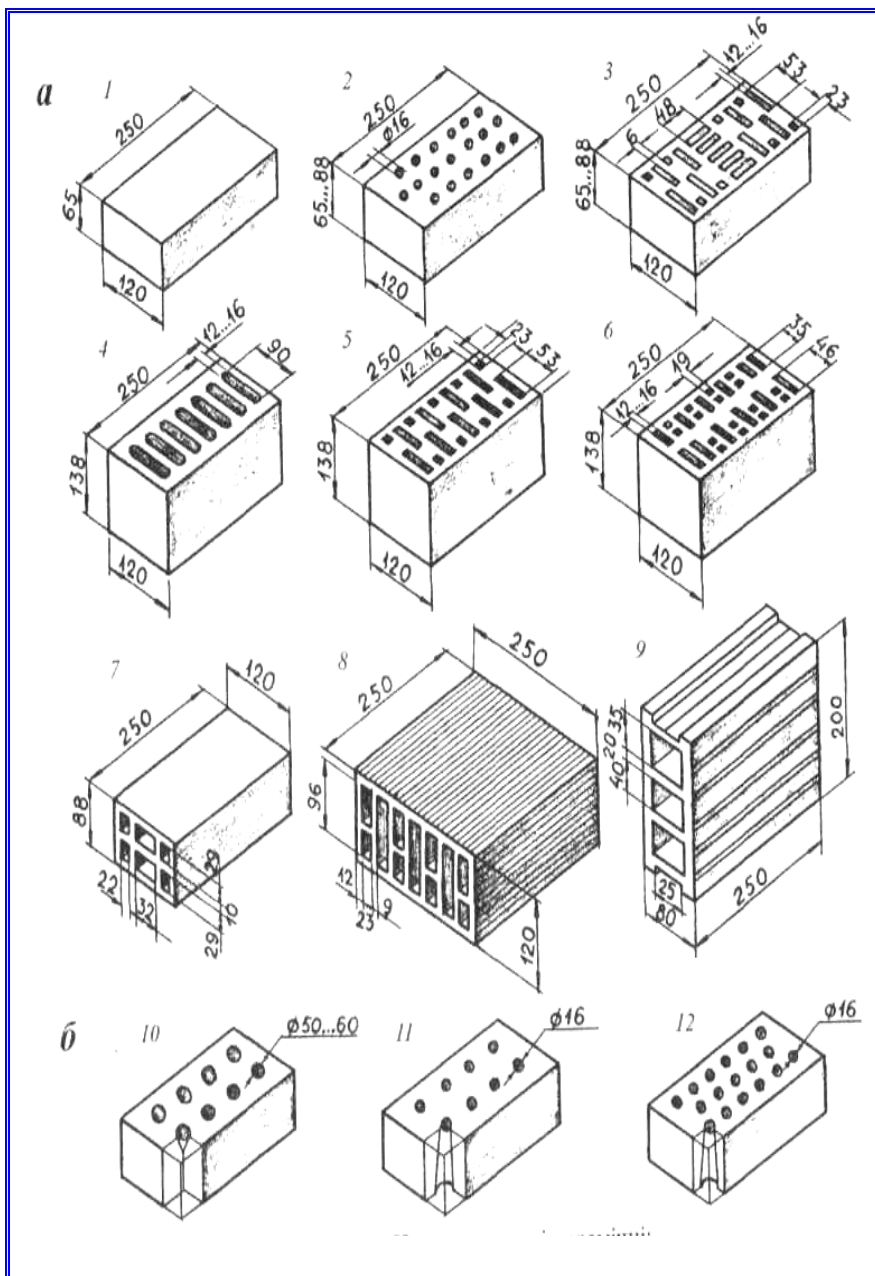


Рис. 3.4.2. Цегла та камені керамічні: а – пластичного формування; б – напівсухого пресування;

- 1 – цегла звичайна;
- 2 – цегла порожниста з 19 пустотами (П – 13%);
- 3 – цегла порожниста з 21 пустою (П – 34%, 45%);
- 4 – камінь з 7 пустотами (П – 25%, 33%);
- 5 – камінь з 18 пустотами (П – 27%, 36%);
- 6 – камінь з 28 пустотами (П – 32%, 42%);
- 7 – цегла з 6 горизонтальними пустотами;
- 8 – камінь з 11 горизонтальними пустотами;
- 9 – камінь з 3 горизонтальними пустотами;
- 10 – цегла з 8 наскрізними отворами (П – 11%);
- 11 – цегла з 8 наскрізними отворами (П – 6%);
- 12 – цегла з 17 наскрізними отворами (П – 12,7 %)

Пористі ефективні вироби одержують з глини, домішуючи діатоміт, трепел або глини з вигоряючими добавками. Середня густина ефективних каменів і цегли – не більше 1400 кг/м³. Керамічні камені випускають таких розмірів: 250×120×138 (звичайних розмірів); 288×138×138 (модульних розмірів); 250×250×138 (укрупнений); 250×250×120 (укрупнений з горизонтальним розташуванням пустот); 510×250×219, 398×250×219, 380×250×219, 380×255×188, 380×250×140, 380×180×140, 250×250×188, 250×180×140 (крупноформатний) і 250×200×70 мм (з горизонтальним розташуванням пустот). Використання ефективних виробів дає змогу зменшити товщину стіни, її масу, знизити вартість будівництва, скоротити його строк і трудові витрати.

3.5 КЕРАМІЧНІ ВИРОБИ ДЛЯ ОБЛИЦЮВАННЯ БУДІВЕЛЬ ВИРОБИ ДЛЯ ОБЛИЦЮВАННЯ ФАСАДІВ

Для облицювання фасадів будівель застосовують різні за формою, розмірами та декоративними властивостями керамічні вироби. Фасадні керамічні вироби застосовують для облицювання фасадних поверхонь, стінових панелей, блоків, цоколів будівель, лоджій, створення декоративних панно.

Лицьову цеглу і каміння (ДСТУ Б В.2.7-61:2008) виготовляють з глини, трепелів і діатомітів методом пластичного формування або напівсухого пресування з добавками чи без них, з нанесенням фактурного шару чи без нього, таких самих розмірів за такою самою технологією, як і звичайну, дотримуючись більш точних вимог щодо однорідності сировини і правильності форми виробів.

Лицьова цегла і камені (рис. 3.5.1) призначені для мурування і одночасного облицювання зовнішніх і внутрішніх стін будівель і споруд, тому повинні мати дві лицьові поверхні – поперечикову і довжикову. Крім цього виготовляють фігурні цегляні вироби (рис. 3.5.2).

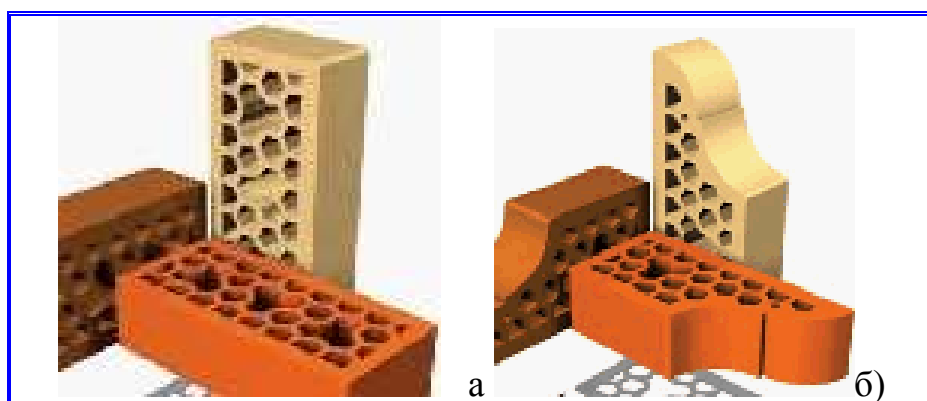


Рис. 3.5.1
Лицьова цегла:
а – звичайна
цегла для
облицювання
б – фігурні
цегляні вироби

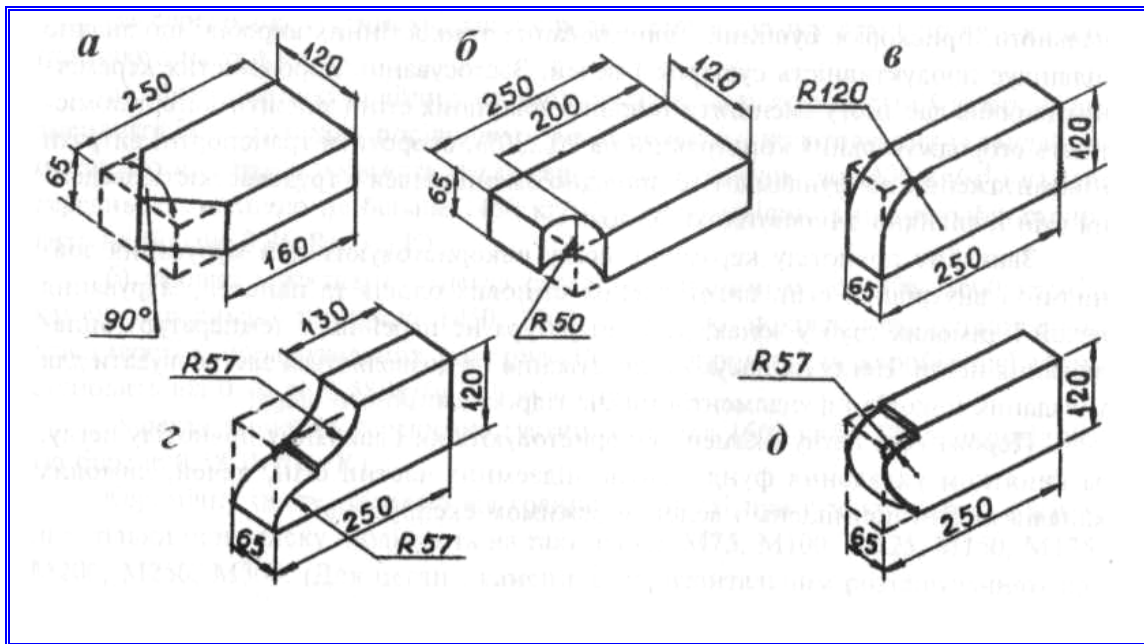


Рис. 3.5.2. Фігурні цегляні вироби

За міцністю цеглу і камені поділяють на такі марки: 300, 250, 200, 150, 125, 100 і 75, за морозостійкістю – 25, 35 і 50. Водопоглинання має бути не менш як 6 %.

Цеглу і камені виготовляють: з гладенькою і рельєфною лицьовою поверхнею природного кольору або забарвленими у масі шляхом уведення в сировинну суміш добавок; з офактуреною лицьовою поверхнею – торкретуванням мінеральним дрібняком, ангобуванням, нанесенням поливи або двошаровим формуванням.

Добираючи склад керамічних мас і регулюючи режим випалювання, можна виготовляти цеглу білого, кремового та інших кольорів.

Двошарову цеглу формують із місцевих червоних глин і лише лицьовий шар (3...5 мм завтовшки) – із біловипалюваних глин.

Ангобована цегла має лицьову поверхню, вкриту ангобом. Виготовляють ангоби із білої глини (80 %), скляного бою (13...20 %) і мінерального барвника (5...7 %). Ангоб наносять на відформований виріб у вигляді суспензії – шлікера, а потім випалюють.

Полив'яну цеглу застосовують для акцентних вставок, які надають фасаду будівлі більшої архітектурної виразності.

Для оздоблення збірних конструкцій на заводах використовують килимово-мозаїчні плитки, плитки типу «кабанчик» тощо.

Плитки керамічні фасадні і килими з них згідно з ДСТУ Б В.2.7-67-98 поділяють на фасадні, цокольні, килими із керамічних плиток і килими „брекчія”.

Фасадні керамічні плитки (рис. 3.5.3) виготовляють методом напівсухого пресування розмірами 250×140×10 мм, типу „кабанчик” – 120 × 65 × 7 мм. Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-67-98 випускають плитки й інших розмірів 50...300×50...150×4...10 мм.

Лицьова поверхня фасадних плиток може бути гладкою і фактурною, глазурованою і неглазурованою. На тильній стороні є заглиблення для кращого зчеплення з розчином. Водопоглинання плиток – не менше 2 %, морозостійкість – не менше 40 циклів, границя міцності при згині – не менше 16 МПа.

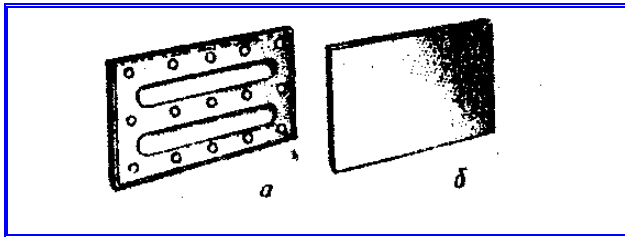


Рис.3.5.3. Малогабаритні фасадні плитки: а – тильна поверхня; б – лицьова поверхня

Цокольні плитки розмірами 15×75×7 мм виготовляють зі спікливим черепком і вкривають прозорою або глухою поливою, їх використовують для облицювання цоколів будівель і підземних переходів. При стандартних випробуваннях на морозостійкість плитки повинні витримувати не менше 50 циклів заморожування і відтавання. Границя міцності при згині – не менше 1,8 МПа.

Килимово-мозаїчні плитки виготовляють методом лиття. Тонкостінні плитки різного кольору, з поливою чи без неї, які наклеюють лицьовою поверхнею на паперову основу (крафт-папір), внаслідок чого утворюється килим. Плитки можуть бути квадратної, прямокутної та інших форм зі стороною 22...29 мм, завтовшки 2...3 мм. Килимову кераміку застосовують для облицювання зовнішніх панелей і блоків, стін, вестибулів, сходових кліток, санвузлів та кухонь. Для цього килими з плиткою укладають за допомогою розчинової суміші на поверхню, що облицюють, а потім змивають крафт-папір водою. Водопоглинання плиток не повинно перевищувати 9 %, морозостійкість – не менше 40 циклів.

Килим „брекція” – набір частин плиток довільної форми, площею не менше 3 см², що наклеєні на лист паперу. Номінальні розміри килимів встановлюють за узгодженням підприємства-виготовлювача зі споживачем. Частини плиток повинні бути рівномірно розміщені по всій площі килима.

ПЛИТКИ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГО ОБЛИЦЮВАННЯ

Внутрішні стіни облицюють майоліковими та фаянсовими плитками.

Майолікові плитки виготовляють з легкоплавких глин з додаванням до 20 % вуглекислого кальцію у вигляді крейди. Внаслідок випалювання плиток утворюється пористий черепок, лицьову поверхню якого покривають прозорою кольоровою поливою, а на тильний бік наносять борозенки для кращого зчеплення з розчином. Формують плитки на важільному пресі, потім їх сушать, випалюють, глазурують і випалюють удруге.

Фаянсові плитки виготовляють із вогнетривких глин, додаючи кварцовий пісок і плавні – речовини, які знижують температуру плавлення (зокрема, польовий шпат). Плитки після випалювання мають білий або слабкозабарвлений черепок.

Лицьова поверхня плиток може бути гладенькою або рельєфною, одно- або багатокольірною (рис. 3.5.4), а на тильний бік наносять борозенки для кращого зчеплення з розчином.

Залежно від форми плитки бувають квадратні, прямокутні і фасонні для кутів, облицювання карнизів і плінтусів (рис. 3.5.5). Для внутрішнього облицювання застосовують плитки завдовжки 150 мм та завширшки 25, 50, 75 і 150 мм. Товщина плиток не повинна перевищувати 6 мм, плінтусних – 10 мм, Водопоглинання плиток має становити не більш як 16 %.



Рис. 3.5.4.
Фаянсові плитки

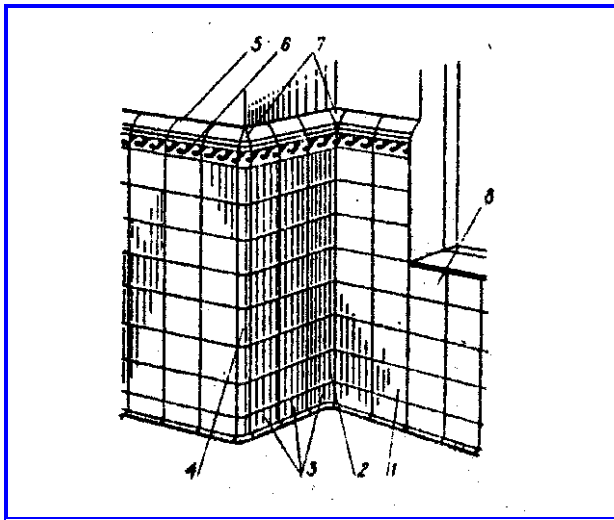


Рис. 3.5.5.Облицювання стін глазурованими плитками: 1 – квадратна рядова плитка; 2 – внутрішній кутик; 3 – плінтусові кутики; 4 – зовнішній кутик; 5 – карнизна плитка; 6 – поясок; 7 – кутики карниза; 8 – плитка з завалом

До якості плиток для внутрішнього облицювання стін ставлять високі вимоги: вони повинні мати правильну геометричну форму, чіткі грані і кути, бути термічно стійкими.

Сировиною для виготовлення плиток є переважно маси із пластичної глини, каоліну, кварцу та польового шпату.

ПЛИТКИ ДЛЯ ПІДЛОГ

Керамічні плитки для підлог можуть бути з поливою і без неї, з гладенькою чи рифленою поверхнею. Квадратні плитки повинні мати довжину грані 150...500 мм, прямокутні плитки – довжину 200...500 мм, ширину 150...300мм, завтовшки 10...13 мм. Їх виготовляють з тугоплавких або вогнетривких глин, із забарвлюючими добавками чи без них. Плитки призначені для настилання підлог у санітарних вузлах, вестибулях і на сходових площадках житлових та громадських будівель, а також у виробничих і допоміжних будівлях промислових підприємств (рис. 3.5.6). Плитки можуть бути одно- та багатоколірними (візерунчасті, офактурені, перфоровані, мармуровидні й декоровані різними методами). Плитки повинні мати високу густину, водопоглинання до 5 %, підвищений опір щодо стирання (втрати маси під час випробування на стираність не повинні перевищувати $0,25 \text{ г/см}^2$).

Плитки керамічні мозаїчні виготовляють квадратними зі стороною 23 і 48 мм, завтовшки 6 і 8 мм. На заводі плитки лицьовим боком наклеюють на крафт-папір або картон за певним рисунком, одержуючи килими. Товщина шва між плитками 2 мм. Укладають килими на пластичну цементно-піщану розчинову суміш. Після укладання, підлоги крафт-папір чи картон змивають.



Рис. 3.5.6.
Підлоги із
керамічних
плиток

3.6 ВИРОБИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Керамічна черепиця – це стародавній покрівельний матеріал, який завдяки довговічності й вогнестійкості не втратив свого значення до наших часів. Керамічна черепиця (рис. 3.6.1) виготовляється трьох видів: штампована, пластичного формування (стрічкова) та напівсухого пресування плоска, кожен з яких поділяється на типи: штампована: пазова, марсельська, голандська, S-подібна, мунк-нун, гребенева та гребенева укрупнена; пластичного формування: стрічкова пазова, стрічкова плоска стрічкова S-подібна, стрічковахвильова та стрічкова гребенева; напівсухого пресування: плоска типу "Бобровий хвіст".

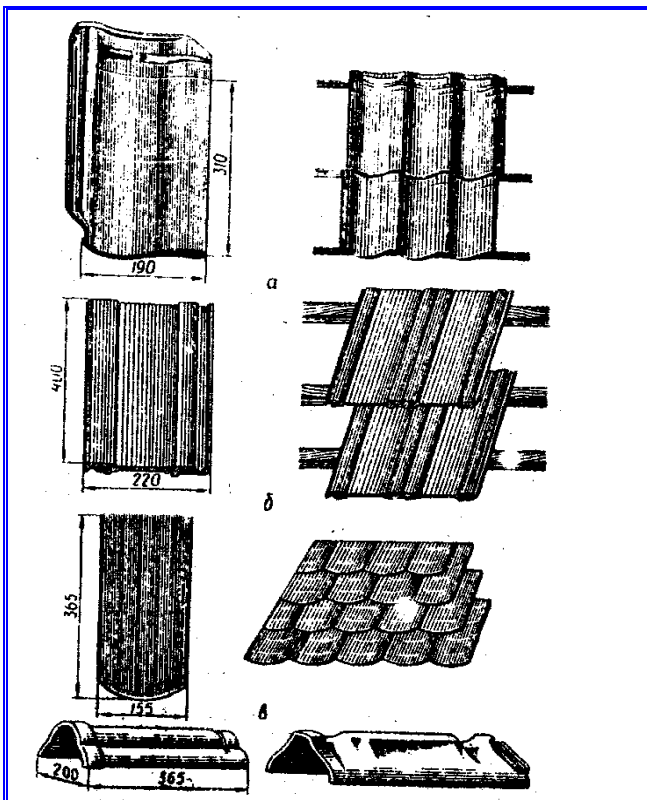


Рис. 3.6.1. Черепиця керамічна:
а – штампована; б – стрічкова
пазова; в – стрічкова плоска
(бобровий хвіст); г – гребенева

Черепиця міцна, водонепроникна, морозостійка (не менш як 25 циклів), вогнестійка й довговічна. До недоліків черепиці належать: велика маса (до 65 кг/м² покриття), крихкість, значна трудомісткість влаштування покрівлі і необхідність її виконання з великим нахилом (більше 30°) для швидкого стікання води.

Випалюють черепицю при температурі 950... 1000 °С.

Дренажні труби – вироби циліндричної, шести- і восьмигранної форми з внутрішнім діаметром 25...250 мм, 333...500 мм завдовжки, їх використовують у меліорації та осушенні ґрунтових основ, споруд. Дренажні труби виготовляють пластичним формуванням у горизонтальних стрічкових або у вертикальних пресах з високопластичних цегельних глин.

Вони можуть бути неглазурованими без розтрубів або глазурованими з розтрубами та перфорацією на стінках (рис.3.6.2). Частіше виготовляють безрозтрубні труби, які з'єднують між собою керамічними муфтами. Вода у дренажні труби надходить крізь стики і отвори в стінках труб. Водопоглинання черепка становить не більш як 15 %, морозостійкість не нижча 15 циклів.

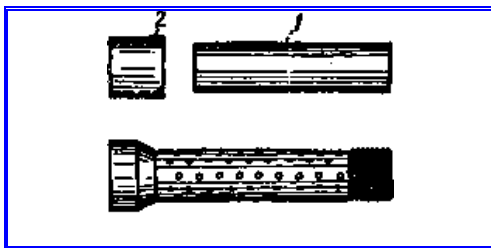


Рис. 3.6.2. Керамічні дренажні труби:
1 – труба; 2 – муфта

Цегла для дорожніх покриттів (клінкерна) – це штучне каміння розмірами 220×110×65 мм і 220×110×78 мм (рис. 3.6.3), яке виготовляють формуванням і наступним випалюванням до повного спікання. Як сировину застосовують тугоплавкі глини з великим інтервалом температур між початком спікання й початком деформування (80...100 °С).



Рис. 3.6.3. Клінкерна цегла

Марки цегли 1000, 600 і 400, відповідно морозостійкість F100, F50 і F30, водопоглинання не більш як 2, 4, 6 %, опір стиранню (коефіцієнт зношування) не менш як 14, 16 і 18 %, випробування на удар (кількість ударів) не менше ніж 8, 12, 16. Її застосовують для влаштування підлог промислових будівель, мостових опор, дорожніх покриттів.

Каналізаційні труби виготовляють з тугоплавких або вогнетривких глин із спіснювальними добавками (тонкомеленим шамотом або піском) чи без них, циліндричної форми з розтрубом на одному кінці. Сировинну масу готують пластичним способом. Труби формують у вертикальних трубних пресах, покривають із середини і ззовні кислотостійкою поливою й випалюють при температурі 1250..1300 °С, їх виготовляють діаметром 150...600 мм і 1000...1500 мм завдовжки. Вони мають бути водонепроникними і витримувати внутрішній гідравлічний тиск не менш як 0,15 МПа.

Водопоглинання труб не повинно перевищувати 8 %. Кислотостійкість труб становить не менш як 93 %.

Труби призначені для будівництва безнапірних мереж каналізації, якими транспортуються промислові, побутові та дощові неагресивні й агресивні стічні води.

Кислототривкі вироби — цегла, плитки, труби для футерування резервуарів, печей, настилення підлог у цехах з агресивним середовищем.

Кислототривкі керамічні вироби виготовляють з пластичних глин без домішок карбонатів, сірчаного колчедану, гіпсу, які зменшують хімічну стійкість. До цих виробів належать: *кислототривка цегла* міцністю 15...25 МПа, кислотостійкістю 92...96 %, водопоглинанням 8...12 %, термостійкістю не менше двох тепло змін; *плитки кислототривкі (К)* і *термокислототривкі (ТК)* міцністю 30 МПа, кислотостійкістю 96...98 %, водопоглинанням 6...9 %; труби та фасонні частини до них міцністю 30...40 МПа, кислотостійкістю 97...98 %, водопоглинанням 3...5 %.

Кислототривка цегла та плитки призначені для футерування башт, резервуарів і печей на хімічних заводах, для опорядження підлог у цехах з агресивними середовищами. Керамічні кислототривкі труби застосовують для перекачування неорганічних і органічних кислот та газів під тиском до 0,3 МПа.

Санітарно-технічну кераміку — раковини, ванни, умивальники унітази тощо — виготовляють з фаянсових чи напівфарфорових глиняних мас (біла глина, каолін, кварц, польовий шпат, шамот). Формують вироби методом лиття. Водопоглинання — до 5%, границя міцності при стиску — до 500 МПа. Вироби з фаянсу мають пористий, а з фарфору —

щільний, сильно спіклий черепок; густина напівфарфору є проміжною за значенням між фаянсом і фарфором.

Вогнетривкі вироби – це кремнеземисті, алюмосилікатні, магнезіальні та хромисті керамічні вироби, що експлуатуються при високих температурах. Вогнетривкі вироби поділяють на просто вогнетривкі (1580...1770 °С), високовогнетривкі (1700...2000 °С), найвищої вогнетривкості (понад 2000 °С). З вогнетривких матеріалів найширше застосовують кремнеземисті та алюмосилікатні, а також магнезіальні та хромисті.

Кремнеземисті (динасові) вироби мають вогнетривкість 1670..1790 °С, але невисоку термічну стійкість і при швидкому нагріванні втрачають міцність, розтріскуються й руйнуються; виготовляють із кварцитів або піску з глиною. Застосовують їх для кладки склепінь металургійних і скловарних печей.

Алюмосилікатні вироби виготовляють із вогнетривких глин, шамоту; вогнетривкість – 1590...1730 °С; поділяють на три групи: 1) напівкислі з вмістом SiO_2 понад 65 % і Al_2O_3 – не менш як 28 % та вогнетривкістю 1610...1710 °С.. Застосовують для футерування печей, вагранок, димарів, 2) шамотні матеріали з вмістом Al_2O_3 30...45 % мають високу термічну стійкість і міцність, їх вогнетривкість 1580..1730 °С. Застосовують їх для футерування обертових печей, димоходів тощо; 3) високоглиноземисті матеріали з вмістом Al_2O_3 понад 45 % мають вогнетривкість 1820...1860 °С. Використовують їх у скловарній промисловості, для укладання доменних печей тощо.

Магнезіальні вироби складаються в основному з периклазу MgO – 80...85 %, їх вогнетривкість досягає 2000 °С.

Хромисті вироби виготовляють із хромистого залізняку з магнезитом і глиноземом; вогнетривкість – 1800...2000 °С. Застосовують для футерування промислових печей.

Теплоізоляційні пористі керамічні заповнювачі для бетонів – керамзит і аглопорит.

Керамзит – гравій, що утворився при випалюванні легкоплавких глин, які спучуються при нагріванні до 1300 °С. Залежно від насипної густини керамзит поділяють на марки: 250, 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 700, 800.

Аглопорит – пористий щибеновидний кусковий матеріал, який виготовляють спіканням суміші глини і вугілля. Насипна густина – 300...1000 кг/м³.

3.7 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ КЕРАМІКИ

Керамічний граніт (грес) відрізняється від керамічної плитки технологією виготовлення і фізико-технічними характеристиками.

Керамічний граніт виготовляють із білої глини з додаванням каоліну, польових шпатів, кварцу і мінералів, шляхом формування при дуже високому тиску і наступному випалюванні при температурі 1200-1300 °С. Технологія забезпечує виготовлення міцних і стійких до різних дій плиток з великим різновидом кольорів і малюнків, які імітують природний камінь. Керамічний граніт має велику зносостійкість, механічну міцність, морозостійкість, кольоростійкість.

Керамограніт – чудовий матеріал, який дає безмежні можливості, з точки зору різновиду палітри кольорів, форматів, фактур. Основна перевага керамограніту в порівнянні з природним каменем – це менша маса, його товщина становить всього 10-12 мм, в той час як товщина кам'яних плиток 30-40 мм.

В Україні представлений керамічний граніт наступних торгових марок: „CAESAR”, „GRANITI FIANDRE”, „GRANITOGRES”, „MARAZZI”, та ін.

Сучасне цегляне виробництво налаштоване на випуск керамічної лицьової і будівельної цегли. Ця цегла випускається практично всіх кольорів (до 50 відтінків), в тому числі і фігурна, різного типу і розміру.

Для досягнення більш високого рівня теплозахисних якостей зовнішніх цегляних стін без збільшення їх товщини, виробники націлені на випуск керамічного каменю великих розмірів, зниження щільності каменю за рахунок створення пустот раціонального розміру, що дозволяє зменшити витрати розчину при кладці стіни. На ЗАО „Победа-Кнауф” ці пропозиції знайшли своє використання у випуску великоформатного керамічного каміння 15НФ розмірами 150×260×219 мм і середньою густиною 790 кг/м³, середня густина черепка складає 1400 кг/м³, пустотність до 50 %, з коефіцієнтом теплопровідності 0,18...0,20 Вт/(м·К).

Використання нового типу цегли, який отримав назву **"термолюкс"** (ЗАО „Афина” м. Челябінськ) дозволяє будувати будинки, які відповідають найжорсткішим вимогам теплотехніки. В ній використовується принцип термосу. За рахунок особливого розміщення повітряних шарів, які не мають „містків холоду”, новий матеріал майже в 2 рази тепліший, ніж аналогічні йому матеріали за міцністю. Збереження міцності дотримується за рахунок того, що пустотність матеріалу не перевищує 30 %.

Декоративна цегла розроблена для виконання відповідальних робіт – кладки внутрішніх і зовнішніх стін з високими вимогами щодо поверхні стіни. Ця цегла має чітко правильну форму і рівну глясову поверхню зовнішніх стінок. Використання такої цегли, яка має назву „фасадна”, „лицьова”, дозволяє отримувати не тільки якісну кладку зовнішніх стін, але й використовувати її всередині приміщення без

подальшої обробки стін. При використанні декоративної цегли для внутрішніх стін велику увагу приділяють обробці швів.

Все більше число цегельних заводів випускає фасонну цеглу: із скосом, округлену, кутову, овальну (рис. 3.7). Це полегшує роботу мулярів при виконанні цегляної кладки, при цьому нема потреби різати звичайну облицювальну цеглу.

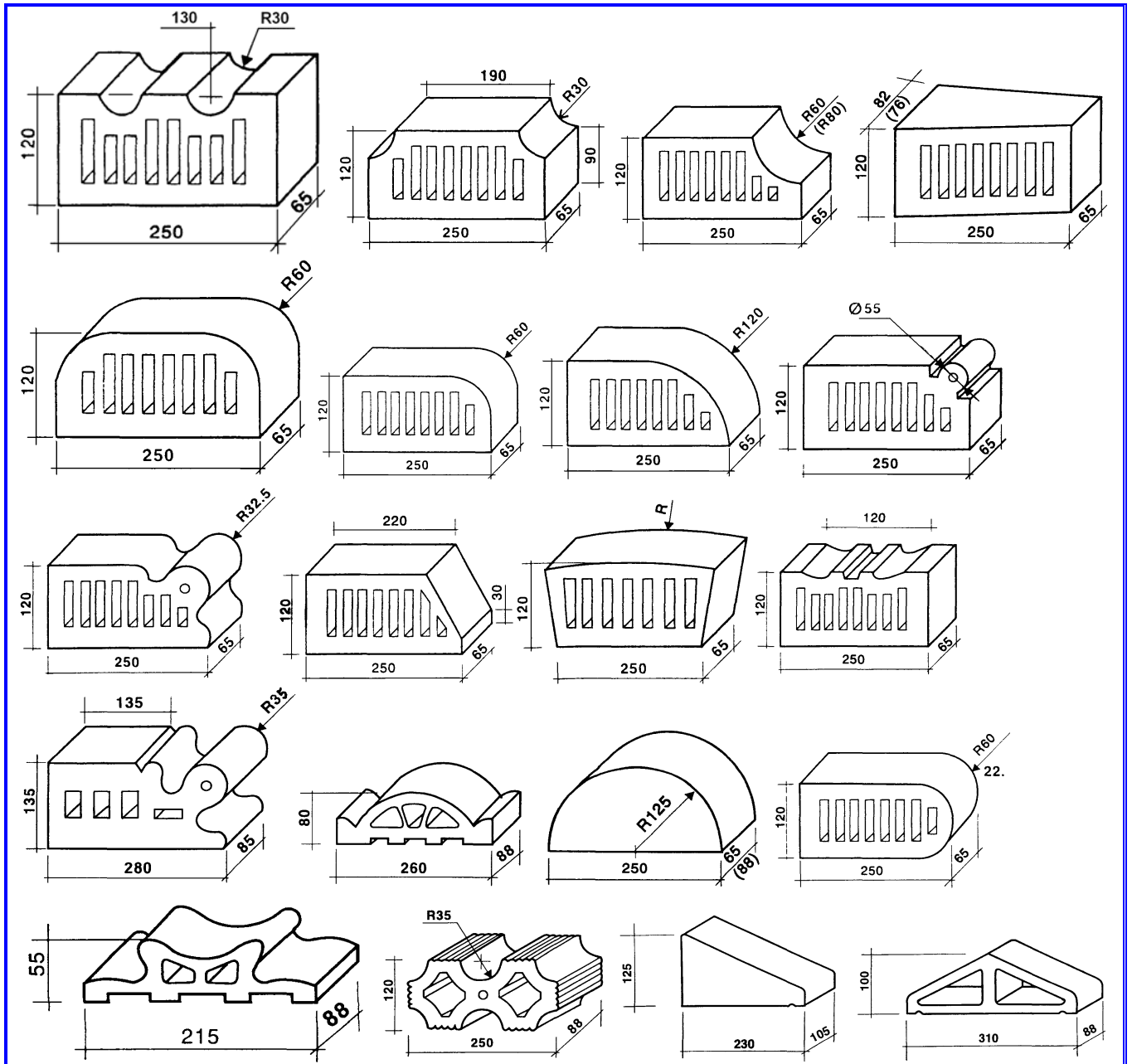


Рис. 3.7. Сучасна фасонна цегла



3.8 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

...Вік керамічної цегли становить понад 5000 років. Залишки будівель та споруд з керамічної цегли знайдені археологами на території Стародавнього Єгипту (III...I тисячоліття до н.е.).

...У Біблії є згадка про цеглу як про будівельний матеріал. „І сказали один одному: наробимо цегли і обпалимо вогнем. І стала у них цегла замість каменів.”(Старий Заповіт, Буття 11-3).

...Хоча аж до нашого часу в багатьох країнах широке розповсюдження мала неопалена цегла-сирець, часто з додаванням в глину різаної соломи, застосування в будівництві випаленої цегли також сходиться до глибокої старовини (споруди в Єгипті, 3-2-е тисячоліття до н. е.). Особливо важливу роль грала цегла в архітектурі Месопотамії і Стародавнього Риму, де з цегли викладали складні конструкції, зокрема арки тощо.

...„Плінфа” – тонка і широка глиняна пластина – завтовшки приблизно 2,5 сантиметра. Виготовлялася в спеціальних дерев'яних формах. Плінфу сушили 10-14 днів, потім випалювали в печі. На багатьох плінфах знаходять клейма, які вважаються клеймами замовника. Стандартна випалена цеглина – приблизно з XVI століття.

...До XIX століття техніка виробництва цегли залишалася примітивною і трудомісткою. Формували цеглу вручну, сушили тільки влітку, випалювали в тимчасових печах, викладених з висушеної цегли-сирцю. В середині XIX століття були побудовані кільцева випалювальна піч і стрічковий прес, що зумовили переверот в техніці виробництва. В кінці XIX століття стали будувати сушарки. В цей же час з'явилися глинообробні машини: бігуни, вальці, глином'ялки. У наш час більше 80 % всієї цегли виробляють підприємства цілорічної дії, серед яких є крупні механізовані заводи продуктивністю понад 200 млн. шт. на рік.

... Китай відомий відкриттям фарфору. Місце в горах Яучау Фу, де брали глину на фарфор, має назву Као Лін (з китайського – високий хребет). Каолін – глина.

... Відомий далеко за межами нашої країни храм Василя Блаженного збудований із фігурної цегли всього 18 типів, а церква Вознесіння в селі Коломенське під Москвою – із цегли дев'яти типів. Геніальні зодчі створили із цегли складні витвори архітектури.

...На початку XIX століття російський винахідник Буличьов використав у Казані порожнисту цеглу, яка дала велику економію матеріалу. Пізніше, у 1878 році, в Росії, були виготовлені дослідні керамічні крупнорозмірні блоки, які за розмірам відповідали 24

цеглинам з великою кількістю циліндричних пустот – так звана „трубчата цегла” професора А.К.Больмана.

... Стародавня цегла це широка, але тонка плита, яка нерідко називалася плінфою, так називали і кам’яні плити. Розміри цієї цеглини були 30×20×4 см. Пізніше почали використовувати вужчу і продовгувату цеглу, яка проіснувала до XVII століття, коли стали виготовляти і застосовувати цеглу тих же пропорцій, але менших розмірів, а саме 25×12×6 см.

...Місто Шибам в Південній Аравії складається із білосніжних хмарочосів (одинадцять і більше поверхів). Пройшли століття, і цегла, яка була виготовлена із суміші глини і соломи, набула міцності граніту. Нижні поверхи не мають вікон.

...В це важко повірити, але один із найвідвідуваніших японськими туристами музей – не історичний, не етнографічний і не галерея картин, а розташований в місті Мазуру (Японія) Всесвітній музей цеглини, в якому зібрано каміння та цеглу найвідоміших будівель з усього світу. Щомісячно його відвідує близько десяти тисяч туристів.

....Адоб (ісп. *adobe* від арабського ат-туб) – будівельний стіновий матеріал у народів Піренейського півострову та Південної Америки, який був невипаленою цеглою з суміші глини, соломи та піску. Цей матеріал був поширений в будівництві жител народів світу, особливо в степових і гірських районах. В Україні подібний матеріал має назву саман (від тюркського „солома”). Зокрема, з саману будували традиційні українські мазанки. Так само житло селян високогір’я Південної Америки (кечуа, аймара та ін.) – переважно з адобів (саману).



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть сировину для виробництва кераміки.
2. Наведіть класифікацію керамічних виробів.
3. Коротко викладіть загальну схему виробництва кераміки.
4. Як визначити марку цегли? Які є марки?
5. Назвіть ефективні керамічні вироби.
6. Які ви знаєте індустриальні керамічні конструкції?
7. Які керамічні вироби застосовують для облицювання внутрішніх стін і підлоги?
8. Якими керамічними виробами виконують зовнішнє облицювання?
9. Що таке керамзит і аглопорит?
10. Які є труби із кераміки?

11. Перелічіть види санітарно-технічної кераміки.
12. Які керамічні вироби належать до вогнетривких?



Дайте відповіді на питання тестів

III. 1. (сировина)

I. Високопластичні глини містять глинистих частинок:

- 1) 30...60 %;
- 2) 80...90 %;
- 3) 90...100 %.

II. Повітряна усадка глини може бути в межах:

- 1) 2...12 %;
- 2) 1...2 %;
- 3) 15...20 %.

III. Для зниження пластичності глини додають у керамічну масу:

- 1) шамот;
- 2) доломіт;
- 3) крейду;
- 4) бентоніти.

IV. Для зниження температури випалювання і спікання у глину додають:

- 1) шамот;
- 2) доломіт;
- 3) крейду;
- 4) бентоніти.

V. Для підвищення пластичності маси при формуванні керамічних виробів додають:

- 1) шамот;
- 2) доломіт;
- 3) крейду;
- 4) бентоніти.

VI. Фаянсові плити виготовляють із:

- 1) вогнетривких глин;
- 2) легкоплавких глин;
- 3) тугоплавких глин.

VII. Керамічну черепицю виготовляють із:

- 1) вогнетривких глин;
- 2) легкоплавких глин;
- 3) тугоплавких глин.

VIII. Каналізаційні труби виготовляють із:

- 1) вогнетривких глин;
- 2) легкоплавких глин;
- 3) каолінів.

IX. Для санітарно-технічної кераміки використовують:

- 1) пластичні глини + пісок;
- 2) біловипалювані глини + кварци + польовий шпат;
- 3) легкоплавкі глинисті породи.

X. Керамзит виготовляють із:

- 1) біловипалюваних глин;
- 2) тугоплавких глин;
- 3) легкоплавких глин.

III. 2. (виробництво)

I. Виберіть необхідні технологічні операції і розмістіть у правильному порядку при пластичному способі формування:

- 1) подрібнення глини;
- 2) добування сировинних матеріалів;
- 3) змішування глини з добавками;
- 4) зволоження маси до 20 – 25 %;
- 5) формування на стрічковому пресі;
- 6) зволоження маси парою до 6 – 8 %;
- 7) пресування виробів на пресах;
- 8) випалювання виробів із кераміки;
- 9) сушіння виробів із кераміки;
- 10) нанесення ангобу на керамічний виріб;
- 11) нанесення глазурі;
- 12) одержання шлікеру;
- 13) визначення якості виробів;
- 14) пакування виробів;
- 15) формування виробів із шлікеру.

II. Із перерахованих у першому пункті операцій виберіть необхідні і розмістіть у правильному порядку при напівсухому способі виготовлення кераміки.

III. Із перерахованих у першому пункті операцій виберіть необхідні і розмістіть у правильному порядку при виготовленні керамічних виробів мокрим способом.

IV. Яка температура теплоносія, що подається у сушарку для керамічних виробів?

- 1) 100...140 °С;
- 2) 30...45 °С;
- 3) 1000...1200 °С;
- 4) 500...600 °С.

V. Яка максимальна температура створюється у печах для випалювання керамічних виробів?

- 1) 600...800 °С;
- 2) 1200...1400 °С;
- 3) 900...1100 °С;
- 4) 1300... 1500 °С.

III. 3. (властивості)

I. Повнотіла цегла повинна мати згідно з ДСТУ водопоглинання не менше 8%, в іншому випадку цегла буде:

- 1) більш важкою;
- 2) мати більшу міцність;
- 3) мати більшу теплопровідність.

II. Визначте групу, до якої відносяться цегла з середнього густиною 1350 кг/м³.

- 1) ефективна;
- 2) умовно ефективна;
- 3) звичайна.

III. Яка середня густина звичайної керамічної цегли?

- 1) більше 1600 кг/м³;
- 2) 1400...1600 кг/м³;
- 3) 2000...2100 кг/м³;
- 4) менше 1400 кг/м³.

IV. Якщо водопоглинання звичайної керамічної цегли 4%, чи відповідає цегла стандарту?

- 1) ні; 2) так.

V. Товщина стін 51см. У скільки цеглин потрібно мурувати стіну?

- 1) 1,5 ; 2) 2; 3) 2,5; 4) 3.

VI. Якщо цеглина витримала 20 циклів наперемінного заморожування і відтавання, то її марка за морозостійкою буде:

- 1) F15; 2) F25; 3) F30; 4) F50.

VII. Водопоглинання фаянсових плиток повинно бути:

- 1) не більше 16 %; 2) не більше 8 %;
- 3) не менше 16 %; 4) не менше 20 %.

VIII. Визначте масу керамічної цеглини, якщо розміри стандартні, а середня густина 1800 кг/м³.

- 1) 4 кг; 2) 2,51 кг; 3) 3,51 кг; 4) 3,81 кг.

IX. Теплопровідність звичайної керамічної цегли повинна бути:

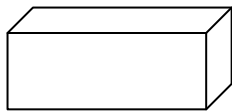
- 1) більше 0,58 Вт/(м·К);
- 2) 0,46 – 0,58 Вт/(м·К);
- 3) не більше 0,46 Вт/(м·К).

Х. Визначте середню густину цеглини, якщо розміри стандартні, а маса 3,4 кг.

- 1) 1950 кг/м³;
- 2) 3400 кг/м³;
- 3) 1740 кг/м³;
- 4) 570 кг/м³.

III.4. (розміри)

I. Звичайна керамічна цегла має розміри:



- 1) 250×120×65 мм;
- 2) 250×120×88 мм;
- 3) 250×250×120 мм.

II. Цегла порожниста має розміри:



- 1) 250×80×200 мм;
- 2) 250×120×88 мм;
- 3) 250×250×120 мм.

III. Камінь з 18-ма пустотами має розміри:



- 1) 250×120×65 мм;
- 2) 250×120×88 мм;
- 3) 250×120×138 мм;
- 4) 250×80×120 мм.

IV. Камінь з 11-ма горизонтальними пустотами має розміри:

- 1) 250×120×65 мм;
- 2) 250×80×120 мм;
- 3) 250×250×120 мм.

V. Плити килимової кераміки мають розмір сторони:

- 1) 22 мм; 2) 42 мм; 3) 102 мм.

VI. Товщина килимової кераміки:

- 1) 1 мм; 2) 3 мм; 3) 4 мм; 4) 5 мм.

VII. Найменший розмір плитки керамічної фасадної:

- 1) 25 мм;
- 2) 35 мм;
- 3) 50 мм;
- 4) 100 мм.

VIII. Товщина фасадної плитки:

- 1) 5 мм; 2) 10 мм; 3) 7 мм; 4) 12 мм.

IX. Фаянсові плитки виготовляють розмірами:

- 1) 150×150×6 мм; 2) 50×50×6 мм; 3) 20×150×6 мм.

Х. Дренажні керамічні труби виготовляють завдовжки:

- 1) 1333 мм;
- 2) 333 мм;
- 3) 733 мм.

III.5. (застосування)

I. Виберіть, яку цеглу краще застосовувати для мурування зовнішніх стін.

- 1) виготовлену способом пластичного формування;
- 2) виготовлену способом напівсухого пресування.

II. Визначте, яка цегла буде ефективною, якщо вона має такі властивості:

- 1) $\rho_m = 1500 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0,55 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 2) $\rho_m = 1300 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0,41 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$;
- 3) $\rho_m = 1600 \text{ кг/м}^3$ $\lambda = 0,65 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

III. Поясніть ефективність застосування порожнистої цегли.

- 1) зменшення товщини зовнішніх стін;
- 2) збільшення матеріаломісткості стін;
- 3) збільшення трудомісткості зведення стін;
- 4) зменшення транспортних витрат.

IV. Керамічну порожнисту цеглу використовують для:

- 1) мурування зовнішніх стін;
- 2) влаштування фундаменту;
- 3) укладання печей.

V. Для зовнішнього облицювання стін застосовують:

- 1) фаянсові плитки;
- 2) майолікові плити;
- 3) плитки керамічні фасадні.

VI. Для внутрішнього облицювання стін застосовують:

- 1) фаянсові плитки;
- 2) плитки керамічні фасадні;
- 3) глазуровану цеглу.

VII. Для покрівлі застосовують:

- 1) ангобовану цеглу;
- 2) штамповану черепицю;
- 3) клінкерну цеглу.

VIII. Для меліоративних робіт застосовують керамічні труби завдовжки:

- 1) 500 мм;
- 2) 1200 мм;
- 3) 200 мм;
- 4) 1000 мм.

IX. Каналізаційні керамічні труби мають діаметр:

- 1) 25...150 мм;
- 2) 150...600 мм;
- 3) 600...850 мм;
- 4) 5...25 мм.

X. Поясніть, який матеріал краще використати як заповнювач для легких бетонів:

- 1) хромисті вироби;
- 2) керамзит;
- 3) бій керамічної цегли.

РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

4.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СКЛО. СИРОВИНА ТА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛА. ВЛАСТИВОСТІ СКЛА

За видом сировини матеріали та вироби з мінеральних силікатних розплавів поділяються на скляні, шлакові та кам'яне литво.

Скляними називають аморфні тіла, виготовлені переохолодженням розплавів, які складаються з силікатів. Виготовляти скло почали 5000...6000 років тому. Його батьківщиною були Месопотамія та Єгипет. Найбільший розвиток виробництво скла дістало у Венеції: в XI столітті в Богемії одержали кришталь. На Русі зі скла виготовляли вироби в домонгольський період, а в Києві в XI столітті вже були майстерні з виробництва скла.

Шлаки – супутні продукти металургійної промисловості, що широко застосовуються у виробництві тепло- і звукоізоляційних матеріалів, щільного і пористого щебеню і виробів із шлакового литва.

Із *розплавлених гірських порід* методом лиття виготовляють плитки для облицювання стін, підлог, резервуарів, труби, ніздрюваті та волокнисті матеріали. Сировиною є базальт, діабаз, доломіт, крейда тощо.

Сировинні матеріали для виробництва скла поділяються на головні і допоміжні. **Г о л о в н і** сировинні матеріали містять оксиди; їх вводять до складу шихти у вигляді природних сполук – кремнезему (SiO_2), глинозему (Al_2O_3), оксидів кальцію (CaO) і магнію (MgO), оксидів лужних металів (Na_2O , K_2O). Склад скла виражають в оксидах. В таблиці 4.1 наведено хімічний склад будівельного віконного скла, сировина і роль оксидів у формуванні властивостей виробів.

Д о п о м і ж н і сировинні матеріали вводять для поліпшення реологічних характеристик скломаси, прискорення її варіння й змінювання властивостей скла:

- *окислювачі* (нітрати, сульфат натрію, селітра, миш'як, оксид марганцю),
- *відновлювачі* (кокс, тирса, вугілля, оксид олова),
- *прискорювачі* (фтористі сполуки, оксиди бору, барію),
- *барвники* (сполуки марганцю, кобальту, хрому, нікелю, міді, заліза),
- *освітлювачі* (селітра, оксид миш'яку, хлорид і сульфат натрію),

- *глушники* (сполуки фтору, фосфору, олова, сурми, цирконію).

Таблиця 4.1

Вміст, роль і сировинне джерело головних оксидів скла

Хімічний склад скла	Вміст оксиду, %	Призначення оксиду	Основна сировина
SiO ₂	71,6...72,5	Утворює каркас скла	Пісок, пісковик, кварц, кварцит
Na ₂ O	13...15	Прискорює процес склоутворення	Кальцинована сода, сульфат натрію
CaO	6,5...9	Підвищує хімічну і термічну стійкість	Вапняк, доломіт, крейда, мармур
MgO	3,8...4,3	Те саме	Доломіт, вапняк, крейда, мармур
Al ₂ O ₃	1,5...2,5	Підвищує міцність, хімічну і термічну стійкість, збільшує теплопровідність	Глинозем, польовий шпат, каолін

Технологія виготовлення скла складається з таких операцій:

- підготовка сировини (дрібнення, розмелювання, сушіння);
- виготовлення шихти (дозування, змішування);
- скловаріння в печах при $t = 1400...1450\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- формування виробів;
- термічна, механічна, хімічна обробка виробів.

Процес варіння скла умовно поділяється на п'ять етапів:

- I. силікатоутворення – утворюються силікати, шихта перетворюється на розплав з бульбашками газу при $t = 800...1100\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - II. склоутворення -- скломаса стає однорідною при $t = 1250\text{ }^{\circ}\text{C}$;
 - III. освітлення
 - IV. гомогенізація
- } проходять одночасно при $t = 1500...1600\text{ }^{\circ}\text{C}$
} різко знижується в'язкість розплаву, виділяються газові бульбашки;
- V. охолодження – скломаса набирає в'язкості, необхідної для формування виробів, $t = 300...400\text{ }^{\circ}\text{C}$,

Формування виробів здійснюється різними методами: витягуванням (рис. 4.1.1), прокатуванням, пресуванням, дуттям, литтям, способом плаваючої стрічки (флоат-спосіб, рис. 4.1.2).

Скло у сформованому вигляді охолоджується нерівномірно, через що виникають термічні напруження, тому після формування потрібно виконати відпалювання за спеціальним режимом.

Властивості скла. Скло прозоре, абсолютно щільне. Густина будівельного скла – $2450 \dots 2550 \text{ кг/м}^3$, теоретична міцність – 12000 МПа , але фактична міцність значно менша: при стиску – $500 \dots 2000 \text{ МПа}$, на розтяг – $35 \dots 100 \text{ МПа}$. Твердість звичайного скла за шкалою Мооса – $5 \dots 7$, теплопровідність – $0,4 \dots 0,82 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Скло крихке, плавиться при температурі $1000 \text{ }^\circ\text{C}$, кислотостійке (руйнує його тільки фтористоводнева, або плавикова, кислота).

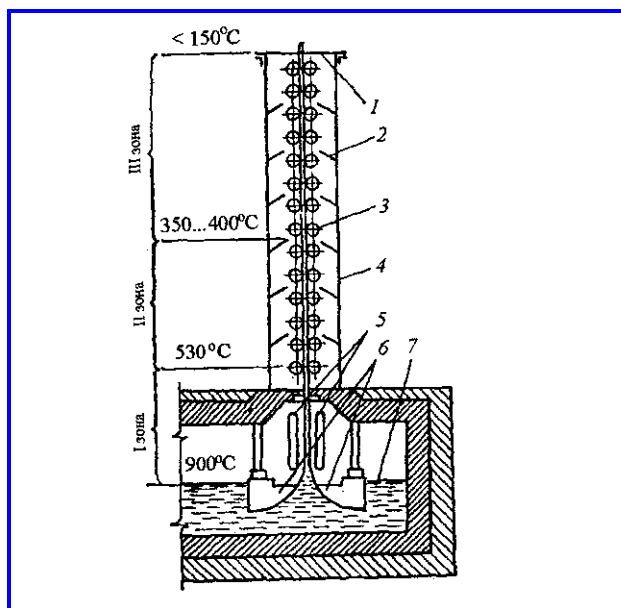


Рис.4.1.1. Схема машини для вертикального витягування скла:
1 – відновлювальна площадка; 2 – скати для видалення бою; 3 – валки;
4 – шахта машини; 5 – холодильники; 6 – човник; 7 – скломаса

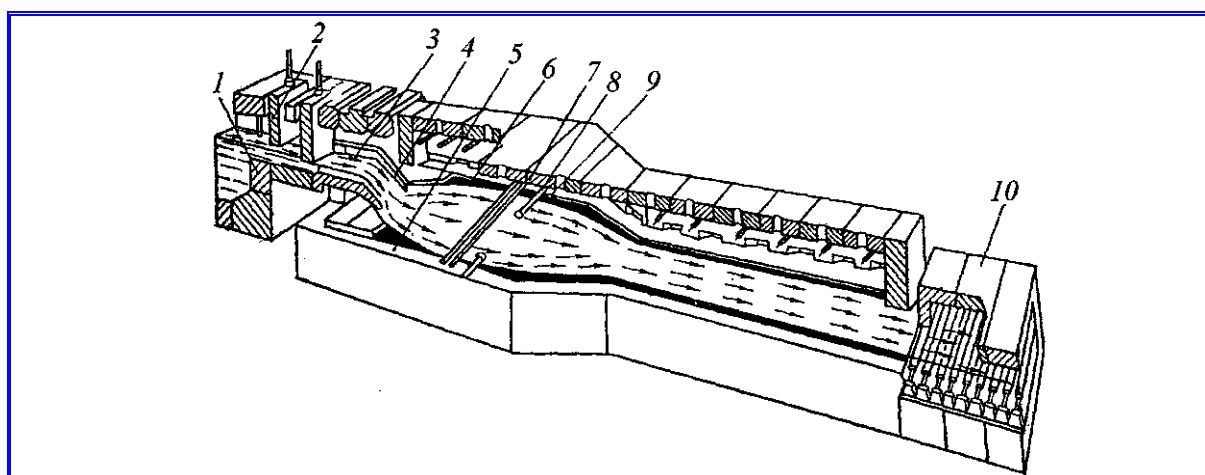


Рис.4.1.2. Схема виготовлення полірованого скла з використанням флоат-способу: 1 – канал вироблення; 2 – шибер; 3 – скломаса; 4 – зливний лоток; 5 – басейн для розплаву; 6 – олово; 7 – холодильник; 8 – бортоутримувальні ролики; 9 – графітові обмежувачі; 10 – випалювальна піч

Світлопропускання – 84...87%. Звичайне скло не пропускає інфрачервоні і ультрафіолетові промені.

4.2 ВИДИ ЛИСТОВОГО СКЛА

Віконне листове скло випускають для заповнення віконних та дверних рам, зенітних ліхтарів, вітражів 2; 2,5; 3; 4; 5; 6 мм завтовшки, розмірами від 500×400 мм до 2200×1600 мм. Виготовляють способом витягування.

Вітринне скло випускають 5,5...10 мм завтовшки, розмірами від 1380×1340 до 3500 × 4500 мм, всього 16 типорозмірів.

Візерунчасте скло виготовляють прокатуванням у вигляді листів 3...6 мм завтовшки, розмірами від 400×600 до 1600×2200 мм. Має властивість світлорозсіювання, підвищену міцність при згині, застосовують для скління дверей, вікон, меблів тощо.

Декоративне скло типу “мороз” – різновид візерунчастого. Одну поверхню обробляють піскоструменем, а потім наносять клей і просушують: клей висихає, зменшується в об’ємі і відривається разом з тонкими лускатими плівками скла.

Скло “метелиця” виготовляють прокатуванням. На поверхні його утворюється хвилеподібний неповторюваний візерунок з матовими ділянками у вигляді виступів. Товщина скла – 3...8 мм, максимальні розміри листа – 1500×1300 мм.

Армоване скло (рис. 4.2) виробляють способом безперервної прокатки з металевою сіткою всередині, діаметр дроту сітки 0,45...0,6 мм з вічками 12,5...25 мм. Випускають 5,5 і 6 мм завтовшки, 800...2000 завдовжки і 400...1600 мм завширшки. Міцність при стиску армованого скла – 600, при згині – 40 МПа.

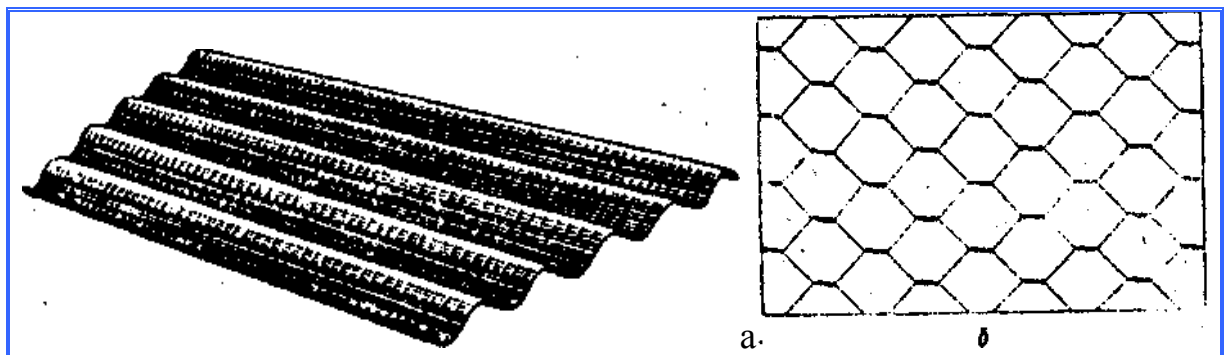


Рис. 4.2. Армоване скло: а – хвилясте, б – плоске

Загартоване скло виготовляють термообробкою листового скла (нагрівання до $t = 700 \dots 900$ °С і швидке охолодження у воді чи на повітрі), від чого міцність його при згині збільшується у 5...6 разів.

Тришарове скло (триплекс) складається з двох листів віконного скла, міцно склеєних між собою полівінілбутирольною плівкою. Різновиди тришарових стекол – стевіт, вітрасилк. Армоване, загартоване і тришарове скло об'єднують у групу безпечних видів листового скла і застосовують для скління дверних рам, облаштування світло прозорих дахів, прорізів, виготовлення дверних полотен.

Увіолеве скло здатне пропускати ультрафіолетові промені. Його виготовляють із скломаси, в якій оксидів заліза не більше 0,01 %. Використовують для скління в медичних, дитячих, лікувальних закладах та оранжереях.

Теплопровідне скло має в своєму складі добавки, які поглинають інфрачервоні промені. Використовують в районах з жарким кліматом. Товщина – 3...6,5 мм, розміри – від 1600×1300 до 2000×1600 мм.

Кольорове скло випускають 3 і 4,5 мм завтовшки, 750 мм завширшки, 100 мм завдовжки для влаштування вітражів.

4.3 ВИРОБИ ІЗ СКЛА

Скляні блоки виготовляють пресуванням напівблоків і наступним зварюванням їх в єдиний блок. Склоблоки можуть бути квадратними (БК194/98; БК244/98), прямокутними (БП294/194/98), кутовими і радіальними (рис. 4.3.1). Світлопропускання – 50...65 %, теплопровідність – 0,46 Вт/(м·К), середня густина – 800 кг/м³, міцність при стиску – 1,5...22 МПа. Блоки бувають безколірними чи забарвленими в різні кольори. Застосовують скляні блоки для мурування стін і перегородок та для заповнення світлопропускних зовнішніх стінових конструкцій.

Профільне скло (склопрофіліт) – це будівельний довгомірний виріб швелерного, коробчастого (рис.4.3.2), таврового, напівкруглого, Z- та V-подібного профілів. Виготовляють безперервним прокатуванням. Довжина швелерного склопрофіліту – до 5 м, висота – 250...500 мм (ШП-250, ШП-300, ШП- 500); довжина коробчастого склопрофіліту – до 7 м, висота – 250...300 мм (КП-250, КП-300). Склопрофіліт може бути безбарвним або кольоровим. Застосовують для облаштування огорож, перегородок, віконних ніш у промислових і сільськогосподарських будівлях.

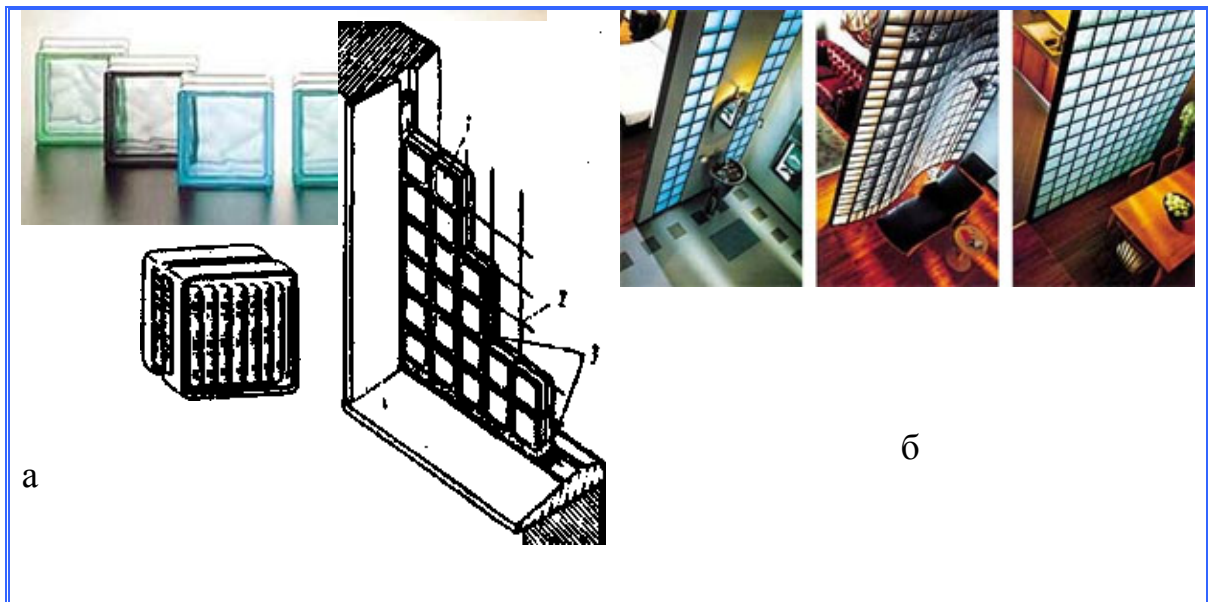


Рис.4.3.1 Порожністі і блоки із скла; а – загальний вигляд; б – кладка із склоблоків: 1 – склоблок; 2 – арматура; 3 – розчин

Склопакети являють собою об'ємні вироби, що складаються з двох або трьох листів скла, з'єднаних між собою за контуром з допомогою дистанційних рамок та герметиків, що утворюють герметично замкнуті камери, заповнені висушеним повітрям або іншим газом.

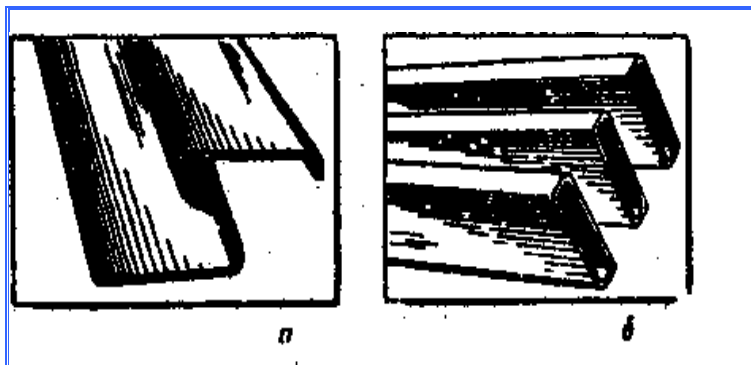


Рис.4.3.2. Профільне скло: а – швелерного профілю, б – коробчастого профілю

Склопакети у залежності від кількості камер підрозділяють на типи: СПО – однокамерні; СПД – двокамерні.

Типи і конструкція склопакетів наведена на рисунку 4.3.3.

Камери склопакетів можуть бути заповнені: висушеним повітрям; інертним газом (аргон - Ar, криптон - Kr та ін.); шестифтористою сіркою (SF₆).

Склопакети у залежності від призначення поділяються на види: склопакети загальнобудівельного призначення; склопакети будівельного призначення із спеціальними властивостями; ударостійкі (Уд); енергозберігаючі (Е); сонцезахисні (С); морозостійкі (М); шумозахисні (Ш).

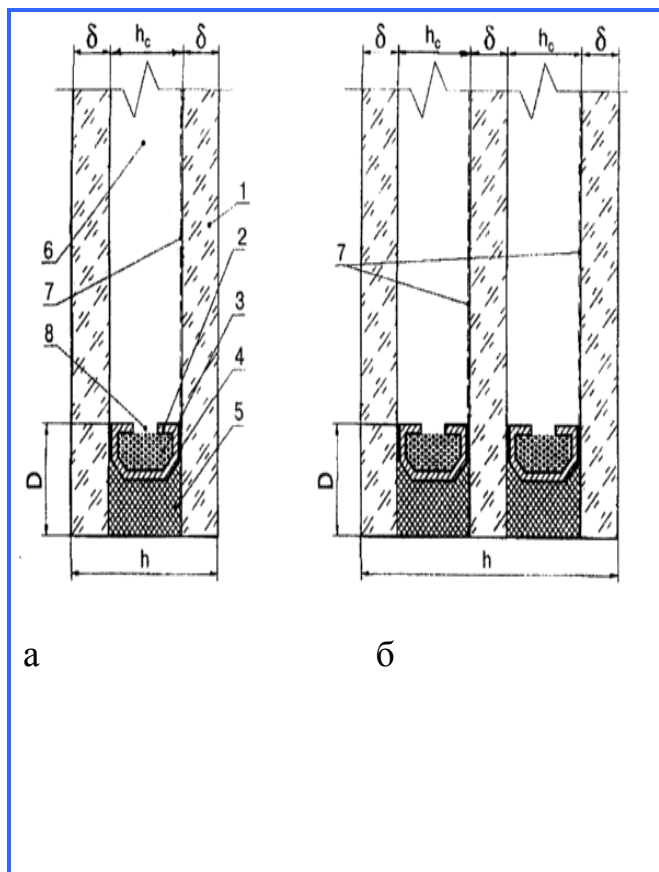


Рис. 4.3.3. Конструкції склопакетів: а – двошарових (однокамерних); б – тришарових (двохкамерних):
 1 – скло;
 2 – дистанційна рамка;
 3 – вологопоглинач;
 4 – нетверднучий герметик;
 5 – тверднучий герметик;
 6 – повітряний прошарок (міжскляна відстань);
 7 – рекомендовані варіанти розташування низькоемісійного покриття у разі його застосування; 8 – дегрідацийні отвори: δ -товщина скла; h – товщина склопакета; h_c – відстань між стеклами; D – глибина герметизуючого шару

Номінальна товщина склопакетів рекомендується від 14 до 60 мм, відстань між стеклами – від 8 до 36 мм.

Розміри склопакетів за висотою і шириною, як правило, не повинні перевищувати 3,2×3,0 м. Не рекомендується виготовлення склопакетів розмірами менше 300×300 мм, а також із співвідношенням сторін більше 5:1.

Склопакети складної конфігурації (наприклад, круглі, овальні, трикутні) виготовляють за робочими кресленнями або шаблонами, що затверджені у встановленому порядку.

Скло пакети забезпечують надійну повітро-, пило-, теплоізоляцію, ефективно і надійно замінюють дерев'яні віконні блоки.

Дверні полотна виготовляють із загартованого скла з обробленими крайками, отворами та вирізами для кріплення. Товщина полотен – 10, 12 і 15 мм, ширина – 700, 800, 900 і 1040 мм, висота – 2200, 2400 і 2600 мм. Міцність при стиску – 800...900 МПа, при згині – 250 МПа.

Труби скляні застосовують для трубопроводів, якими транспортують агресивні рідини, гази, продукти харчування. Діаметр умовного проходу – 40...200 мм, довжина 1500...3000 мм з інтервалом через 250 мм.

4.4 МАТЕРІАЛИ ІЗ СКЛА ДЛЯ ОБЛИЦЮВАННЯ

Стемаліт і панелі на його основі широко застосовують для зовнішнього та внутрішнього облицювання в будівлях різного призначення. Це листове скло завтовшки 5,0...7,5 мм, одна поверхня якого покрита кольоровою силікатною фарбою. Міцність при стиску – 900 МПа, при згині – 180...250 МПа. Розміри плит у плані – 400...3200 мм.

Залежно від способу термічної обробки розрізняють стемаліт загартований і відпалений.

Технологія виготовлення загартованого стемаліту полягає в тому, що листи скла з висušеним шаром фарби нагрівають до температури загартовування (620...650 °С) протягом 3...4 хв. за умови постійного охолодження в струмені повітря.

Виготовлення відпаленого стемаліту від загартованого відрізняється лише тим, що замість загартовування відбувається відпалювання скла за спеціальним режимом.

Скло *марблїт* виготовляють забарвленим у масі (глушеним) у найрізноманітніші кольори: жовтий, молочний, кремовий, чорний, сірий, зелений, рожевий тощо. Таке скло може бути й мармуроподібним. Виготовляють його прокатуванням чи литтям завтовшки 5...12 мм і розмірами 500×500 мм. Зовнішня поверхня може бути полірованою, візерунчастою, шорсткою чи вогненно-полірованою. Аби забезпечити зручність закріплення за допомогою розчинів, зворотний бік роблять з нарізкою чи рифленим.

Скломармур одержують змішуванням вихідного розплаву скла й забарвленого скла, однакового за хімічним складом з вихідним. Випускають у вигляді плит розмірами від 250×140 до 500×500 мм і завтовшки 8 і 10 мм.

Сигран – це склокристалічний матеріал, який виготовляють методом пресування скломаси у вигляді плиток. Поверхня сиграну імітує граніт. Лицьову поверхню плиток шліфують і полірують, а тильну – рифлять. Розміри плиток 300×300 і 300×150 мм, товщина 15 мм.

Крім того освоєно випуск склокристалічного облицювального композиційного матеріалу: склокремнезиту і склокераміту.

Склокремнезит – це двошаровий матеріал; нижній шар є спеченою сумішшю безбарвних скляних гранул і кварцового піску, а верхній складається з розплавлених гранул кольорового скла. Структура склокремнезиту подібна до структури полірованих щільних гірських порід.

Склокераміт – це також двошаровий матеріал; його нижній шар

(підкладка) складається з 75 % подрібненого склобою, 5 % кварцового піску й 20 % глини. Підкладку формують на пресах або у вигляді безперервної стрічки методом екструзії. Декоративний шар створюють посипаючи кольоровий склогранулят на поверхню відформованої підкладки. Підготовлені плитки випалюють у роликкових тунельних печах, далі охолоджують й розрізують алмазними дисками на потрібні розміри. Технологія склокераміту дає змогу утилізувати значну кількість склобою.

Розміри плиток 300×300 і 300×150 мм, товщина 15 мм, поверхня плиток полірована, а тильна – грубошорстка.

Плитки застосовують для облицювання внутрішніх та зовнішніх стін будівель і споруд різного призначення, а також для покриття підлог.

Облицювальну плитку виготовляють з незабарвленого чи кольорового глушеного скла безперервним прокатуванням або пресуванням. Розміри плиток від 50×50 до 150×150 мм, товщина 4; 5 і 6 мм. Лицьова поверхня плиток може бути полірованою чи матовою, гладенькою чи з рельєфним рисунком, причому зворотний бік обов'язково роблять рельєфним.

Емальовану плитку виготовляють з відходів кольорового віконного чи візерунчастого скла, розрізуючи його на формати розмірами від 100×100 до 200×200 мм. Товщина плиток 4; 5 і 6 мм. Після нанесення непрозорої емалі на одну поверхню плиток їх сушать, а потім відпалюють при температурі 700...800 °С. Під час відпалювання емаль оплавляється й спікається з поверхнею скла, утворюючи шар завтовшки 0,2...0,3 мм.

Скляна емальована плитка характеризується високою хімічною стійкістю й застосовується для облицювання приміщень з агресивними середовищами.

Килимово - мозаїчні плитки виготовляють розмірами від 20×20 до 30×30 мм і завтовшки 3...5 мм з кольорової глушеної скломаси методом безперервного прокатування й пресування.

Смальта – це плоскі плитки неправильної форми з характерним кольором та зломом. Виготовляють смальту методом пресування чи лиття скломаси у форми, а також пресуванням напівсухих скляних порошоків. Розміри смальти: довжина 130...150, ширина 85...100, товщина 5...20 мм.

Смальту застосовують для мозаїчних панно, картин, різних декоративних композицій на фасадах будинків тощо.

Скляний дрібняк застосовують для декоративного оздоблення фасадів, інтер'єрів будівель громадського призначення. Одержують його, подрібнюючи глушене чи незабарвлене скло. Діапазон розмірів

часток дрібняку 0,4...10,0 мм.

Ситал – штучний полікристалічний матеріал, який одержують кристалізацією скла відповідного хімічного складу. Сировиною для ситалів є ті самі природні матеріали, що й для скла (з підвищеними вимогами щодо чистоти), а також ряд спеціальних добавок – каталізаторів, які інтенсифікують процес кристалізації скла.

Ситали порівняно з іншими будівельними матеріалами мають високу середню густину ($\rho_m = 2600 \dots 2900 \text{ кг/м}^3$), підвищену міцність ($R_{ct} = 800 \dots 1000 \text{ МПа}$, $R_3 = 100 \dots 225 \text{ МПа}$), зносо- та корозійну стійкість. Ці властивості визначають їхню довговічність при експлуатації в різних умовах.

Листи й плити з ситалів застосовують як облицювальний матеріал, для футерування резервуарів хімічної промисловості, а також для виготовлення труб. Плоскі та хвилясті вироби з ситалу можна використовувати для влаштування покрівель.

4.5 МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІЗ ШЛАКОВИХ РОЗПЛАВІВ. КАМ'ЯНЕ ЛИТВО

У металургійних процесах поряд з металами утворюється технологічно супутній продукт – шлаковий розплав, основою якого є оксиди. Металургійні шлаки переробляють у вогняно-рідинному та твердому станах на різноманітну продукцію будівельного призначення.

Гранульований шлак – це крупні штучні пористі піски з модулем крупності 2,5...3,5, які дістають із вогняно-рідких шлаків різким охолодженням водою. Застосовують як компонент при виготовленні шлакопортландцементу, а також як тепло- і звукоізоляційну засипку, дрібний заповнювач у легких бетонах.

Шлакова пемза – щебеневоподібний пористий матеріал, виготовлений поризацією вогняно-рідкого шлакового розплаву, його охолодженням і подальшим дрібненням та сортуванням. Залежно від насипної щільності шлакову пемзу поділяють на марки 400..900. Міцність при стиску у циліндрі – 4,5 МПа. Застосовують як легкий крупний заповнювач у бетонах.

Шлаковата – теплоізоляційний матеріал, який виготовляють дуттьовим або відцентровим формуванням і охолодженням волокон. Середня насипна густина шлаковати – 75...150 кг/м³.

Щільний шлаковий щебінь дістають дрібненням і сортуванням охолоджених відвальних шлаків. Застосовують як заповнювач у бетонах, а також використовують у дорожньому будівництві.

Шлакове литво – це каміння для мостіння доріг і підлог промислових споруд, плитки, плити, каміння для бордюру, тубінги, труби та

фасонні вироби. Всі ці вироби мають високу стійкість до стирання у лужних середовищах, морській воді; $\rho_m = 3000 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 500 \text{ МПа}$, $R_3 = 50 \text{ МПа}$.

Шлакоситали – це різновид склокристалічних матеріалів, які виготовляють направленою кристалізацією шлакових стекел. До складу шихти входять гранульований доменний шлак, кварцовий пісок та каталізатори кристалізації. Середня густина шлакоситалу $\rho_m = 2600 \dots 2800 \text{ кг/м}^3$, міцність при стиску $700 \dots 900 \text{ МПа}$ та згині $100 \dots 225 \text{ МПа}$, водопоглинання – 0% . Шлакоситали мають високу кислотостійкість ($98,8 \dots 99,8 \%$) та лугостійкість ($94,7 \dots 90,0 \%$), малу стираність ($0,01 \text{ г/см}^2$).

Із шлакоситалу виготовляють методом пресування плити завтовшки до 15 мм і розмірами від 100×100 до $1500 \times 3000 \text{ мм}$, шліфовані плитки завтовшки $10 \dots 20 \text{ мм}$ і розмірами від 200×200 до $300 \times 300 \text{ мм}$ з обробленими бічними гранями.

Литі кам'яні вироби – не штучний силікатний матеріал, виготовлений розплавленням природних кам'яних матеріалів. Технологія виготовлення кам'яних литих виробів складається з таких операцій: підготовка сировини, плавлення шихти, лиття в форми, охолодження (кристалізація), відпалювання. Середня густина плавлених виробів – $2900 \dots 3000 \text{ кг/м}^3$. Пористість закрита (до 2%), водопоглинання – до $0,22\%$. Мають підвищену морозостійкість (до 500 циклів), високу кислотостійкість ($98,6 \dots 99,8 \%$) та лугостійкість (до 91%), малу стираність ($0,04 \dots 0,08 \text{ г/см}^2$), високу термостійкість (до $900 \text{ }^\circ\text{C}$); $R_{ct} = 230 \dots 300$, $R_3 = 30 \dots 50$, $R_{роз} = 15 \dots 30 \text{ МПа}$.

Ніздрюваті та волокнисті матеріали з кам'яного литва мають дещо кращі властивості, ніж аналогічні матеріали й вироби із шлаків, і широко застосовуються у будівництві та техніці.

Базальтове волокно з успіхом використовують як арматуру у виробках на мінеральних і органічних в'язучих речовинах без значних обмежень. Із базальтового волокна виготовляють армуючі сітки, тканину для виробництва пластиків, рублені волокна для армування пластмас, бетонів, розчинів. Використовують як матеріал для армування бетонних і асфальтобетонних дорожніх покриттів.

4.6 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ

Ніздрювате скло. Високоефективний утеплювач із ніздрюватого скла має вигляд жорсткої, високоміцної, плити з постійними фізичними якостями і коефіцієнтом термічного розширення близьким до сталі і бетону. В залежності від виду виробу густина коливається від 105 до 165 кг/м^3 , коефіцієнт теплопровідності – $0,037 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$, міцність при

стиску до 160 МПа. Ізоляція із ніздрюватого скла використовується в широкому діапазоні температур – від 260 °С до +730 °С.

Технічні характеристики матеріалу дозволяють використовувати його для різних систем утеплення фасадів: вентиляційних, під штукатурку та як звукоізоляційний і акустичний матеріал. На сьогоднішній день матеріал є одним з найбільш ефективніших і довговічних утеплювачів.

Скляна мозаїка – плиточки із скла розмірами 2 × 2 см і 1 × 1 см для створення інтер'єрних панно (рис. 4.6). Мозаїку відрізняє чудові експлуатаційні і естетичні властивості, велика гамма кольорів і відтінків.

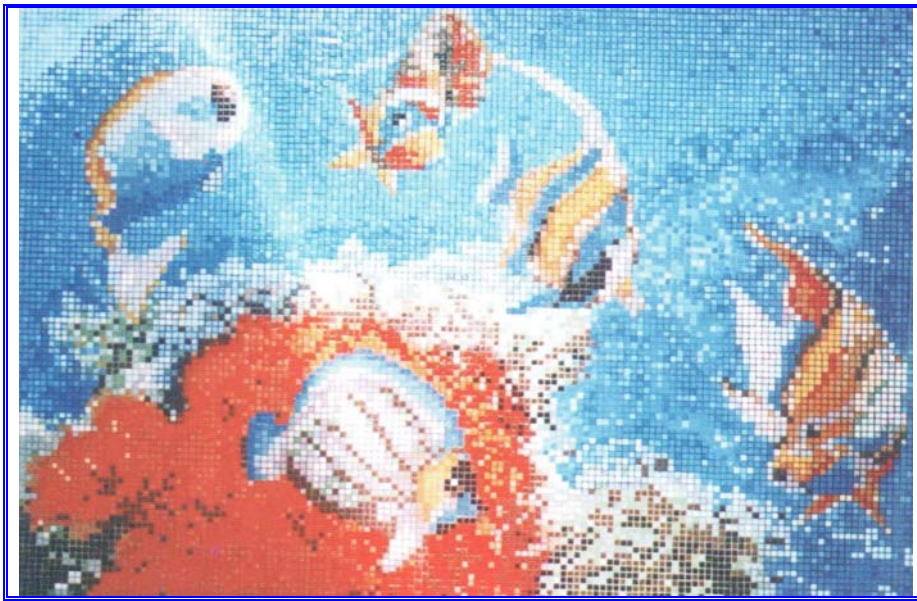


Рис. 4.6.
Облицювання
стін
мозаїчними
скляними
плитками



4.7 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... Близько 1500 року до нашої ери єгиптяни робили власне скло. Для цього вони використовували суміш подрібненої кварцової гальки з піском. Вони також виявили, що якщо додати до цієї суміші кобальт, мідь або марганець, то можна отримати скло блакитного, зеленого, пурпурного кольору.

Після 1200 року до н.е. єгиптяни навчилися відливати скло у скляних формах.

... Великими умільцями з виготовлення скла були римляни, які першими почали робити тонке віконне скло. А на початок нової ери шибка вже стала предметом повсякденного побуту.

... Скло, що не б'ється, винайдено в Римі за 34 роки до нашої ери. Винахідник поплатився за це життям.

... Скло, яке можна скручувати в рулон, винайшов норвезький скламайстер, що жив в Осло. Рецепт виготовлення цього дивовижного скла, як сповіщають газети, складає його професійний секрет.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. З яких сировинних матеріалів виготовляють скло?
2. Що таке листове скло, які його різновиди?
3. Назвіть безпечні види листового скла.
4. Які вироби із скла застосовують в будівництві?
5. Які види скла можна використати для облицювання поверхонь?
6. Які основні властивості скла?
7. Які матеріали і вироби виготовляють на основі шлаку?



ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

IV.1. (сировина)

I. Яка основна сировина утворює каркас скла?

- 1) кальцинована сода; 2) пісок; 3) доломіт; 4) каолін.

II. Поясніть, яка із названої сировини прискорює процес варіння, знижує температуру плавлення.

- 1) кальцинована сода; 2) пісок; 3) крейда; 4) каолін.

III. Який матеріал утворює в склі основний оксид натрію в кількості 71,6...72,5 %?

- 1) вапняк; 2) пісок; 3) сульфат натрію; 4) мармур.

IV. Який матеріал утворює оксид кальцію, що підвищує термічну стійкість скла?

- 1) вапняк; 2) пісок; 3) кальцинована сода.

V. Який сировинний матеріал додають у шихту для утворення оксиду алюмінію, що підвищує міцність скла?

- 1) пісок; 2) доломіт; 3) вапняк; 4) глинозем.

VI. При якій температурі розпочинається процес силікатутворення?

- 1) 725°C; 2) 1150°C; 3) 1400°C.

VII. Яка максимальна температура гомогенізації скломаси?

- 1) 1150°C; 2) 400°C; 3) 1600°C; 4) 1725°C.

VIII. Яким способом виготовляють віконне листове скло?

- 1) способом витягування;
- 2) прокатування;
- 3) пресування;
- 4) видування.

IX. Способом безперервного прокатування виготовляють скло...

- 1) віконне листове; 2) армоване; 3) вітринне.

X. Скло, яке виготовляють з двох листів віконного скла і полівінілбутирольної плівки, називають:

- 1) триплекс; 2) загартоване; 3) скло “мороз”.

IV.2. (виробництво)

I. Скло, в якого одна поверхня матова, одержана за допомогою обробки піскоструменем і покриття клеєм називається:

- 1) “мороз”; 2) “заметіль”; 3) армоване.

II. Скло, яке пропускає промені ультрафіолетового діапазону не менше 25 % називається:

- 1) тепловбирне;
- 2) увіолеве;
- 3) вітринне;
- 4) візерунчасте.

III. Яку назву має скло, одна поверхня якого покрита кольоровою силікатною фарбою:

- 1) увіолеве; 2) стемаліт; 3) марбліт; 4) сигран.

IV. Як називається глушене скло, зафарбоване в масі?

- 1) марбліт; 2) стемаліт; 3) склокераміт.

V. Двошаровий матеріал: нижній шар з подрібненого склобою, піску і глини, а верхній – кольоровий склогранулят, називають:

- 1) сигран; 2) марбліт; 3) склокераміт.

VI. Виріб з двох листів скла із скловолокнустою прокладкою, з'єднаних по периметру герметиком називають:

- 1) склоблок; 2) склопрофіліт; 3) стевіт; 4) марбліт.

VII. Довгомірний скловиріб швелерного профілю називають:

- 1) склопрофіліт; 2) стевіт; 3) склоблок.

VIII. Виріб з двох листів, склеєних з металевою рамкою, торці яких оброблені герметиком називають:

- 1) стевіт; 2) склопакет; 3) склоблок.

IX. Склматеріал, виготовлений кристалізацією скла відповідного хімічного складу називають:

- 1) склокераміт; 2) марбліт; 3) ситал.

X. Методом пресування виготовляють:

- 1) скло віконне;
- 2) смальту;
- 3) склопакет.

IV.3. (властивості)

I. Густина будівельного скла становить:

- 1) 1000...1500 кг/м³;
- 2) 2450...2550 кг/м³;
- 3) 550...1800 кг/м³;
- 4) 5450...5550 кг/м³.

II. Твердість звичайного скла за шкалою Мооса:

- 1) 5...7;
- 2) 3...4;
- 3) 7...9;
- 4) 1...2.

III. Перерахуйте основні властивості звичайного скла:

- 1) прозоре;
- 2) непрозоре;
- 3) крихке;
- 4) пластичне;
- 5) кислотостійке;
- 6) морозостійке.

IV. Світлопропускання звичайного скла:

- 1) 14...45 %;
- 2) 95...100 %;
- 3) 54...70 %;
- 4) 84...87 %.

V. Теплопровідність звичайного скла, Вт/(м·К):

- 1) 0,4...0,82;
- 2) 0,23...0,4;
- 3) 0,82...0,94;
- 4) 0,36...0,39.

VI. Шлаковата має середню густину:

- 1) 10...50 кг/м³;
- 2) 150...200 кг/м³;
- 3) 50...75 кг/м³;
- 4) 75...150 кг/м³.

VII. Вироби з кам'яного литва мають середню густину, кг/м³:

- 1) 2600...2800;
- 2) 2900...3000;
- 3) 1600...1900;
- 4) 2200...2500.

VIII. Міцність шлакоситалів при стиску може бути в межах...

- 1) 300...600 МПа;
- 2) 90...200 МПа;
- 3) 700...1000 МПа;
- 4) 10...100 МПа.

IX. Увіюлеве скло пропускає 45...75 %...

- 1) інфрачервоних променів;
- 2) ультрафіолетових променів;
- 3) рентгенівських променів.

X. Вироби із шлакового литва мають міцність при стиску:

- 1) 1000 МПа;
- 2) 100 МПа;
- 3) 50 МПа;
- 4) 500 МПа.

IV.4. (розміри)

I. Назвіть мінімальну товщину листового віконного скла:

- 1) 6 мм;
- 2) 2 мм;
- 3) 10 мм;
- 4) 4 мм.

II. Яка мінімальна товщина вітринного скла?

- 1) 5,5 мм;
- 2) 10 мм;
- 3) 4 мм.

III. Плоскі плитки із глушеного скла площею 1...2 см², завтовшки 5...20 мм, називаються:

- 1) смальта;
- 2) мозаїчні;
- 3) марблін.

IV. Емальована плитка із кольорового скла має розміри:

- 1) 50×50 мм;
- 2) 200×200 мм;
- 3) 20×20 мм.

V. Товщина облицювальних скляних плиток може бути:

- 1) 4 мм;
- 2) 2 мм;
- 3) 8 мм;
- 4) 10 мм.

VI. Назвіть розміри склоблоків:

- 1) 194×194×98 мм;
- 2) 400×400×46 мм;
- 3) 294×400×75 мм.

VII. Середня густина скла віконного:

- 1) 2450 кг/м³;
- 2) 800 кг/м³;
- 3) 1250 кг/м³.

VIII. Якою може бути фактична міцність при стиску для скла?

- 1) 2000 МПа;
- 2) 20000 МПа;
- 3) 200 МПа.

IX. Профільне скло швелерного перерізу випускають завдовжки:

- 1) до 5 м;
- 2) до 7 м;
- 3) до 2 м.

IV.5. (застосування)

I. Поміркуйте, які вироби із скла можна застосовувати для світлопрозорої перегородки у спортзалі?

- 1) скло “мороз”;
- 2) склоблоки;
- 3) марблін.

- II. Для скління вікон житлового будинку застосовується:
- 1) марблін;
 - 2) склопрофілін;
 - 3) листове скло.
- III. Виберіть вид скла для скління вікон у лікарні:
- 1) марблін;
 - 2) склопакет;
 - 3) увіолеве скло.
- IV. Для виготовлення художніх вітражів застосовується такий вид скляних виробів:
- 1) емальовані плитки;
 - 2) смальта;
 - 3) увіолеве скло.
- V. Для влаштування перегородок можна застосовувати:
- 1) листове скло;
 - 2) склопакети;
 - 3) профільне скло.
- VI. Для оздоблення фасадів будинків застосовують:
- 1) марблін;
 - 2) вітринне скло;
 - 3) склоблоки.
- VII. Армоване скло можна застосовувати для скління:
- 1) вікон у житловому будинку;
 - 2) для облицювання стін;
 - 3) для скління великих прорізів.
- VIII. Для облицювання приміщення з агресивними середовищами застосовують:
- 1) емальовану скляну плитку;
 - 2) листове скло;
 - 3) склоблоки.
- IX. Який матеріал можна застосувати для покриття підлог у цеху з агресивним середовищем:
- 1) смальту;
 - 2) ситал;
 - 3) склоблоки.
- X. Підберіть найдоцільніший матеріал для виготовлення дверей у торговому павільйоні:
- 1) візерунчасте скло;
 - 2) вітринне скло;
 - 3) загартоване скло;
 - 4) склоблоки.

РОЗДІЛ 5. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

5.1 ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ, ЇХ КЛАСИФІКАЦІЯ

Неорганічними в'язучими речовинами називають порошкоподібні матеріали, які при змішуванні з водою (замішування) утворюють пластично – в'язке тісто, здатне внаслідок фізико-хімічних процесів самочинно тверднути й переходити в каменеподібний стан. Виняток становлять магнезіальні та шлаколужні в'язучі, а також кислототривкий цемент, які замішують водними розчинами деяких солей та інших сполук.

Затверділе в'язуче скріплює (зв'язує) між собою неорганічні (мінеральні) або органічні заповнювачі, утворюючи моноліт – штучний будівельний конгломерат (ШБК). На цьому ґрунтується виробництво будівельних розчинів, бетонів, виготовлення різних безвипалювальних штучних матеріалів та виробів.

Мінеральні в'язучі згідно з ДСТУ Б В.2.7-91-99 класифікуються за такими ознаками: визначальними фізико-механічними властивостями; умовами і механізмом тверднення; хімічною природою визначальних сполук; вмістом інгредієнтів (схема 5.1).



Схема 5.1 Загальна схема класифікації

За міцністю при стиску мінеральні в'язучі діляться на п'ять груп (табл. 5.1.1).

Таблиця 5.1.1

Групи в'язучих за міцністю при стиску

Індекс групи	Характеристика групи за міцністю при стиску	Граничні значення міцності, МПа	Характерні представники групи
M1	Маломіцні	до 10	Вапно повітряне, вапно гідравлічне, гіпс будівельний, глини
M2	Пониженої міцності	понад 10 до 30 включно	Романцемент, гіпс високоміцний, композиційні цементи
M3	Середньої міцності	понад 30 до 50 включно	Портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент, ґрунтоцементи
M4	Високоміцні	понад 50 до 100 включно	Портландцемент високоміцний, шлаколужне в'язуче, глиноземистий цемент
M5	Надміцні	понад 100	Шлаколужне в'язуче, контактено-конденсаційні в'язучі

За швидкістю тужавлення мінеральні в'язучі діляться на чотири групи (табл. 5.1.2).

Неорганічні в'язучі речовини залежно від умов тверднення поділяють на три класи: повітряні – П, гідравлічні – Г та автоклавні – А.

Повітряні в'язучі речовини можуть тверднути й тривалий час зберігати міцність лише на повітрі, а тому їх застосовують у надземних спорудах, які не зазнають впливу води. До них належать гіпсові в'язучі матеріали, магнезіальні, рідинне (розчинне) скло, а також повітряне будівельне вапно.

Гідравлічні в'язучі тверднуть і зберігають міцність, а іноді й підвищують її в часі не лише на повітрі, а й у воді. Їх застосовують у наземних, підземних, гідротехнічних та інших спорудах, які зазнають впливу води. До гідравлічних в'язучих належать гідравлічне вапно, романцемент, портландцементи, спеціальні цементи тощо.

Групи в'язучих за швидкістю тужавлення

Індекс групи	Характеристика групи за швидкістю тужавлення	Нормативний термін початку тужавлення	Характерні представники групи
ТЖ1	Повільнотужавіючі	не раніше 2 год.	Вапно повітряне гашене, вапно гідралічне, глини, романцемент
ТЖ2	Нормальнотужавіючі	не раніше 45 хв. і не пізніше 2 год.	Портландцемент, портландцемент з добавками, пуцолановий цемент, шлакопортландцемент
ТЖ3	Швидкотужавіючі	не раніше 15 хв. і не пізніше 45 хв.	Ангідритовий цемент, глиноземистий цемент, шлаколужні в'язучі, розчинне скло
ТЖ4	Надшвидкотужавіючі	не пізніше 15 хв.	Гіпс будівельний, розширювальні цементы, напружуючий цемент

В'язучі автоклавного тверднення – це речовини, здатні тверднути й утворювати міцний цементний камінь у автоклавах при підвищених температурі, тиску та вологості. До таких в'язучих належать вапняно-кремнеземисті, вапняно-зольні, вапняно-шлакові в'язучі, нефеліновий цемент.

Сировиною для виробництва неорганічних речовин є гірські породи та побічні продукти промисловості. З гірських порід застосовують: сульфатні – гіпс, ангідрит; карбонатні – вапняк, крейду, вапнякові туфи, вапняк-черепашник, мармур, доломіти, доломітизовані вапняки, магнезит, мергелісти – вапнякові мергелі; алюмосилікатні – нефеліни, глини, глинисті сланці; високоглиноземисті боксити, корунди; кремнеземисті – кварцовий пісок, траси, вулканічний попіл; діатоміт, трепел, опоку. З побічних продуктів для виробництва неорганічних в'язучих застосовують металургійні та інші шлаки, золи ТЕС.

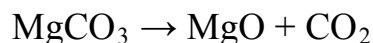
При виробництві неорганічних в'язучих, крім основної сировини застосовують різні спеціальні добавки, які надають в'язучим потрібних властивостей.

5.2 ПОВІТРЯНЕ ВАПНО

Повітряне вапно дістають випалюванням вапняків, що містять не більше ніж 6 % глинистих домішок. Для випалювання вапна використовують шахтні печі, обертові, з киплячим шаром, циклонно-вихрові. У найпоширеніших шахтних печах сировина рухається зверху вниз, підігрівається, потім випалюється в зоні випалу при температурі 1000...1200 °С, де відбувається розкладання вапняку на вапно і вуглекислий газ:



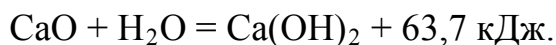
У вапняку є MgCO_3 , який також розкладається під дією температури:



Потім вапно охолоджують повітрям і вивантажують.

Оксиди кальцію і магнію складають активні частини. Їх кількість у вапні називають *активністю*, що визначає якість в'язучої речовини. Крім чистого вапна одержаний матеріал вміщує частинки перепалу, недопалу і золи. Залежно від вмісту чистих оксидів CaO і MgO негашене вапно поділяється на сорти.

Вапно, яке дістають випалюванням, називають *негашеним грудковим*, або *вапном-кипількою*. Ці пористі куски насипною густиною 900...1100 кг/м³, подрібнені в порошок, називають *негашеним меленим вапном*. У процесі помелу вводять активні добавки (золу, шлак, діатоміт, пемзу), які поліпшують властивості і знижують вартість в'язучого. Якщо при помелі до вапна додати 60...70 % вапняку, то можна одержати *карбонатне вапно*, яке використовують для більш міцних будівельних розчинів та силікатних виробів. Додавши до негашеного вапна 70...100 % води, дістають *гашене (гідратне) вапно* у вигляді тонкого пухкого порошку насипною густиною 400...450 кг/м³:



На заводах вапно гасять у спеціальних барабанах, а на будівельному майданчику – в творильних ящиках, і зціджують у гасильну яму, де воно витримується не менше 14 діб.

Якщо додати води в два-три рази більше від кількості вапна, то можна одержати *вапняне тісто*.

В залежності від тривалості гашення вапно згідно ДСТУ Б В.2.7-90-99 „Вапно будівельне” поділяється на види, що наводяться у таблиці 5.2.1.

Гашене вапно перевозять у металевих контейнерах, бітумізованих паперових мішках, тісто – в автосамоскидах. Негашене мелене вапно транспортують і зберігають у металевих контейнерах або паперових мішках не більше 15 діб.

Таблиця 5.2.1

Види вапна в залежності від тривалості гашення

Вид вапна	Індекс часу гашення	Тривалість гашення, хв.
Швидкого гашення	А	до 8
Середнього гашення	Б	до 25
Повільного гашення	В	понад 25

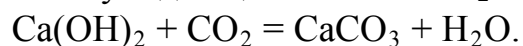
Згідно з ДСТУ Б В.2.7-90-99 повітряне вапно повинне відповідати вимогам, наведеним у таблиці 5.2.2

Таблиця 5.2.2

Вимоги до повітряного вапна у % за масою

Найменування показників	Негашене вапно						Гідратне вапно сортів	
	кальцієве вапно сортів			магнезіальне та доломітове вапно сортів				
	1	2	3	1	2	3	1	2
Активні CaO+MgO, не менше: без добавок	90	80	70	85	75	65	67	60
	65	55	-	60	50	-	50	40
Активний MgO, не більше:	5	5	5	20(40)	20(40)	20(40)	-	-
CO ₂ , не більше: без добавок	3	5	7	5	8	11	3	5
	4	6	-	6	9	-	2	4
Непогашені зерна, не більше:	7	11	14	10	15	20	-	-
Примітка 1.	У дужках наведені показники для доломітового вапна.							
Примітка 2.	Мінеральні добавки вводяться у вапно у таких кількостях, щоб дотримувались вимоги до вмісту активних CaO+MgO.							
Примітка 3.	Для кальцієвого вапна 3 сорту, що використовується для технологічних цілей, допускається вміст непогашених зерен до 20 %.							

Розчини і бетони на меленому негашеному вапні швидко тужавіють і тверднуть, виділяючи теплоту, що зумовлює доцільність їхнього застосування під час зимових робіт. Гашене вапно твердне на повітрі швидше, якщо в ньому підвищений вміст CO₂:



З повітряного вапна готують розчини для оздоблювальних і малярних робіт, виготовляють штучні силікатні вироби.

5.3 БУДІВЕЛЬНИЙ ГІПС: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ

Сировиною для гіпсових в'язучих є гірські породи – гіпс, ангідрит і відходи від переробки фосфатів на суперфосфат.

Основним гіпсовим в'язучим є низьковипалювальний будівельний гіпс, який виготовляють тепловою обробкою при температурі 100...180 °С з гіпсового каменю; при цьому відбувається дегідратація гіпсового каменю за реакцією



Теплову обробку гіпсового каменю проводять у варильних казанах, сушильних барабанах, шахтових млинах, обертових печах тощо. У затверділому стані цей гіпс має невелику міцність.

Високоміцний гіпс дістають термічною обробкою гіпсового каменю в герметичних апаратах під тиском насиченої пари (в автоклавах під тиском 0,15...0,3 МПа) або при кип'ятінні у водних розчинах деяких солей з наступним просушуванням та розмелюванням. Міцність при стиску такого в'язучого може досягати 70 МПа.

Виськовипалювальний гіпс виготовляють випалюванням гіпсового каменю при температурі 900...950 °С; він складається переважно з CaSO_4 . Такий гіпс на відміну від будівельного швидко тужавіє і твердне, але вироби з нього мають водостійкість і міцність при стиску вищі, що зумовлює його застосування для підлог, у штукатурних та мурувальних розчинах тощо.

Процес твердіння гіпсових в'язучих за теорією О. О. Байкова складається з трьох періодів. Перший період – підготовчий, коли гіпсову в'язучу речовину змішують з водою і вона розчиняється, напівводний гіпс гідратує і переходить у двоводний сірчаноокислий кальцій за реакцією



Другий період – період колоїдації (тужавлення), коли новоутворення переходять у розчин у желеподібному вигляді; при цьому маса тужавіє.

У третьому періоді (кристалізація) колоїдні частинки двоводного гіпсу перекристалізуються у великі кристали, які зростаються між собою і утворюють зросток.

Теоретично для гідратації напівводного гіпсу потрібно 18,6 % води до маси гіпсу, але практично будівельний гіпс потребує 50...70 % води для одержання тіста нормальної густоти. Виськовміцний гіпс має

водопотребу 30...40%. Тому всі гіпсові вироби мають велику пористість.

5.4 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНОГО ГІПСУ

Будівельний гіпс – це порошок білого кольору з насипною густиною 800...1100 кг/м³ у пухкому стані; $\rho = 2600...2750$ кг/м³.

Умовне позначення гіпсового в'язучого повинне складатися із перших літер найменування гіпсового в'язучого, марки в'язучого, індексу терміну тужавлення, індексу тонини помелу, позначення стандарту.

Міцність гіпсу характеризується границею міцності при стиску зразків-балочок розмірами 40×40×160 мм, які попередньо випробовують при згині через 2 год. після їх виготовлення з гіпсового тіста нормальної густоти (рис. 5.4.1). За границею міцності при стиску і згині встановлено марки гіпсу (табл.5.4); для високоміцного гіпсу $R_{ст}=25...30$ МПа.

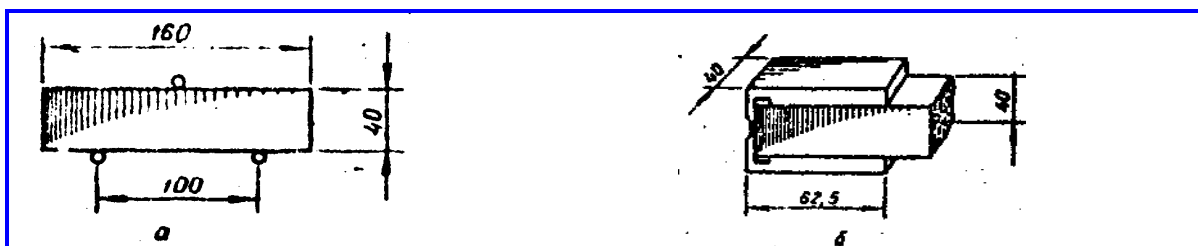


Рис. 5.4.1 Зразки для випробування гіпсу: а – випробування балочки на згин; б – випробування половинки балочки при стиску

Таблиця 5.4

Марки будівельного гіпсу

Марка	$R_{ст}$, МПа, не менше ніж	R_3 , МПа, не менше ніж	Марка	$R_{ст}$, МПа, не менше ніж	R_3 , МПа, не менше ніж
Г-2	2	1,2	Г-9	9	4,2
Г-3	3	1,8	Г-10	10	4,5
Г-4	4	2,0	Г-13	13	5,5
Г-5	5	2,5	Г-16	16	6,0
Г-6	6	3,0	Г-19	19	6,5
Г-7	7	3,5	Г-22	22	7,0
Г-8	8	3,85	Г-25	25	8,0

Строки тужавлення визначають на приладі Віка за глибиною проникнення голки в тісто. Гіпсові в'яжучі залежно від термінів тужавлення гіпсового тіста стандартної консистенції поділяють на групи:

Ш – швидкотужавіюче (початок тужавлення, не раніше 2 хв. і кінець не пізніше 15 хв.);

Н – нормальнотужавіюче (відповідно 6 і 30 хв);

НС – нормальнотужавіюче спеціальне (відповідно 10 і 30 хв);

П – повільнотужавіюче (відповідно 20 і 120 хв);

ОП – особливоповільнотужавіюче (відповідно 20 і 180 хв).

У гіпс іноді вводять сповільнювачі тужавлення – тваринний клей або ЛСТ (лігносульфонат технічний) або прискорювачі твердіння – кухонну сіль, природний гіпс тощо.

В залежності від тонини помелу гіпсові в'яжучі поділяються на класи: грубого помелу – I, середнього помелу – II, спеціального помелу – Пс, тонкого помелу – III, особливо тонкого помелу – IV.

Під час твердіння гіпс розширюється в об'ємі до 1 %, завдяки чому гіпсові відливки добре заповнюють форму і після затвердіння не утворюють тріщин.

Згідно ДСТУ Б В.2.7-82:2010 „В'яжучі гіпсові” марка гіпсового в'яжучого має вигляд "Гіпсове в'яжуче будівельне Г-5 Н-II ДСТУ Б В.2.7-82:2010" – гіпсове в'яжуче будівельне марки Г-5, нормальнотужавіюче (групи Н), середнього помелу (класу II):

Застосовують гіпсові в'яжучі для виготовлення гіпсової штукатурки, перегородкових плит і панелей, звукоізоляційних плит, декоративних та інших виробів, що експлуатуються в умовах, де вологість повітря не більше 65 %. Вироби з гіпсу легкі, вогнетривкі, але міцність їх невелика.

Транспортують гіпсові в'яжучі у мішках або навалом в автомашинах, вагонах, надійно захищаючи від вологи. Гіпс довго не зберігають тому, що активність його швидко знижується.

5.5 МАГНЕЗІАЛЬНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Магнезіальні в'яжучі речовини (каустичний магнезит і каустичний доломіт) – це тонкомелені порошки, які складаються з оксиду магнію.

Каустичний магнезит здобувають із гірської породи магнезиту $MgCO_3$. Магнезит випалюють у печах при температурі 700...800 °С до повного розкладання $MgCO_3 = MgO + CO_2$ з наступним подрібненням.

Каустичний доломіт одержують при випалюванні гірської породи доломіту $CaCO_3 \cdot MgCO_3$.

Магнезіальні в'яжучі замішують водним розчином хлориду магнію або інших магнезіальних солей. Початок тужавлення магнезіальних

в'яжучих не раніше ніж через 20 хв., а кінець – не пізніше ніж через 6 годин з початку замішування. Марки визначають за $R_{ст}$. Магнезіальні в'яжучі мають високу міцність при стиску (60...100 МПа) і міцно зчеплюються з тирсою, утворюючи *ксилоліт*, і деревною стружкою, утворюючи *фіброліт*; ці матеріали застосовують для виготовлення підлог, облицювальних плит, теплоізоляційних виробів.

5.6 РІДИННЕ СКЛО І КИСЛОТРИВКИЙ ЦЕМЕНТ

Рідинне скло – це колоїдний водний розчин силікату натрію ($Na_2O \cdot nSiO_2$) або калію ($K_2O \cdot nSiO_2$) жовтого кольору. Чистий кварцовий пісок і кальциновану соду (Na_2CO_3) або поташ (K_2CO_3) розплавляють у скловарній печі при температурі 1300...1400 °С, потім скломасу швидко охолоджують, вона твердне і утворює грудки з жовтуватим, блакитнуватим чи зеленкуватим відтінком (силікат-брила). Ці грудки в автоклаві під дією пари, тиску 0,4...0,7 МПа і температури 150 °С перетворюються на розплав, який і називають рідинним склом. Рідинне скло нормально твердне і надійно служить у виробках, які не зазнають тривалої дії води, лугів та фосфорної фтористо- та кремнефтористоводневої кислот. Рідинне скло застосовують у виробництві вогнетривких і силікатних фарб, кислото- та жаростійких бетонів, для ущільнення ґрунтів (силікатизація).

Кислототривкий цемент – тонкоподрібнена суміш кварцового піску (понад 70 %) і кремнефториду натрію (Na_2SiF_6 (4...6 %) з рідинним склом. Початок тужавлення настає не раніше, як через 30 хв., а кінець – не пізніше ніж через 6 год. з початку замішування.

Кислототривкий цемент не водостійкий, його використовують для приготування кислотостійких розчинів і бетонів.

5.7 ГІДРАВЛІЧНЕ ВАПНО

Гідравлічне вапно – продукт випалювання мергелистих вапняків, що містять 6...20 % глиняних домішок. Випалюють вапняки при температурі 900...1100 °С у шахтних печах. За цей час крім CaO утворюються оксиди кремнію SiO_2 , заліза Fe_2O_3 , алюмінію Al_2O_3 та їхні сполуки: силікати $2CaO \cdot SiO_2$, алюмінати $2CaO \cdot Al_2O_3$ і ферити $2CaO \cdot Fe_2O_3$ кальцію, які надають вапну здатність тверднути у воді

Гідравлічне вапно під дією води гаситься і починає тверднути на повітрі, а продовжує у воді.

Гідравлічне вапно застосовують у вигляді негашеного меленого порошку; початок твердіння – 0,5, кінець – 8...16 год. Гідравлічне вапно випробовують на стиск на зразках - кубиках розмірами 70,7×70,7×70,7 мм через 28 діб твердіння; $R_{ст} = 2...10$ МПа.

З гідравлічного ванна готують мурувальні та штукатурні розчини, бетони невисоких класів міцності. Транспортують гідравлічне вапно у закритих ємностях, зберігають у сухих приміщеннях.

5.8 ВИРОБНИЦТВО ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ

Портландцемент – це гідравлічна в'язуча речовина, одержана тонким подрібненням цементного клінкеру з гіпсом та іншими добавками. Клінкер – спечений продукт, результат випалювання до спікання при температурі 1450...1500 °С однорідної суміші вапняку і глини або природних мергелів з глинистими домішками більше 20 %. Хімічний склад клінкеру такий: CaO – 63...68 %, Al₂O₃ – 4...8 %, SiO₂ – 19...24 %, Fe₂O₃, – 2...6 %. Його задовольняє суміш з 75...78 % вапняку і 25...22 % глини.

Виробництво цементу складається з таких операцій: видобування сировини, приготування суміші, випалювання до спікання в клінкер, охолодження і розмелювання клінкеру з гіпсом і мінеральними добавками, приймання та зберігання цементу.

За способом підготовки сировинної суміші цемент виробляються трьома способами: мокрим, сухим та комбінованим.

Мокрий спосіб (рис. 5.8) полягає в тому, що м'які гірські породи подрібнюють і змішують з великою кількістю води (36...42 %) у вигляді шламу. Шлам готують у кульовому млині, куди подають подрібнений і віддозований вапняк і водну суспензію глини. Із млинів шлам подають у шлам-басейн, де коригують його склад і забезпечують однорідність. Далі шлам надходить в обертову піч – металевий циліндр діаметром 5...7 і 60...230 м завдовжки, всередині футерований вогнетривким матеріалом. Піч обертається, і шлам рухається вниз, де його зустрічає факел палива. При температурі 500...750 °С згоряють органічні речовини і починається дегідратація, утворюються грудки, які потім розпадаються у порошок. При температурі вище 750...800 °С окремі частинки порошку зчеплюються в гранули. При температурі 900...1000 °С виділяються оксиди кальцію, які вступають у реакції з глиноземом, оксидом заліза і кремнеземом. При температурі 1200...1250 °С утворюються основні мінерали цементного клінкеру: двокальцієвий силікат 2CaO·SiO₂ (беліт), трикальцієвий силікат 3CaO·SiO₂ (аліт), трикальцієвий алюмінат 3CaO·Al₂O₃, чотирикальцієвий алюмоферит 4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃. Скорочений умовний запис цих мінералів відповідно такий: C₂S, C₃S, C₃A, C₃AF. Вміст цих мінералів у портландцементному клінкері: C₂S – 45...60, C₃S – 20...30, C₃A – 4...34, C₃AF – 10...18 %.

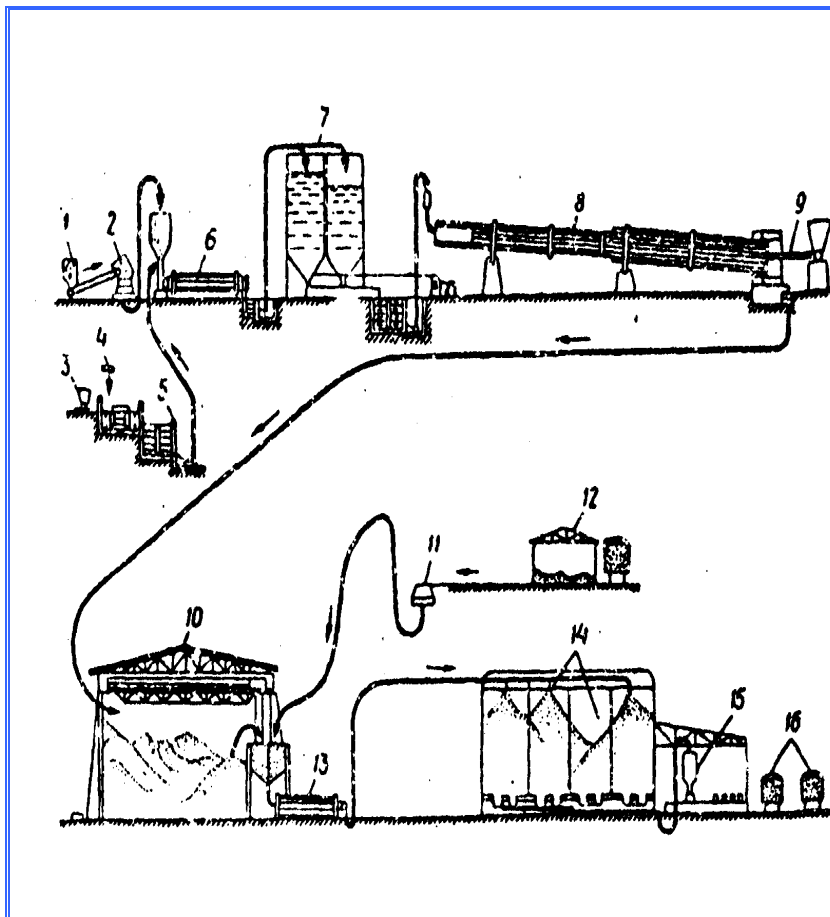


Рис. 5.8. Технологічна схема виробництва портландцементу мокрим способом:

- 1 – бункер для вапняку;
- 2 – дробарка для вапняку;
- 3 – вагонетка з глиною;
- 4 – дозатор для води;
- 5 – басейн-бовтанка;
- 6 – млин для сировини;
- 7 – шлам-басейн;
- 8 – обертова піч;
- 9 – форсунка для палива;
- 10 – склад клінкеру;
- 11 – дробарка для гіпсу;
- 12 – склад гіпсового каменю;
- 13 – кульовий млин;
- 14 – силоси для цементу;
- 15 – пакувальна машина;
- 16 – вагони з цементом

Кожний із клінкерних мінералів має своєрідний вплив на властивості цементу. Трикальцієвий силікат визначає швидкість твердіння; при твердінні виділяє багато теплоти, набирає високу міцність у перші дні. Двокальцієвий силікат повільно твердне, виділяє мало теплоти. Продукт твердіння протягом першого місяця має невисоку міцність, але на пізніх стадіях стає високоміцним. Трикальцієвий алюмінат у першу добу виділяє найбільше теплоти і швидко твердіє, має низьку міцність і низьку стійкість проти дії сірчаноокислих сполук. Чотирикальцієвий алюмоферит характеризується помірним виділенням теплоти, твердіє повільніше, ніж аліт, але швидше, ніж беліт. Враховуючи мінералогічний склад портландцементного клінкеру і властивості мінералів, можна одержувати портландцемент з різними властивостями.

Клінкер – гранули сіро-зеленого кольору розміром 15...25 мм – направляється з печі в холодильник, а потім на склад, де його витримують один-два тижні; за цей час вільний оксид кальцію гаситься вологою повітря. Клінкер подрібнюють в кульових млинах, при необхідності додаючи гіпсовий камінь (2...5 %) для регулювання строків тужавлення, а іноді й добавки. Із млинів цемент подають у силоси. звідки відвантажують замовникам.

Сухий спосіб полягає в тому, що сухі вапняки і глини подрібнюють спочатку окремо, а потім разом у млинах. Сировинне борошно з остаточною вологістю 1...2 % надходить у силоси, де коригують склад і створюють запас для роботи печі; далі всі операції такі самі, як і при мокрому способі. Випалювання провадять у шахтних чи обертових печах. Сухий спосіб потребує палива значно менше, ніж мокрий.

Комбінований спосіб полягає в тому, що сировинну суміш готують мокрим способом, потім шлам частково обезводнюють до вологості 16...18 % і випалюють, одержуючи цементний клінкер, який подрібнюють, як і в перших двох способах.

5.9 ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ. ТЕОРІЯ ТВЕРДІННЯ ЦЕМЕНТУ

При змішуванні портландцементу з водою спочатку утворюється пластичне тісто, яке поступово переходить у каменеподібний стан. Згідно з теорією твердіння О. О. Байкова, розрізняють три періоди (аналогічно твердінню гіпсу) – розчинення, колоїдація та кристалізація.

У результаті взаємодії клінкерних мінералів з водою утворюються нові сполуки – гідросилікати, гідроалюмінати, гідроферити кальцію. За швидкістю взаємодії з водою клінкерних мінералів на першому місці стоять C_3A і C_4AF . Дуже повільно твердне C_2S . Внаслідок твердіння утворюється міцний камінь.

Міцність зростає дуже швидко протягом першого тижня, а потім до 28 діб інтенсивність процесу уповільнюється. Дуже повільне зростання міцності після 28 діб може продовжуватися багато років у вологому і теплому середовищі.

Твердіння цементу при мінусових температурах уповільнюється чи повністю зупиняється, після відтавання цемент продовжує набирати міцність.

Насипна густина портландцементу в сипкому стані – 1000...1100, а в ущільненому – 1400...1700 $кг/м^3$. Істинна густина – 3,05...3,15 $г/см^3$.

Тонкість помелу визначається ситовим аналізом чи за допомогою поверхнеміра і найчастіше становить 250...300 $м^2/кг$.

Водопотреба портландцементу – це мінімальна кількість води, потрібна для приготування цементного тіста заданої густоти (в'язкості). Водопотребу називають ще нормальною густиною і визначають за допомогою приладу Віка. Нормальна густина становить 24...27 % і залежить від мінерального складу клінкеру, природи і кількості добавки, тонкості помелу.

Строки тужавлення цементу – це час, протягом якого цементне тісто нормальної густоти втрачає свою пластичність, але ще не має помітної міцності. Визначають умовний початок тужавлення (початок втрати пластичності) і кінець тужавлення (повна втрата пластичності). Строки тужавлення цементу визначають приладом Віка за глибиною занурення голки в тісто нормальної густоти. Для портландцементу початок тужавлення має наступити не раніше як за 45 хв., а кінець – не пізніше як через 10 год. Іноді для регулювання строків тужавлення портландцементів застосовують добавки – сповільнювачі і прискорювачі тужавлення.

Сповільнюють тужавлення портландцементу фосфати і нітрати калію, натрію чи амонію, борна кислота, органічні поверхнево-активні речовини. Прискорюють – електроліти, карбонати, сульфати металів і добавки, тобто центри кристалізації, а також триетаноламін.

Рівномірність зміни об'єму цементу оцінюють візуально за наявністю чи відсутністю тріщин на зразках – плескачах (коржиках) з тіста нормальної консистенції, які кип'ятять у воді після 24 год. твердіння у нормальних вологісних умовах. Причиною нерівномірної зміни об'єму портландцементу при твердінні є наявність в ньому вільних CaO і MgO, в підвищеній їх кількості.

Міцність портландцементу характеризують його маркою, яку встановлюють за міцністю при згині зразків-балочок розміром 40×40×160 мм і при стиску половинок цих балочок.

Ці зразки готують з цементного розчину пластичної консистенції, що містить у частинах за масою: одну частину цементу, три частини стандартного піску та половину частини води (водоцементне відношення 0,50).

Відповідно до даного методу цементний розчин отримують механічним змішуванням та ущільнюють у формі за допомогою струшуючого столу.

Зразки витримують у формі в кліматичній камері або шафі протягом 24 год., а після розформування зберігають у воді до моменту визначення міцності.

Після закінчення терміну зберігання зразки виймають з води та розламують на дві половини під дією згинального навантаження, причому за необхідності може бути визначена міцність при згині. Кожну половину зразка випробовують на міцність при стиску.

Основні вимоги до маркування цементу наведені в таблиці 5.9.1.

Таблиця 5.9.1

Вимоги до міцності зразків цементу згідно ДСТУ Б В.2.7-46:2010
„Цементи загально будівельного призначення”

Марка цементу	Міцність при стиску, МПа		
	2 доби	7 діб	28 діб
300		25,0	30,0
400		20,0	40,0
400P	15,0	-	40,0
500	15,0		50,0
500P	25,0		50,0
550	20,0		55,0
600	25,0		60,0

Примітка. P позначено вид цементу з високою міцністю в ранньому віці.

Під час експлуатації цементний камінь може зазнавати руйнування – корозії – під дією води, агресивних речовин тощо. Розрізняють три основних види корозії цементного каменю, причини виникнення яких і засоби боротьби з якими викладено в таблиці 5.9.2.

Таблиця 5.9.2

Види корозії портландцементу і засоби боротьби з нею

Вид корозії	Причини виникнення корозії	Захист від корозії
I	Дія м'якої води, розчинення і вимивання $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (вилужування)	Зменшення в цементі вмісту C_3S до 5%. Введення активних мінеральних добавок. Створення на поверхні виробу CaCO_3 внаслідок твердіння на повітрі з CO_2 .
II	Дія води, що містить солі, кислоти, мінеральні добрива (обмінні реакції)	Введення активних мінеральних добавок, покриття кислото-тривкими розчинами.
III	Дія сульфатів та їдких лугів (обмінні реакції сульфатів з $\text{Ca}(\text{OH})_2$, внаслідок чого утворюється $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ і гідросульфоалюмінат кальцію, об'єм збільшується в 2,5 рази)	Зменшення в цементі вмісту C_3S до 50 % і C_3A до 5%. Захисні покриття.

5.10 РІЗНОВИДИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТУ: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ

Використовують портландцемент як в'язучу речовину при виготовленні бетону і залізобетону в наземних, підземних і підводних конструкціях, які не піддаються дії морської, мінералізованої, прісної води; з портландцементу невисоких марок виготовляють штукатурні і мурувальні розчини.

Портландцемент – високоякісне, дефіцитне в'язуче, тому його потрібно використовувати економно.

З метою економії звичайного цементу, підвищення якості виробів, їх довговічності і надійності в експлуатації одержують спеціальні різновиди портландцементу з поліпшеними властивостями, регулюючи мінеральний склад і структуру клінкеру, тонкість помелу, вводячи в процесі помелу мінеральні та органічні добавки.

Швидкотверднучий портландцемент (ШТЦ) має підвищений вміст у клінкері C_3F+C_3A (не менш як 60...65 %), а також збільшену тонкість помелу клінкеру (до 350...400 м²/кг). Під час помелу до ШТЦ можна додавати не більше ніж 15 % доменних гранульованих шлаків або до 10 % активних мінеральних добавок. Від звичайного портландцементу ШТЦ відрізняється більш швидким зростанням міцності в початковий період твердіння. Через 3 доби твердіння міцність при стиску його досягає 25...28 МПа. Марки ШТЦ – 400, 500. Застосування ШТЦ у будівництві дає змогу значно скоротити або повністю виключити теплову обробку виробів, прискорити темпи будівництва і, враховуючи підвищене тепловиділення, виконувати бетонні роботи на морозі. Однак ШТЦ не можна застосовувати для виготовлення масивних конструкцій через підвищене тепловиділення; крім того, ШТЦ може зазнавати сульфоалюмінатної корозії через підвищений вміст C_3A .

Особливошвидкотверднучий портландцемент (ОШТЦ) виготовляють марок 600 і 700. Уже через одну добу твердіння він має границю міцності при стиску 25 МПа, а через три доби – 40 МПа.

Одержують такий цемент високою тонкістю помелу (400 м²/кг) підвищеним вмістом C_3S (до 65...68 %) та помірним вмістом C_3A (до 8 %) у клінкері. Застосовують для виготовлення високоміцних бетонних і залізобетонних виробів з метою скорочення строків і енергоємності тепловологісної обробки та зниження на 15...20 % витрати в'язучого.

Надшвидкотверднучий цемент (НШТЦ) виробляють із сировини, що містить галогени (наприклад, фторид чи хлорид кальцію) та велику кількість алюмінатів. Він без теплової обробки дуже швидко твердне, що дає змогу розпалублювати вироби через 14 год. Марки НШТЦ – 400, 500.

Використовуючи такий цемент, треба враховувати, що він має знижену морозостійкість і сталева арматура в ньому зазнає корозії.

Пластифікований портландцемент одержують тонким подрібненням портландцементного клінкеру з 3...5 % двоводного гіпсу і 0,15...0,25 % пластифікуючої добавки (лігносульфонат тощо). Марки цементу – 400, 500. Бетонні та розчинові суміші з нього мають підвищену рухливість, знижену водопотребу, а бетони і розчини – підвищені щільність, морозостійкість.

Гідрофобний портландцемент одержують подрібненням портландцементного клінкеру з 3...5 % двоводного гіпсу і 0,08...0,25 % гідрофобізуючих добавок (асидолу, милонафту, олеїнової кислоти) Ці добавки утворюють на зернах цементу плівки, які не пропускають вологи до них. Такий цемент можна довго зберігати та перевозити в умовах підвищеної вологості.

Гідрофобні плівки дуже тонкі, легко пошкоджуються в процесі перемішування бетонних чи розчинових сумішей, і цемент нормально взаємодіє з водою, що зумовлює його твердіння. Використовують такий цемент в гідротехнічному, дорожньому, аеродромному будівництві. Гідрофобний портландцемент підвищує рухливість бетонних сумішей, що сприяє збільшенню водостійкості, водонепроникності та морозостійкості бетонів.

Сульфатостійкий портландцемент виготовляють тонким помелом портландцементного клінкеру такого складу: C_3S – не більше 50 %; C_2A – не більше 5 %; C_3A+C_4AF – не більше 22 %; MgO – 5 %.

До такого цементу не вводять мінеральних домішок. Його склад зменшує можливість утворення в бетоні під дією сульфатних вод гідросульфатоалюмінату кальцію. Марки сульфатостійкого портландцементу – 300, 400, 500. Застосовують для приготування бетонів, що працюватимуть у морській воді, та бетонів підвищеної морозостійкості.

Білий портландцемент декоративного призначення одержують із чистих вапняків, каолінових глин, мармурів. Мінералогічний склад клінкеру чітко обмежений. Марки – 400, 500. Білий портландцемент дещо сповільнено твердне в початкові строки.

Кольорові портландцементи одержують помелом білого клінкеру з мінеральними пігментами (суриком залізним, вохрою, ультрамарином, кобальтом, піролюзитом, шунгітом, сажею тощо) чи забарвленням клінкеру за рахунок введення до складу сировинної шихти хромофорів – оксидів елементів змінної валентності (Fe, Cz, Ni, Co тощо).

Застосовують кольорові цементи в архітектурно-оздоблювальних, скульптурних роботах, для виготовлення облицювального шару стінових панелей.

Пуцолановий портландцемент одержують спільним помелом клінкеру, двоводного гіпсу (3...5 %) і активної мінеральної добавки у вигляді гірських порід осадового походження (20...30 %) або вулканічного попелу, туфу, глієжів чи паливної золи (25...40 %). Вперше у світовій практиці будівництва за активну мінеральну добавку використали вулканічний попіл, видобутий поблизу міста Пуцуолі в Італії, звідки й походження назви цементу. Ці добавки істотно підвищують стійкість цементу проти вилужування. Пуцолановий портландцемент серед інших має порівняно невелике тепловиділення, то дає змогу виготовляти з нього масивні бетонні конструкції. Проте слід враховувати, що конструкції, які експлуатуються в повітряно-сухих умовах, дають велику усадку і частково втрачають міцність, тому їх краще використовувати у підземних та підводних частинах споруд. Крім того, бетони на пуцолановому портландцементі мають низьку морозостійкість і тверднуть повільніше, ніж на звичайному.

Шлакопортландцемент одержують спільним помелом портландцементного клінкеру та 21...80 % гранульованого доменного чи електротермофосфорного шлаку з 3,5 % гіпсу. Іноді шлак (до 10 %) замінюють трепелом чи іншою активною мінеральною добавкою.

Шлак взаємодіє з гідроксидом кальцію і утворює гідросилікати та гідроалюмінати кальцію. Тому незначний вміст у шлакопортландцементному камені $\text{Ca}(\text{OH})_2$ підвищує його стійкість у м'якій і сульфатній воді порівняно із звичайним портландцементом.

Шлакопортландцемент під час твердіння виділяє теплоти у 2...2,5 рази менше, ніж звичайний, тому є сенс використовувати його для бетонування масивних конструкцій. На відміну від пуцоланового шлакопортландцемент має меншу водопотребу, вищу повітро- і морозостійкість, а тому його можна використовувати для зведення наземних, підземних і підводних частин споруд. Марки шлакопортландцементу – 300, 400 і 500. Він на 15...20 % дешевший, ніж звичайний, але недоліком його є повільне твердіння у початковий період і особливо при мінусових температурах. Тому більш раціонально використовувати шлакопортландцемент для виробів, що тверднуть при тепловологісній обробці у пропарювальних камерах

Швидкотверднучий шлакопортландцемент має в складі клінкеру $\text{C}_3\text{S}+\text{C}_3\text{A}$ більше, ніж звичайний шлакопортландцемент, кількість шлаку – не більше 50 %, тонкість помелу – 350...450 m^2/kg . За три доби твердіння набуває міцність при стиску 20 МПа, при згині – 3,5 МПа.

Сульфатостійкий шлакопортландцемент має обмеження у складі клінкеру: $\text{C}_3\text{A} \leq 8\%$. Його застосовують для виготовлення конструкцій, що зазнають дії сульфатної агресії.

5.11 СПЕЦІАЛЬНІ ЦЕМЕНТИ

Глиноземистий цемент – швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яка складається з низькоосновних алюмінатів кальцію.

Сировиною для цього цементу є вапняки і боксити. Мінералогічний склад: $\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$; $\text{CaO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3$; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, $2\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{SiO}_2$. Тепловиділення глиноземистого цементу в 1,5 рази вище, ніж портландцементу, тому його можна застосовувати для зимового бетонування; не рекомендується для бетонування масивних конструкцій у літній період, а також конструкцій, що піддають тепловологісній і теплової обробці. Колір цього цементу – від сіро-зеленого до чорного, середня густина у сипкому стані – $1000\text{...}1300\text{ кг/м}^3$, водопотреба – $23\text{...}28\%$, строки тужавлення — початок не раніше як за 30 хв. і кінець не пізніше як за 12 год після початку замішування. За строками тужавлення глиноземистий цемент дуже зручний для виготовлення виробів, тому що він є швидкотужавіючим. Строки тужавлення можна регулювати добавками – прискорювачами – $\text{Ca}(\text{OH})_2$; Na_2CO_3 ; Na_2SO_4 ; CaSO_4 чи добавками – сповільнювачами – NaCl , HCl , CaCl_2 , бура, гліцерин, цукор. Марки – 400, 500, 600 – визначають за міцністю при стиску зразків-кубиків із стороною 70,7 мм через три доби твердіння. Затверділий глиноземистий цемент має високу стійкість у мінералізованих водах, сульфатостійкість, підвищену у порівнянні із звичайним портландцементом стійкість до дії вуглекислих вод, слабких розчинів, неорганічних кислот, ґрунтових та промислових вод, багатьох органічних кислот (молочної, яблучної, мурашиної та ін.), тваринних та рослинних жирів, фенолу. Але слід враховувати, що такий цементі нестійкий до дії лугів та концентрованих неорганічних кислот.

Різновид глиноземистого – *високоглиноземистий цемент*, що містить $72\text{...}75\%$ Al_2O_3 і $22\text{...}25\%$ CaO , має високу вогнетривкість ($1750\text{ }^\circ\text{C}$) і тому його можна використовувати для виготовлення футерувальних виробів.

Глиноземисті цементи у п'ятеро-вшестеро дорожчі за звичайний портландцемент, тому їх застосовують тільки тоді, коли їхні цінні властивості використовуються найповніше: для виготовлення швидкотверднучих, особливо в зимових умовах, бетонів; при аварійно-відновлювальних роботах; для бетонів з високими вимогами щодо морозостійкості та наперемінного зволоження і висихання, дії хімічно-агресивних вод; для виготовлення жаростійких виробів.

Водонепроникний розширний цемент – швидкотужавіюча та швидкотверднуча гідравлічна в'язуча речовина, яку одержують помелом $70\text{...}76\%$ глиноземистого цементу, $20\text{...}22\%$ напівводного гіпсу і $10\text{...}11\%$ високоосновного алюмінату кальцію $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{H}_2\text{O}$.

Початок тужавлення – не раніше як за 4 хв, кінець – не пізніше як за 10 хв. з початку замішування водою. Розширюється цемент у межах 4...5 % внаслідок утворення гідросульфогідрату кальцію.

Використовують такий цемент для гідроізоляції тунелів, стовбурів шахт, у підземному та підводному бетонуванні, при створенні водонепроникних швів, але в усіх випадках умов експлуатації температура має бути вищою за 0°C, тому що такий цемент має знижену морозостійкість.

Водонепроникний безусадковий цемент – швидкотужавіюча та швидкотверднуча речовина, яку одержують змішуванням глиноземистого цементу, напівводного гіпсу і гашеного вана. Початок тужавлення – не раніше як за 1 хв, а кінець – не пізніше як за 5 хв. Використовують для гідроізоляції підземних споруд.

Гіпсоглиноземистий розширний цемент одержують помелом чи змішуванням після попереднього подрібнення високоглиноземистого шлаку чи клінкеру (70 %) і природного двоводного гіпсу (30 %). Початок тужавлення – не раніше як за 20 хв, кінець – не пізніше як за 4 год. Розширення, яке відбувається тільки у воді, – 0,1...0,7 % через три доби і не більше ніж 1 % через 28 діб. Міцність зразків при стиску через три доби – не менше ніж 30 МПа.

Застосовують цей цемент для виготовлення водонепроникних розчинів і бетонів, для гідроізоляції підвалів, шахт, труб, для замоноличування стиків.

Напружувальний цемент одержують спільним помелом 65...75 % портландцементного клінкеру, 13...20 % глиноземистого цементу та 1...10 % двоводного гіпсу. Застосовують для виготовлення попередньо напружених залізобетонних виробів. У процесі пропарювання залізобетонних виробів, сталева арматура яких натягнута в протилежних напрямках, цемент розширюється і створює в арматурі попереднє напруження. Початок тужавлення – через 2...5 хв, кінець – через 4...7 хв.

Після доби твердіння такий цемент має міцність при стиску не менш як 15 МПа, а через 28 діб твердіння – 50 МПа. Використовують його для виготовлення залізобетонних конструкцій підвищеної несучої здатності і тріщиностійкості для підводних і підземних напірних споруд, спортивних об'єктів, тонкостінних просторових конструкцій.

5.12 ГІПСОЦЕМЕНТНОПУЦОЛАНОВІ В'ЯЖУЧІ

Гіпсоцементнопуцоланові в'яжучі (ГЦПВ) одержують змішуванням 50...70 % напівводного гіпсу і 15...25 % портландцементу та 10...25 % активної мінеральної добавки (діатоміт, трепел, опока, випалені глини тощо). ГЦПВ випускають марок 100 і 150. Вони швидко тверднуть, мають

високу водостійкість. Міцність бетонів на ГЦПВ при стиску – 15...30 МПа. Уже через дві-три години після виготовлення бетону міцність дорівнює 30...40 % марочної. ГЦПВ застосовують для виготовлення панелей основ підлог, панелей внутрішніх стін, санітарно-технічних кабін, вентиляційних блоків, стінового каменю тощо.

5.13 В'ЯЖУЧІ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДІННЯ

В'яжучі автоклавного твердіння можна поділити на такі групи: *силікатні*, виготовлені з сировинної суміші, що містить вапно і кварцовий пісок; *шлакові*, виготовлені з використанням металургійних чи паливних шлаків як кремнеземистого компонента; *зольні*, виготовлювані із застосуванням золи від спалювання вугілля, сланців, торфу; в'яжучі, виготовлювані з використанням *відходів хімічної та гірничодобувної промисловості*. Кожне з цих в'яжучих містить кремнеземистий компонент та вапно. Можна також вводити добавки, що регулюють структуруотворення.

Твердіння автоклавних в'яжучих відбувається в середовищі насиченої водяної пари при температурі 175...200 °С та відповідному тиску пари 0,8...1,6 МПа у промислових автоклавах. Внаслідок взаємодії оксидів CaO і SiO₂ за участю води утворюються гідросилікати, які зумовлюють високу міцність автоклавних матеріалів.

В'яжучі автоклавного твердіння застосовують для виготовлення теплоізоляційних пористих ніздрюватих бетонів, а також для щільних конструкційних матеріалів (силікатної цегли і каменів, важких силікатних бетонів).

Використовуючи промислові відходи для безцементних в'яжучих, можна економити паливно-енергетичні ресурси і одночасно вирішувати екологічні проблеми захисту навколишнього середовища

5.14 ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЦЕМЕНТІВ

Вироблений на заводі цемент відвантажують для транспортування до місця застосування партіями, розмір яких залежить від потужності заводу. Для транспортування насипом використовують пневмотранспорт, вагони-цементовози, цистерни, контейнери, автоцементовози; їх також упаковують і транспортують у паперових, мішках. На цемент видається паспорт за номером, де зазначено назву заводу, дату відвантаження, номер партії, кількість вагонів, назву цементу, нормальну густоту, марку.

Цемент зберігають окремо за марками і видами в закритих складах, силосних бункерах. Змішувати цемент різних видів і марок забороняється. Під час транспортування і зберігання цемент потрібно захищати від дії

вологи. Якщо потрібно визначити якість цементу, відбирають пробу масою 20 кг і направляють в лабораторію для випробування.

Час зберігання цементу обмежений тому, що внаслідок поглинання вологи із повітря відбувається зниження його активності. Через три місяці зберігання активність знижується на 20 %, через 6 місяців – на 30 %, через рік – на 40 %. Тонкомелені та швидкотверднучі цементи швидше втрачають свою активність.

Відновлюють активність злежаних цементів додатковим помелом. Крім стандартних методів оцінки активності цементів іноді застосовують орієнтовні примітивні візуальні методи, наприклад, стискають у долоні цемент, і якщо він після розтулення кулака не грудкується, а розсипається, то цемент суттєво не втратив активності; якщо ж окремі частки агрегують (грудкуються), то цемент втратив активність і слід оцінити можливість його використання стандартним методом.



5.15 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... У 1824 році англієць Джозеф Аспдін запатентував цемент. В ратуші міста Лідса, де він народився є напис “Винахід цементу зробив весь світ його боржником”. Довго Джозеф Аспдін думав, як його назвати і вирішив використати назву місця, де добували природний камінь сірого кольору – місто в Англії Портланд. Російський вчений Єгор Челієв в 1825 році незалежно від англієця винайшов таку ж в’язучу речовину.

... Перший дослідив якості гідравлічного вапна Джон Сміт і у 1756 році використав його для будівництва морського маяка у м. Едісон.

... Протягом 1812-1813 рр. Люес Віцат досліджував штучне гідравлічне вапно. Різновид натурального гідравлічного вапна, отриманий Джеймсом Паркером у 1796 р в Англії, було названо римським цементом. Портландцемент набув великої популярності лише після 1850 р. Його ширшому застосуванню сприяло винайдення французьким садівником Джозефом Монером у 1867 році армованого бетону. У 1889 р. був збудований перший бетонний міст.

... На початку 60-х років на будівельних майданчиках Західної Європи вперше почали використовувати сухі цементні суміші, модифіковані полімерними добавками, здатними до редиспергації, отриманими висушуванням спеціальних водних дисперсій полімерів методом розпилювального сушіння. Після замішування з водою такі порошки можуть переходити у вихідний стан водних дисперсій, зберігаючи при цьому притаманні їм характеристики та функції полімерних в’язучих речовин. З часом розвиток будівельної хімії забезпечив

різноманітність та різне профілювання сухих будівельних сумішей та добавок, придатних для їх виготовлення.

... Лідерами у технології виготовлення сухих сумішей є компанії країн Скандинавії, ФРН, Австрії (біля 90 % будівельних та 100 % ремонтно-реставраційних робіт виконуються з використанням сухих сумішей).



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як одержують повітряне вапно?
2. Які є види вапна, як їх одержують і де застосовують?
3. Як одержують будівельний гіпс?
4. Назвіть основні властивості та галузі застосування будівельного гіпсу.
5. Що таке портландцемент, з якої сировини його виготовляють?
6. Який мінералогічний склад портландцементного клінкеру?
7. Які властивості має портландцемент, де він застосовується у будівництві?
8. Назвіть особливості твердіння портландцементу та корозії портландцементного каменю.
9. Які існують різновиди портландцементів?
10. Перелічіть назви спеціальних цементів.
11. Які властивості характерні для шлакопортландцементу?
12. Що таке глиноземистий цемент, які його властивості?
13. Як зберігають і транспортують цемент?
14. Що таке рідинне скло, які його властивості і застосування в будівництві?
15. Що належить до магнезійних в'язучих речовин?



ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

V. 1 (сировина)

I. Визначте, яку в'язучу речовину можна виготовити з вапняку, в якому знаходиться глини менше 5 %?

- 1) гіпс;
- 2) повітряне вапно;
- 3) портландцемент;
- 4) гідравлічне вапно.

II. Яку сировину потрібно використати на цементному заводі, щоб виготовити портландцементний клінкер?

- 1) мергель;
- 2) магнезит;
- 3) вапняк із вмістом глини до 6 %;
- 4) доломіт.

III. Для отримання каустичного доломіту необхідна гірська порода, яка має таку хімічну формулу:

- 1) $MgCO_3$;
- 2) $MgCO_3 \cdot CaCO_3$;
- 3) $CaSO_4$;
- 4) $CaCO_4$.

IV. Якщо випалити природний гіпсовий камінь при температурі 800...1000 °С, то отримаємо:

- 1) естрих-гіпс;
- 2) будівельний гіпс;
- 3) високоміцний гіпс;
- 4) супергіпс.

V. Повітряне вапно одержують при випалюванні:

- 1) природного гіпсового каменю;
- 2) вапняків з вмістом глини до 6 %;
- 3) вапняків з вмістом глини до 6...20 %;
- 4) граніту.

VI. Якщо випалювати вапняки і боксити, то отримаємо цемент:

- 1) глиноземистий;
- 2) гідрофобний;
- 3) шлаковий;
- 4) портландцемент.

VII. При тепловій обробці природного гіпсового каменю при температурі 110...160 °С отримуємо:

- 1) будівельний гіпс;
- 2) високоміцний гіпс;
- 3) естрих-гіпс;
- 4) високовипалюваний гіпс.

VIII. Якщо випалити, а потім помолоти вапняк з вмістом глини більше 20 %, то отримаємо:

- 1) повітряне вапно;
- 2) гідравлічне вапно;
- 3) портландцемент;
- 4) глиноземистий цемент.

IX. Яке в'язуче отримаємо при помелі клінкеру, гіпсу і доменного гранульованого шлаку:

- 1) гіпсошлаковий цемент;
- 2) шлакопортландцемент;
- 3) вапняково-шлаковий.

X. Основною сировиною для отримання розчинного скла є :

- 1) кварцовий пісок і сода;
- 2) вапняк і кварцовий пісок;
- 3) магнезит і кварцовий пісок;
- 4) кварцовий пісок і шлак.

V. 2. (виробництво)

I. Укажіть, який різновид портландцементу отримаємо, якщо при помелі портландцементного клінкеру ввести милонафт?

- 1) пластифікований;
- 2) гідрофобний;
- 3) сульфатостійкий.

II. Пластифікований портландцемент отримаємо, якщо при помелі портландцементного клінкеру введемо:

- 1) лігносульфонат в кількості 0,2 %;
- 2) милонафт 0,2 %;
- 3) асидол 0,2 %;

III. Якщо вапно гаситься водою в кількості 20 % від маси вапна, то виходить:

- 1) гідратне вапно; 2) вапняне молоко; 3) вапняне тісто.

IV. При помелі портландцементного клінкеру ввели лігносульфонат технічний. Назвіть вид отриманого цементу:

- 1) пластифікований; 2) гідрофобний; 3) сульфатостійкий;

V. Якщо кількість води для гашення вапна складає 70 % від маси вапна, то отримаємо:

- 1) гідратне вапно (вапно-пушонка);
- 2) вапняне тісто;
- 3) вапняне молоко;
- 4) вапно-кипілка;

VI. Якщо клінкер подрібнити з двоводним гіпсом в кількості 3,5 %, то утвориться:

- 1) естрих-гіпс;
- 2) глиноземистий цемент;
- 3) портландцемент;
- 4) фосфатний цемент.

VII. Якщо вихідні компоненти змішують з кількістю води 40 % від маси сухої речовини, то портландцемент виготовляють способом:

- 1) сухим; 2) мокрим; 3) комбінованим.

VIII. Якщо при виготовленні цементу клінкер перемелюють з гіпсом і активною мінеральною добавкою в кількості 21...30 %, то одержують цемент:

1) пуцолановий; 2) тампонажний; 3) гідрофобний.

IX. При спільному помелі портландцементного клінкеру 65...75% глиноземистого цементу 13...20 %, двоводного гіпсу 6...10 % одержують:

1) напружувальний цемент;
2) пластифікований портландцемент;
3) лужний цемент;
4) фосфатний цемент.

X. Якщо при помелі змішати 70...76 % глиноземистого цементу, 20...22 % напівводного гіпсу та 10...11 % високоосновного гідроалюмінату кальцію, то одержимо цемент:

1) гіпсоглиноземистий розширений;
2) водонепроникний розширений;
3) напружувальний.

V.3. (властивості)

I. Для приготування тіста з будівельного гіпсу стандартної консистенції потрібно води:

1) 30...40 %;
2) 50...70 %;
3) 28...32 %.

II. Строки тужавлення будівельного гіпсу нормального твердіння знаходяться в межах:

1) 6...20 хв;
2) 2...15 хв;
3) 4...25 хв.

III. Середнє руйнівне навантаження при випробуванні гіпсових половинок-балочок при стиску дорівнює 48 кН? Визначити марку гіпсу:

1) Г19; 2) Г22; 3) Г5; 4) Г50.

IV. Назвіть строки тужавлення каустичного магнезиту:

1) 6...20 хв; 2) 20 хв...6 год; 3) 45 хв...10 год.

V. Строки тужавлення портландцементу знаходяться в межах:

1) 45 хв...10 год; 2) 6...20 хв; 3) 20 хв...6 год.

VI. Насипна густина портландцементу знаходиться в таких межах:

1) 1300...1800 кг/м³;
2) 1000...1300 кг/м³;
3) 3000...3200 кг/м³.

VII. Середнє руйнівне навантаження при випробуванні портландцементних половинок балочок при стиску дорівнює 100 кН. Визначити марку портландцементу за міцністю:

- 1) 400; 2) 100; 3) 1000; 4) 40.

VIII. Для визначення марки цементу за міцністю потрібно визначити:

- 1) строки тужавлення;
- 2) границю міцності при стиску і згині;
- 3) насипну густину;
- 4) водопотребу цементу.

IX. Для випробування на міцність гіпсу, портландцементу виготовляють еталонні зразки:

- 1) 40×40×160 мм;
- 2) 40×40×100 мм;
- 3) 20×20×30 мм.

X. Що означає марка цементу за міцністю „400” ?

- 1) границя міцності при стиску еталонного зразка на 28 день;
- 2) границя міцності при стиску еталонного зразка на 7 день;
- 3) границя міцності при згині еталонного зразка на 28 день;
- 4) границя міцності при згині еталонного зразка на 7 день.

V.4. (застосування)

I. Який цемент краще застосовувати для виготовлення конструкції, яка буде працювати в умовах циклічного заморожування та відтавання:

- 1) пуцолановий портландцемент;
- 2) гідрофобний портландцемент;
- 3) портландцемент;
- 4) кольоровий портландцемент.

II. Для виготовлення залізобетонних колон у пропарювальній камері краще застосовувати цемент:

- 1) глиноземистий;
- 2) портландцемент;
- 3) ангідритовий цемент.

III. Для виготовлення облицювальних панелей морського причалу краще застосовувати цемент:

- 1) сульфатостійкий;
- 2) пластифікований портландцемент;
- 3) портландцемент.

IV. Для ремонтування бетонного фундаменту взимку потрібно застосовувати:

- 1) глиноземистий цемент;
- 2) портландцемент;

- 3) пластифікований портландцемент.
- V. Через який термін після гашення повітряного вапна можна застосовувати його для будівельного розчину?
- 1) 7 годин;
 - 2) 7 діб;
 - 3) 14 діб;
 - 4) 14 годин.
- VI. Необхідно бетонувати фундамент великих розмірів у липні місяці; який цемент застосовувати?
- 1) портландцемент;
 - 2) пуцолановий портландцемент;
 - 3) глиноземистий цемент.
- VII. Яку в'язучу речовину можна застосовувати при зимових роботах?
- 1) вапно негашене молоте;
 - 2) вапно-пушонка;
 - 3) портландцемент.
- VIII. Яке в'язуче застосовується для силікатизації ґрунтів:
- 1) вапно; 2) рідинне скло; 3) гіпс.
- IX. Будівельний гіпс застосовується:
- 1) для мурувального розчину;
 - 2) для штукатурного розчину;
 - 3) для виготовлення фундаментних блоків.
- X. Рідинне скло можна застосувати:
- 1) для штукатурки звичайних цегляних стін;
 - 2) для виготовлення керамічних каменів;
 - 3) для виготовлення жаростійкого бетону.

V.5. (транспортування, зберігання)

- I. Портландцемент через три місяці зберігання:
- 1) втрачає міцність на 20 %;
 - 2) втрачає міцність на 40 %;
 - 3) збільшує міцність на 20 %;
 - 4) збільшує міцність на 40 %.
- II. Негашене мелене вапно перевозять в:
- 1) бітумізованих паперових мішках;
 - 2) автосамоскидах;
 - 3) автоцистернах.
- III. Відповідність гіпсового в'язучого вимогам стандарту при дотриманні умов транспортування і зберігання при постачанні в тарі виготовлювач гарантує:
- 1) 60 діб; 2) 90 діб; 3) 45 діб; 4) 15 діб.

IV. Який вид цементу не потребує суворих пересторог при транспортуванні?

- 1) гідрофобний;
- 2) глиноземистий;
- 3) шлаковий.

V. Завод-виготовлювач гарантує відповідність цементу всім вимогам стандарту при дотриманні правил його транспортування і зберігання при поставці навалом для основних видів цементів:

- 1) 60 діб; 2) 45 діб; 3) 90 діб; 4) 75 діб.

VI. Гіпсові в'язучі без упакування транспортують в:

- 1) автосамоскидах;
- 2) бортових автомобілях;
- 3) автоцементовозах.

VII. Вкажіть ефективний спосіб зберігання вапняного тіста:

- 1) творильна яма; 3) в мішках;
- 2) в автоцементовозах; 4) в закритих ємкостях.

VIII. Скільки можна зберігати негашене мелене вапно?

- 1) не більше 30 діб; 3) не більше 2 діб;
- 2) не більше 15 діб; 4) не більше 5 діб.

IX. Скільки часу потрібно витримувати гашене вапно в гасильних ямах?

- 1) не менше 14 діб; 3) не менше 10 діб;
- 2) не більше 14 діб; 4) не більше 10 діб.

X. Якщо при визначенні якості в польових умовах цемент при стисканні в кулаці грудкується, то він:

- 1) втратив якість;
- 2) почав знижувати активність;
- 3) не змінив активність.

V. 6 (характерні відмінності)

I. Яка кількість мінералу аліту знаходиться у портландцементному клінкері:

- 1) 20...30 %;
- 2) 4...14 %;
- 3) 45...60 %;
- 4) 10...18 %.

II. Яка формула мінералу "беліт" ?

- 1) $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$;
- 2) $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$;
- 3) $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$;
- 4) $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$

III. Головну роль у синтезі міцності каменю на ранніх стадіях твердіння відіграє:

- 1) аліт;
- 2) беліт;
- 3) алюмінат;
- 4) алюмоферит.

IV. Для зниження швидкості корозії I типу цементного каменю необхідно:

- 1) збільшити у складі цементу вміст C_3S до 50 %;
- 2) зменшити у складі цементу вміст C_3S до 5 %;
- 3) зменшити у складі цементу вміст C_3S та C_3A ;
- 4) збільшити у складі цементу вміст C_3A .

V. Що служить сповільнювачем твердіння будівельного гіпсу?

- 1) поварена сіль;
- 2) сірчаноокислий натрій;
- 3) клей тваринний.

VI. Чим характерний каустичний магнезит?

- 1) відрізняється високою водостійкістю;
- 2) замішують з розчином солей магнію;
- 3) замішують рідинним склом.

VII. Скорочення строків тужавлення гіпсових в'язучих здійснюється при:

- 1) збільшенні тонини помелу;
- 2) збільшення водогіпсового відношення;
- 3) зниженні температури.

VIII. Щоб продовжити строки тужавлення гіпсових в'язучих необхідно:

- 1) знизити температуру води;
- 2) підвищити температуру води;
- 3) зменшити кількість води.

IX. Хімічною формулою гашеного вапна є:

- 1) $Ca(OH)_2$;
- 2) CaO ;
- 3) $CaCO_3$;
- 4) $CaSO_4$.

X. Для визначення тонини помелу цементу використовують:

- 1) сито № 08;
- 2) сито № 008;
- 3) сито № 02;
- 4) сито № 05.

РОЗДІЛ 6. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ

6.1 ВИДИ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Будівельний розчин — штучний камінь, що є продуктом затвердіння розчинової суміші. Розчинова суміш складається з в'язучої речовини, води, дрібного заповнювача і, в деяких випадках, добавок.

Будівельні розчини класифікуються за видом в'язучої речовини, призначенням, міцністю, морозостійкістю, середньою густиною, складом:

- за видом в'язучої речовини розчини бувають цементні, вапняні, гіпсові, цементно-глиняні, цементно-вапняні, вапняно-гіпсові;
- за призначенням — для кам'яної кладки та монтажу конструкцій, опоряджувальні, спеціальні;
- за міцністю при стиску — марок М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150 М200;
- за морозостійкістю — марок F10... F300;
- за середньою густиною — важкі ($\rho_m > 1500 \text{ кг/м}^3$) і легкі (ρ_m до 1500 кг/м^3);
- за складом — прості та складні.

Склад розчину позначають співвідношенням матеріалів, беручи витрату в'язучої речовини за одиницю. Склад простих розчинів позначають співвідношенням $1 : X$, де 1 — частина в'язучої речовини, а X — частина дрібного заповнювача. Склад складних або мішаних розчинів — $1 : X : Y$, де 1 — витрата основної в'язучої речовини, X — допоміжної в'язучої речовини, а Y — дрібного заповнювача.

Вода для будівельних розчинів має бути без домішок, які можуть спричинити корозію в'язучої речовини; використовують переважно питну воду. Дрібним заповнювачем найчастіше є природні піски чи подрібнені гірські породи.

Із мінеральних добавок у розчин вводять глину, вапняне тісто, діатоміт, трепел, мелені шлаки, золи ТЕС. Добавки підвищують водоутримувальну здатність, дають можливість економити цемент, полегшують укладання розчинової суміші.

Поверхнево-активні добавки (омилений деревний пек, каніфольне мило, милонафт, асидол) також поліпшують укладальність сумішей та підвищують морозостійкість, знижують водопоглинання розчинів. Якщо розчин застосовують взимку, то до його складу вводять прискорювачі твердіння хлорид кальцію, хлорид натрію та протиморозні добавки.).

6.2 ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНОВОЇ СУМІШІ

Для розчинової суміші відповідно до ДСТУ Б В.2.7-239:2010 визначають такі властивості: рухомість, середню густину, розшаровуваність, водоутримувальну здатність, водовідділення.

Основною характеристикою розчинової суміші є легкоукладальність, яка залежить від рухомості і водоутримувальної здатності.

Рухомість розчинової суміші – це здатність легко укладатися по будь-якій поверхні рівним шаром. Ступінь рухливості визначають стандартним конусом (рис. 6.2) масою 300 г. Конус занурюється в розчинову суміш на деяку глибину, що є показником рухливості (осадка конуса), яку визначають у сантиметрах. Рухливість залежить від кількості води, складу і властивостей вихідних матеріалів. Щоб підвищити рухливість будівельних розчинів, до їхнього складу вводять пластифікуючі поверхнево-активні добавки. Рухливість задають за видом і призначенням розчину, вона лежить у межах 3...14 см.

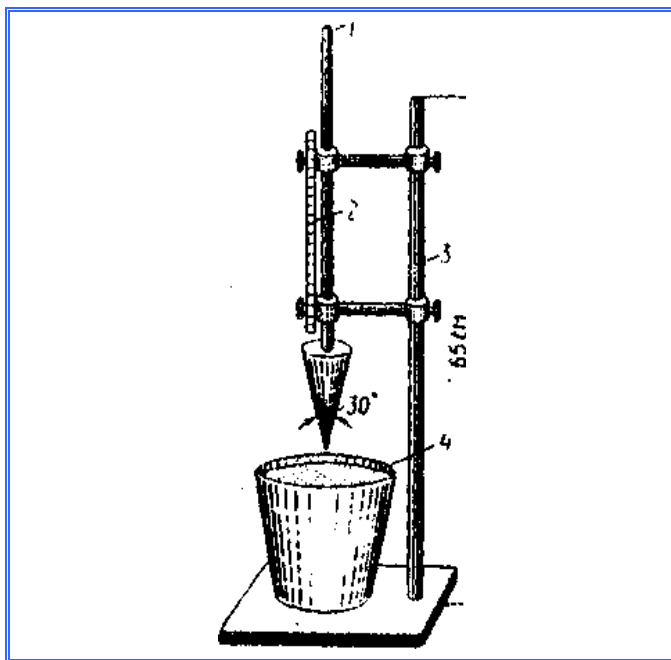


Рис. 6.2. Стандартний конус:
1 – рухомий стержень з конусом;
2 – лінійка з поділками;
3 – штатив;
4 – посудина для розчинової суміші

Розшаровуваність розчинової суміші, яка характеризує її зв'язність при динамічній дії, визначається порівнянням вмісту маси заповнювача у нижній і верхній частинах свіжо відформованого зразка розмірами 150×150×150мм.

Водоутримувальну здатність визначають випробуванням шару розчинової суміші завтовшки 12 мм, викладеної на фільтрувальний папір.

Водоутримувальна здатність впливає на здатність розчинової суміші не розшаровуватися під час транспортування. Водоутримувальна здатність залежить від співвідношення вихідних матеріалів, наявності добавок у складі розчину, виду в'язучої речовини. Якщо на поверхні розчинової суміші через 10...15 хв. з'являється вода, то водоутримувальна здатність низька: до складу суміші потрібно ввести поверхнево-активні добавки або додати в'язучої речовини. При роботі з розчином потрібно зволожувати основу, на яку він буде укладатися (камені, плитки тощо).

6.3 ВЛАСТИВОСТІ РОЗЧИНУ

Для розчину визначають такі властивості: границю міцності при стиску, згині, розтягу при розколюванні, усадку, середню густину, вологість, водопоглинання, морозостійкість розчину.

Міцність розчину залежить від активності в'язучої речовини, водоцементного відношення, умов і часу твердіння.

Міцність розчину характеризують маркою, яка визначається границею міцності при стиску кубика розміром 70,7×70,7×70,7 мм або призми квадратного перерізу 40×40×160 мм, випробовуваних через 28 діб твердіння у стандартних умовах.

Міцність розчину на розтяг при розколюванні визначають на зразках-кубах із ребром 70,7 мм.

Міцність розчину, взятого із швів визначають шляхом випробування при стиску кубів із ребрами 2...4 см, виготовлених з однієї або двох пластин, які були взяті з горизонтальних швів мурування або стиків крупнопанельних конструкцій.

Пластини виготовляють у вигляді квадрата, сторона якого повинна в 1,5 раза перевищувати товщину пластинки, яка дорівнює товщині шва.

Середню густину, вологість, водопоглинання, морозостійкість визначають на зразках-кубах із ребром 70,7 мм.

6.4 МУРУВАЛЬНІ ТА МОНТАЖНІ РОЗЧИНИ

Для кладки стін та монтажу конструкцій будівель застосовують різні за складом розчини, що визначаються вимогами до міцності конструкцій. Мурувальні розчини для підземних споруд, кладки нижче гідроізоляційного шару виготовляють на основі цементу. Для зведення наземних частин будівель, що зазнають невеликого навантаження, використовують вапняні розчини, і в інших випадках – цементно-вапняні та цементно-глиняні розчини.

Склад розчину визначається за табл. 6.4.

Рухливість мурувальних розчинів за призначенням і методом укладання вибирають такою: для кладки із щільних каменів та цегли – 9...13 см, із керамічних каменів і порожнистої цегли – 7...8 см, для бутової кладки – 4...6 см. У розчини, які застосовують взимку, вводять хімічні добавки, які знижують температуру замерзання води (нітрит натрію тощо).

Таблиця 6.4

Склад розчину для кладки

Марка цементу	Склад за об'ємом для розчину марки			
	100	75	50	25
<i>Цементно-глиняний, цементно-вапняний</i>				
500	1 : 0,5 : 5,5	1 : 0,8 : 7,0	–	–
400	1 : 0,4 : 4,5	1 : 0,5 : 5,5	1 : 0,9 : 8	–
300	1 : 0,2 : 3,5	1 : 0,3 : 4,0	1 : 0,6 : 6	1 : 0,4 : 10
200	–	1 : 0,1 : 2,6	1 : 0,3 : 4	1 : 0,8 : 7,0
<i>Цементний</i>				
500	1 : 5,5	1 : 6,0	–	–
400	1 : 4,5	1 : 5,5	–	–
300	1 : 3,0	1 : 4,0	1 : 6	–
200	–	1 : 2,5	1 : 4	–

6.5 ОПОРЯДЖУВАЛЬНІ РОЗЧИНИ

Опоряджувальні розчини поділяють на штукатурні та декоративні.

Штукатурні розчини готують на цементах, цементно-вапняних, вапняно-гіпсових, вапняних та гіпсових в'язучих. Основні вимоги до штукатурних розчинів – необхідна рухливість, добре зчеплення з основою. Рухливість частково залежить від способу нанесення штукатурки: при механізованому нанесенні підготовчого шару рухливість розчину 6...10 см, а при ручному – 8...12 см. Для оздоблювального шару рухливість розчину 8...12 см.

Вибір в'язучого залежить від умов експлуатації та основи, на яку їх наносять. Цементні та цементно-вапняні розчини призначені для зовнішніх поверхонь та конструкцій, що працюють в умовах підвищеної вологості, розчини з гіпсом – для поверхонь, що експлуатуються в умовах низької та нормальної вологості.

Декоративні розчини виготовляють на білому та кольорових портландцементях, вапні та кольорових гірських породах із введенням різних пігментів. Застосовують їх для опорядкування лицьових

поверхонь стінових панелей, великих стінових блоків, фасадів. Кольорові вапняно-піщані розчини готують з вапняного тіста (10 частин), цементу (1 частина), піску (30 частин) і барвників.

Склад *теразитових розчинів* – цемент (1...2 частини), вапно (3...6 частин), пісок (4...10 частин), слюда, мармурова крихта і пігменти. Кам'яні штукатурки, що імітують гірські породи, готують з білого цементу, вапняного тіста і крихти з мармуру, граніту, лабрадориту.

6.6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗЧИНИ

Гідроізоляційні розчини застосовують для опоряджувальних робіт при спорудженні сховищ рідких продуктів, штукатурки стін підвалів, підлоги тощо, їх виготовляють на цементах високих марок і кварцовому піску. В агресивних середовищах застосовують сульфатостійкий водонепроникний портландцемент. Склад гідроізоляційних розчинів за об'ємом – 1:1...1 : 3,5. У розчини вводять добавки (алюмінат натрію, хлорне залізо, бітумну емульсію, латекси).

Ін'єкційними розчинами заповнюють канали попередньо напружених конструкцій. Вони виготовляються із цементного тіста, цементно-піщаного розчину. Витрати цементу – 1100...1300 кг на 1 м³ розчину і 1400...1600 кг на 1 м³ тіста. Марка цементу – не нижче 400, а марка розчину – 300 і вище.

Тампонажні розчини застосовують для тампонування нафтових свердловин, тунелів. Виготовляють їх на основі тампонажною портландцементу, шлакопортландцементу, пуцоланового та сульфатостійкого портландцементів.

Акустичні розчини застосовують у звукопоглинальній штукатурці. Готують їх на основі портландцементу, шлакопортландцементу, вапна, гіпсу, каустичного магнезиту. Заповнювачі – пемза, шлаки, керамзит, перліт тощо; $\rho_m = 600...1200 \text{ кг/м}^3$.

Рентгенозахисними розчинами оштукатурюють стіни, стелі, підлоги в рентген-кабінетах. В'язучі – портландцемент, шлакопортландцемент. Заповнювачі – барит, добавки – кадмій, літій та ін; $\rho_m > 2200 \text{ кг/м}^3$.

6.7 СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ

Винахід у 1957 році методу виготовлення порошоків, здатних до *редиспергації*, та впровадження його у промислове виробництво відкрило нові якісні та економічні перспективи розвитку ще однієї галузі виробництва будівельних матеріалів – сухих будівельних сумішей. Наслідком швидкого становлення виробничої та науково-технічної бази

цієї галузі було створення практично необмеженого спектра високоефективних будівельних розчинів – від мурування стін і опорядження будівель до покриття автомагістралей та спорудження промислових об'єктів.

На сьогодні сухі суміші практично витіснили „мокре” виробництво розчинів. Унікальні властивості і широкий асортимент сухих сумішей дозволяють використовувати їх при виконанні всіх видів будівельних робіт (оздоблення, теплоізоляція, гідроізоляція, відновлення тощо) у житловому, промисловому і спеціальному будівництві (упорядження високоміцних підлог, відновлення аеродромного покриття, гідроізоляція споруд тощо).

Розчини і бетони із сухих будівельних сумішей, порівняно з традиційними, мають ряд переваг, а саме: мінімум операцій для переведення сухих сумішей в робочий стан (замішування водою); зниження на 5...7 % відходів розчину за рахунок застосування пластифікуючих і водоутримуючих домішок; стабільність показників сухих сумішей і розчинів на їхній основі в результаті точного дозування компонентів і ефективності змішування; підвищення продуктивності в 1,5...3 рази за рахунок покращення пластичних якостей розчинових сумішей і механізації робіт; зменшення на 10...15 % транспортних витрат і підвищення якості робіт.

Сухі будівельні суміші – це порошкоподібні композиції, що складаються із мінеральної або органічної в'язучої речовини, наповнювачів та заповнювачів, добавок, які виготовляють у заводських умовах. На місці проведення робіт сухі суміші змішують з водою до отримання розчинової суміші необхідної консистенції.

Асортимент продукції є практично необмеженим – бетони, мурувальні розчини, штукатурки, клеї, шпатлівки, підлоги, що здатні до самовирівнювання.

Спеціальні властивості сухих будівельних сумішей визначаються їхніми галузями застосування (морозостійкість, гідрофобність, термостійкість, адгезійні властивості). Гарантована якість сухої суміші забезпечується за рахунок високої технологічності заводських процесів та сучасним рівнем будівельної хімії.

Світовий досвід застосування сухих будівельних сумішей свідчить про їхню високу ефективність і переваги порівняно з традиційними методами проведення робіт, а саме: підвищення продуктивності праці в 1,5...5 разів залежно від виду робіт, зниження матеріаломісткості порівняно з традиційними технологіями у 3...10, стабільність складів, що гарантує отримання матеріалів із заданими властивостями, і, як наслідок, підвищення якості будівельних робіт, збільшення тривалості зберігання без зміни властивостей, можливість транспортування і

зберігання при від'ємній температурі, а також зниження витрат при транспортуванні, зберіганні та використанні матеріалів.

Вихідні матеріали для сухих сумішей можуть бути мінеральними та органічними в'язучими, наповнювачами і заповнювачами, добавками.

Як мінеральні в'язучі використовують портландцемент, в тому числі білий та кольоровий, глиноземистий цемент, вогнетривкий цемент, гіпсові в'язучі, вапно.

Наповнювачі та заповнювачі це природні дисперсні і механічно-дисперговані неорганічні та органічні речовини різної структури.

Природні дисперсні речовини – це глини (бентоніт, каолініт), доломіт, оміакарб (мармурова мука), маршаліт (аморфний кремнезем), природна збагачена крейда, кварцовий пісок, які мають розмір частинок від 2 до 640 мкм.

Природні механічно-дисперговані речовини представлені слюдою, тальком, вермикулітом, перлітом, пилоподібним меленим кварцом із розміром частинок від 5 до 600 мкм. До природних механічно-диспергованих волокнистих відносять азбест з довжиною волокон 1,5...3,5 мм, до синтетичних волокнистих – поліпропіленові та поліамідні волокна завдовжки 6,5...7,5 мкм.

У сухих сумішах, що призначені для відновлення бетонних і залізобетонних конструкцій, як заповнювач застосовують піски більш крупної фракції, а також дрібнозернистий щебінь фракції 3...10 мм.

Одним з основних компонентів сухих сумішей є добавки – водоутримувальні, пластифікатори, піногасники, пігменти, емульгатори, регулятори тужавлення та твердіння, гідрофобізатори, пороутворювачі, стабілізатори та ін. В складах сухих сумішей найбільш розповсюджені добавки у порошкоподібному стані.

Як пігменти застосовують неорганічні речовини, що за хімічним складом є оксидами титану, феруму та хрому, або солями, наприклад, залізну лазур.

Затиральні суміші – це декоративні кольорові композиції (відомі як *фуги*), що використовують для зовнішніх і внутрішніх робіт при заповненні швів між облицювальними плитками на вертикальних та горизонтальних поверхнях з метою надання закінченого декоративного вигляду облицюванню.

Ці матеріали повинні також сприймати частину напружень, що виникають на усій поверхні покриття, захищати конструкції від механічних пошкоджень та проникнення води, мати добру адгезію до усіх частин плитки, низьку усадку, достатню еластичність, тріщиностійкість, опір стиранню, ударну міцність та низьке капілярне всмоктування.

Полімермінеральні штукатурки зазвичай поділяють на дві групи: цементні та гіпсомістки.

Цементні (або цементомістки) штукатурки призначені для оздоблення фасадів і складаються із цементу, вапна, наповнювачів (кварцового піску і білих карбонатів), полімерного компонента, уповільнювачів тужавлення, водоутримувальних та реологічних добавок, а при необхідності, і армуючих матеріалів. Карбонатні наповнювачі (мармуровий дрібняк або вапняк) можна застосовувати додатково або замість кварцових пісків. Підвищення вмісту цементу в складі вапняно-цементного розчину обумовлює високу міцність при стиску, ударну міцність, водозахисні властивості, але призводить до утворення тріщин внаслідок жорсткості розчину. З підвищенням вмісту гашеного вапна поліпшуються технологічні властивості.

Декоративні штукатурки – це товстошарове покриття, яке має визначену структуру. Структура залежить від типу, розміру і форми наповнювача (заповнювача), технологічного прийому нанесення і виду застосовуваного інструменту. Вони постачаються у вигляді сухих сумішей або готовими до застосування. Декоративні акрило-латексні штукатурки використовуються в якості фінішного покриття на фасадах та інтер'єрах. Існують різні типи фактури (рис. 6.7), які мають у своєму складі зерна різної фракції для отримання малюнку. Штукатурки тонуються більш ніж у 800 відтінків, та завдяки використанню високоякісних колорантів не вигорають при експлуатації.



Рис. 6.7. Типи фактури акрилових штукатурок:
а – коройд; б – шуба;
в – вільний вибір типу фактури

Суміш для обрізки призначена для отримання рівномірного закріплюючого шару, який має бути солестійким. Його виконують на поверхні у вигляді сітки, що покриває не менш 70 % площі завтовшки 5 мм.

Гіпсомісткі штукатурки призначені для оздоблення внутрішніх поверхонь приміщень. Вони складаються із гіпсу, вапна, наповнювачів, уповільнювачів тужавлення, полімеру та водоутримувальної добавки. Залежно від типу і кількості компонентів розрізняють гіпсопіщані, гіпсовапняні або вапняно-гіпсові суміші. Основними перевагами гіпсомістких сумішей є висока міцність і твердість, швидкість тужавлення, що регулюється використанням добавок, відносно низька теплопровідність (є важливою для штукатурок та гіпсокартонних плит), низька звукопровідність, висока паропроникність, добра хімічна стійкість і вогнестійкість, невисока вартість. Основним недоліком є низька водостійкість, а також неможливість спільної роботи з основою, що містить гідравлічну в'язучу речовину.

Перевагами гіпсомістких сумішей із полімерними добавками є підвищення водостійкості, збільшення адгезії до різних основ, підвищення міцності, опору стиранню, деформативності, уповільнення строків тужавлення. Часто поверхня, оштукатурена гіпсомісткими сумішами, є готовою для фарбування та обклеювання шпалерами. Порівняно із цементно-піщаними штукатурками, гіпсові мають меншу витрату (10 кг на 1 м² при товщині шару 10 мм).

Суміші для підлог та стяжок. У сучасних будівлях і спорудах підлога є горизонтальною багатошаровою конструкцією, кожний шар якої має своє певне функціональне призначення. Ця конструкція складається із основи, підкладального шару, звукоізоляції, теплоізоляції, стяжки, гідроізоляції, ґрунтовки та верхнього шару покриття. Підлоги повинні мати високі показники якості за міцністю, деформативністю, зносостійкістю, тріщиностійкістю, корозійною стійкістю та декоративністю. Комплексом таких властивостей відрізняються наливні підлоги, отримані з використанням полімерних в'язучих речовин.

Як мінеральні в'язучі матеріали використовують портландцемент, високоалюмінатний цемент, гіпс, ангідритовий цемент. Заповнювачем є кварцовий пісок із максимальним розміром зерен до 0,4 мм, наповнювачами – карбонатні породи або зола-винесення.

6.8 СУЧАСНІ РОЗЧИНИ

Реактивні порошкові композити – це спеціальні високоміцні фібронатовнені розчини з великим вмістом мікрокремнезему і хімічних добавок, зокрема, суперпластифікаторів. Міцність при стиску таких

систем може досягти 200...300 МПа, а міцність на розтяг при згині – до 100 МПа. При цьому для отримання композитів з міцністю до 200 МПа досить простого витримування приготуваних розчинів при температурі приблизно 90 °С, а для синтезу особливо високоміцних матеріалів необхідна спеціальна техніка і температура приблизно 400 °С.

Зовнішнє оздоблення декоративними штукатурками, що імітують бучардовану фактуру природного каменю (граніт, мармур та ін.), ведеться в такій послідовності: на висушений, попередньо змочений підготовчий шар, що має насічку для кращого зчеплення, наносять шар товщиною 1 – 2 мм сметаноподібного цементного розчину, що складається з цементу і води, потім без перерви – шар товщиною 5 – 6 мм декоративного розчину. Суміш має бути напівсухою. Її накладають кельмою на поверхню і розрівнюють. Для одержання фактури поверхні каменю, обробленого „під бучарду”, суміш ущільнюють спеціальним штампуванням розмірами 150×150 мм із бронзи або нержавіючої сталі з рельєфною поверхнею у вигляді виступаючих зубів. Після висихання лицьового шару протягом трьох-чотирьох днів поверхню промивають 10 %-ним розчином соляної кислоти, а потім – водою.

Вапняно-піщані кольорові штукатурки за зовнішнім виглядом імітують піщаник. Колір штукатурці додає наповнювач або пігмент.

Фактуру під „травертин” одержують у такий спосіб: на підготовлену поверхню окремими кидками наносять тонкий шар кольорового розчину, злегка заглажуючи сталевим полутерком. При цьому площину цілком розчином не заповнюють, у результаті чого одержують фактуру у вигляді каверн на гладкому тлі, що нагадує фактуру декоративного каменю травертину.

Теразитову штукатурку наносять після того, як підготовчий шар затвердіє по всій поверхні. Перед нанесенням декоративного розчину поверхню рясно змочують водою. Наносити шар необхідно в один прийом на площу, обмежену рустами, пілястрами, віконними прорізами та ін. Розчин наносять звичайним способом за два-три рази залежно від товщини накривочного шару і розрівнюють напівтерткою. Після цього штукатурка протягом приблизно 24 год (залежно від температури повітря) повинна тверднути доти, поки верхній шар при затеранні не починає обсипатися. Потім приступають до остаточної обробки оштукатуреної поверхні – циклюванню, яке виконують спеціальною терткою-дошкою. У тертку в шаховому порядку з відстанню 15 мм набивають цвяхи, що виступають на 10...15 мм. Цією терткою зверху вниз проводять по поверхні лицьового шару, у результаті чого з нього випадають окремі зерна гравію. Поверхня виходить пористою з невеликими заглибленнями від гравію, що висипався, і частково розчину. Теразитова штукатурка

робиться гладкою по всій поверхні або з рустами, що розрізають фасад на окремі ділянки.



6.9 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... В часи Петра I під час приготування розчину для кладки внутрішніх стін використовували тільки гірські піски. Вважалось, що якщо використати для цієї цілі річковий пісок, то стіни будуть „потіти”.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається будівельним розчином?
2. Які властивості притаманні розчиновій суміші?
3. Які види будівельних розчинів готують для кладки стін?
4. Як визначити марку розчину? Які є марки?
5. Назвіть види штукатурних розчинів.
6. Як готують декоративні розчини?
7. Назвіть види опоряджувальних розчинів.
8. Як готують гідроізоляційні розчини?
9. Назвіть види спеціальних розчинів.
10. Як готують акустичний розчин?



ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

VI.1. (сировина)

I. Якщо змішати цемент, пісок, глину і воду, то отримаємо:

- 1) бетонну суміш;
- 2) розчинову суміш;
- 3) газобетонну суміш.

II. Розчин від бетону відрізняється:

- 1) відсутністю крупного заповнювача;
- 2) відсутністю в'язучої речовини;
- 3) наявністю щебеню чи гравію.

III. На основі якої в'язучої речовини виготовляють мурувальні розчини для підземних споруд?

- 1) вапна;
- 2) гіпсу;
- 3) цементу.

IV. Для штукатурки стін в житловій кімнаті розчин можна приготувати на основі:

- 1) портландцементу;
- 2) глиноземистого цементу;
- 3) вапна;
- 4) напружувального цементу.

V. Для штукатурних розчинів не допускається пісок з розмірами зерен:

- 1) більше 2,5мм;
- 2) менше 2,5мм;
- 3) більше 1,0мм.

VI. Для декоративних розчинів застосовують піски з модулем крупності:

- 1) від 1 до 2,2;
- 2) більше 2,5;
- 3) менше 1.

VII. Дайте назву розчину, який виготовили на основі вапна, піску, цементу, мармурової крихти:

- 1) рентгенозахисний; 2) теразитовий; 3) каменеподібний.

VIII. Яка сировина потрібна для виготовлення гідроізоляційного розчину?

- 1) портландцемент, пісок, хлорне залізо;
- 2) портландцемент, пісок
- 3) портландцемент, пісок, магнезит.

IX. Якщо до складу розчинової суміші входить портландцемент, баритовий пісок і кадмій, то після затвердіння утвориться розчин:

- 1) акустичний;
- 2) рентгенозахисний;
- 3) тампонажний;
- 4) ін'єкційний.

X. Для приготування розчину, що твердіє на морозі, необхідно ввести таку добавку:

- 1) асидол; 2) поташ; 3) кадмій.

VI.2. (властивості)

I. Рухомість розчинової суміші визначають в см на приладі:

- 1) стандартний конус; 2) прилад Віка; 3) дуктилометр.

II. Як впливає на міцність розчину збільшення В/Ц відношення?

- 1) не впливає; 2) міцність збільшується; 3) міцність зменшується.

III. Марка розчину за міцністю визначається на зразках:

- 1) 7,07×7,07×7,07см;
- 2) 10×10×10см;
- 3) 15×15×15см.

IV. Яка марка розчину, якщо стандартний кубик при випробуванні на стиск зруйнувало навантаження 50 кН?

- 1) 50;
- 2) 100;
- 3) 75;
- 4) 200.

V. Марка розчину визначається за:

- 1) границею міцності при стиску;
- 2) границею міцності при згині;
- 3) строками тужавлення.

VI. Якщо склад цементного-вапняного розчину 1:0,5:6, то необхідно взяти піску за об'ємом:

- 1) 1 частину;
- 2) 0,5 частину;
- 3) 6 частин.

VII. Акустичні розчини повинні мати середню густину:

- 1) 600...1200 кг/м³;
- 2) не менше 1200 кг/м³;
- 3) 200...600 кг/м³;
- 4) не більше 600 кг/м³.

VIII. Рухомість штукатурних розчинових сумішей для оздоблювального шару повинна бути:

- 1) 6...8 см;
- 2) 8...20 см;
- 3) 8...12 см.

IX. Якщо глибина занурення конуса 4...6 см, то розчин можна застосувати для:

- 1) бутової кладки;
- 2) кладки із керамічної цегли;
- 3) штукатурки стін.

X. Середня густина рентгенозахисних розчинів повинна бути:

- 1) 1000...1500 кг/м³;
- 2) 1500...2000 кг/м³;
- 3) більше 2200 кг/м³;
- 4) менше 2000 кг/м³.

VI.3. (застосування)

I. Для підземного будівництва застосовують розчини:

- 1) цементні;
- 2) вапняні;
- 3) гіпсові.

II. Розчин виготовлений на кольоровому портландцементі застосовують для:

- 1) мурування фундаменту;
- 2) для мурування стін;
- 3) для оздоблення фасаду стін.

III. Розчинова суміш, виготовлена з кольорових гірських порід, застосовується для:

- 1) кладки фундаменту;
- 2) кладки цегляних стін;
- 3) опорядження лицьових поверхонь стін;
- 4) захисту від вогню.

IV. Цементно-глиняний розчин можна застосувати:

- 1) для кладки фундаменту;
- 2) для кладки цегляних стін;
- 3) для захисту від вогню.

V. Теразитову штукатурку застосовують:

- 1) у рентгенівському кабінеті;
- 2) у кухні;
- 3) для фасаду;
- 4) для гідроізоляції.

VI. Яка може бути товщина розчинового шва при муруванні стін із цегли:

- 1) 5...6 мм;
- 2) 10...12 мм;
- 3) 15...20 мм.

VII. В агресивному середовищі для розчину застосовують портландцемент:

- 1) сульфатостійкий;
- 2) гідрофобний;
- 3) білий.

VIII. Для заповнення каналів попередньо напружених конструкцій застосовують розчин:

- 1) тампонажний;
- 2) ін'єкційний;
- 3) акустичний.

IX. Тампонажний розчин готують на:

- 1) пуцолановому цементі;
- 2) глиноземистому цементі;
- 3) вапні.

X. Якщо у розчиновій суміші є добавка шамотного порошку, то після її затвердіння утвориться розчин:

- 1) тампонажний;
- 2) вогнетривкий;
- 3) гідроізоляційний.

РОЗДІЛ 7. БУДІВЕЛЬНІ БЕТОНИ

7.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО БЕТОНИ

Бетон – це штучний каменеподібний матеріал, результат тверднення раціонально дібраної суміші в'язучого, заповнювачів, води і, у разі потреби, спеціальних добавок. До затвердіння цю суміш називають бетонною.

Змінюючи склад бетонної суміші, можна в період формування надавати виробам і конструкціям практично будь – якої конфігурації та розмірів, а після затвердіння одержувати задані в широкому діапазоні властивості щодо міцності, щільності, теплопровідності. Ці можливості тепер значно зростають завдяки науковим успіхам у пошуку різного роду добавок.

Суміш ретельно гомогенізують у бетонозмішувачах різної конструкції, укладають в опалубку або форми й ущільнюють механізованими способами. Відформована суміш твердне в природних, а з метою прискорення тверднення – в штучних тепловологових умовах (пропарювання, автоклавна обробка, електропрогрівання, безпарове прогрівання, попереднє розігрівання тощо) з додержанням спеціальних режимів або при введенні комплексу хімічних добавок.

Бетон – один з основних видів будівельних матеріалів. У загальній вартості матеріальних ресурсів, використовуваних у капітальному будівництві, вартість збірних та монолітних бетонних виробів і конструкцій становить майже 25 %.

Одночасно бетон є економічним матеріалом, оскільки вироби з нього більш як на 80 % об'єму складаються з місцевої сировини: піску, щебеню, гравію чи побічних продуктів промисловості у вигляді шлаків, золи тощо.

В останні десятиріччя сфера і обсяги застосування бетонів різних видів розширюються у зв'язку з тим, що поряд із збірним будівництвом все більшу увагу наших будівельників привертає зведення будівель і споруд із монолітного бетону і залізобетону.

Взагалі, сучасне будівництво неможливе без бетону. Сьогодні світовий об'єм застосування бетону 2 млрд. м³ за рік. Це один із найбільш масових будівельних матеріалів, який значною мірою визначає рівень розвитку цивілізації. Бетон, без сумніву, залишиться основним конструкційним матеріалом в оглядовому майбутньому.

Серед усіх матеріалів, які застосовують у будівництві, тільки бетон має унікальну, неоціненну властивість – його міцність та інші фізико-механічні властивості протягом багатьох десятиріч, тобто за весь час експлуатації в конструкціях не знижується, як це характерно для

переважної більшості будівельних матеріалів, а навпаки – підвищуються, його структура постійно удосконалюється.

У зв'язку з численністю видів, складів і властивостей бетонів їх класифікують за такими ознаками:

- за основним призначенням – *конструкційні; спеціальні* (жаро- та хімічно стійкі, дорожні, гідротехнічні, декоративні, радіаційно-захисні, теплоізоляційні тощо);
- за видом в'язучого – цементні, вапняні, гіпсові, шлакові, спеціальні;
- за структурою – *щільні, поризовані, ніздрюваті, крупно пористі*;
- за середньою густиною в сухому стані:
 - *особливо важкий* середньою густиною понад 2500 кг/м^3 . Такий бетон на заповнювачах із звичайних щільних гірських порід одержати не вдається, тому використовують барит, залізні руди, сталеві ошурки, стружки;
 - *важкий (звичайний)* середньою густиною $2200\text{...}2500 \text{ кг/м}^3$ на заповнювачах із щільних гірських порід (щебінь, гравій, пісок). Це найпоширеніший різновид бетону;
 - *полегшений* середньою густиною $2000\text{...}2200 \text{ кг/м}^3$ на заповнювачах зниженої щільності (вапняк-черепашник, цегельний бій);
 - *легкий* середньою густиною $500\text{...}2000 \text{ кг/м}^3$ на природних і штучних пористих заповнювачах (вулканічні та вапнякові туфи, пемза, керамзит, шлакова пемза, аглопорит);
 - *особливо легкий* середньою густиною до 500 кг/м^3 ; це насамперед ніздрюваті бетони та бетони на особливо легких заповнювачах (спучені перліт і вермикуліт);
- за розмірами заповнювача: *крупнозернистий* – із заповнювачем найбільшою крупністю від 10 до 150 мм; *дрібнозернистий* – із заповнювачем найбільшою крупністю 10 мм. Різновидом його є цементно-піщаний бетон з крупністю піску до 5 мм, який відрізняється від розчину вищими вимогами щодо піску і більшим вмістом цементу.

7.2 ВАЖКИЙ БЕТОН. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

Для формування бетону заданих властивостей потрібно до відповідних матеріалів поставити певні вимоги.

Вибір цементу залежить від умов експлуатації конструкції та заданої міцності бетону. Марку цементу вибирають так, щоб витрата його була раціональна. Така умова виконуватиметься, коли марка цементу в 1,1...1,5 рази більша за марку бетону:

Марка бетону	100	200	250	300	400	500	600
Марка цементу	300	300, 400	400	400, 500	500, 600	600	600 і більше

Із зменшенням відношення марок цементу і бетону збільшується витрата цементу, зростає можливість усадкових деформацій, знижується тріщиностійкість виробів. У разі збільшення цього відношення знижується густина бетону, підвищується можливість розшарування бетонної суміші.

Вода для приготування бетонної суміші, промивання заповнювачів та зволоження бетону повинна бути без шкідливих домішок, які перешкоджають нормальному твердінню цементу і можуть викликати корозію цементного каменю. Тому без попередньої перевірки для бетону придатна лише питна вода. Річкову, озерну та воду із штучних водойм перевіряють хімічним аналізом та порівняльним випробуванням зразків бетонів, виготовлених на такій та питній воді.

Заповнювачі важкого бетону – це сипкі суміші мінеральних частинок природного чи штучного походження певного гранулометричного складу. За розмірами частинок заповнювачі поділяють на *дрібні* (піски) крупністю від 0,16 до 5 мм та *крупкі* (щебінь, гравій) розміром від 5 до 70 мм. Іноді для бетонування особливо масивних конструкцій застосовують крупний заповнювач розміром до 150 мм і більше.

За мінеральним складом розрізняють *кварцові, польово-шпатні та карбонатні піски*. За походженням природні піски бувають *ярові* (гірські), *річкові* та *морські*. У ярових, на відміну від річкових і морських, підвищений вміст глинистих та органічних домішок, що може негативно впливати на міцність та інші властивості бетону. Однак форма зерен кутаєста, що забезпечує добре зчеплення з цементним каменем. Річкові й морські піски, навпаки, містять менше глинистих та

органічних домішок, але мають обкатану форму і більш гладеньку поверхню.

Штучні піски одержують подрібненням гірських порід або використанням супутніх продуктів – зол, шлаків. Щоб визначити придатність піску для бетону, його випробовують у лабораторії на такі показники: істинну і насипну густину, пустотність, вологість, вміст різних домішок, зерновий склад.

Якщо вміст глинистих та пилюватих домішок перевищує 3 % маси, піски потрібно промивати. Вміст органічних домішок визначають обробкою піску 3 %-м водним розчином NaOH. Колір розчину після обробки піску не повинен бути темнішим за еталон. Зерновий склад піску характеризується вмістом зерен різних розмірів і модулем крупності M_k .

Ці показники визначають за допомогою стандартних сит з розмірами отворів 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315 і 0,16 мм. Просіявши пісок, визначають часткові залишки на кожному ситі в процентах, а потім підраховують повні залишки на кожному ситі як суму часткового залишку на даному ситі і залишків на попередніх ситах:

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i, \text{ де } a_i - \text{ часткові залишки, \%}.$$

За значеннями повних залишків на ситах будують графік зернового складу піску, за яким визначають допустимість піску для виготовлення бетону (рис.7.2.1).

Модуль крупності піску визначають за формулою:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100$$

За модулем крупності піски поділяють на підвищеної крупності, крупні, середні, дрібні і дуже дрібні (табл. 8.2).

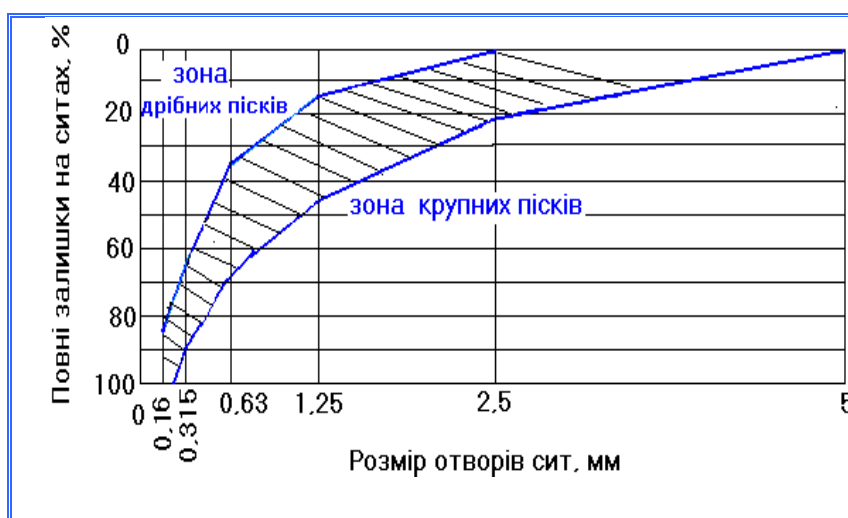


Рис. 7.2.1. Графік зернового складу піску

Класифікація піску за крупністю

Група піску	M_k	Повний залишок на ситі 0,63 мм, %
Підвищеної крупності	3,0...3,5	65...75
Крупний	2,5...3,0	45...65
Середній	2,0...2,5	30...45
Дрібний	1,5...2,0	10...30
Дуже дрібний	1,0...1,5	до 10

Якщо пісок дуже дрібний, його збагачують крупнішими фракціями з подрібнених гірських порід або збільшують кількість цементу у складі бетону. Якщо пісок підвищеної крупності, його подрібнюють, бо перевитрачається цемент для заповнювання міжзернової пористості. У кожному випадку рішення приймається після техніко-економічних обґрунтувань.

Гравій – сипкий матеріал округлої, обкатаної форми, який утворився внаслідок природного руйнування (вивітрювання) гірських порід. За походженням природний гравій розрізняють так само, як і пісок.

Щебінь – сипкий матеріал, який здобувають подрібненням гірських порід. Щебінь має кутасту форму, шорстку поверхню, тому його міцність зчеплення з цементним каменем вища, ніж гравію.

Якість крупних заповнювачів характеризується зерновим складом, формою зерен, вмістом шкідливих домішок, міцністю і морозостійкістю. Міцність крупних заповнювачів має перевищувати міцність проектного бетону в 1,5...2 рази. Морозостійкість крупних заповнювачів має бути не менш як 15 циклів, для них також обмежують вміст глинястих та пилюватих частинок (не більше 1...3 % маси).

Зерновий склад крупних заповнювачів істотно впливає на властивості бетонної суміші та бетону. Для його визначення крупний заповнювач просіюють крізь набір сит з розмірами отворів 70, 40, 20, 10, 5 мм. Потім обчислюють часткові та повні залишки на кожному ситі (аналогічного піску). За значеннями повних залишків на ситах будують лінію зернового складу на стандартному графіку (рис.7.2.2) і визначають найбільшу $D_{нб}$ та найменшу $D_{нм}$ крупність зерен. Якщо крива просіювання проходить у заштрихованій частині, то крупний заповнювач придатний для бетону.

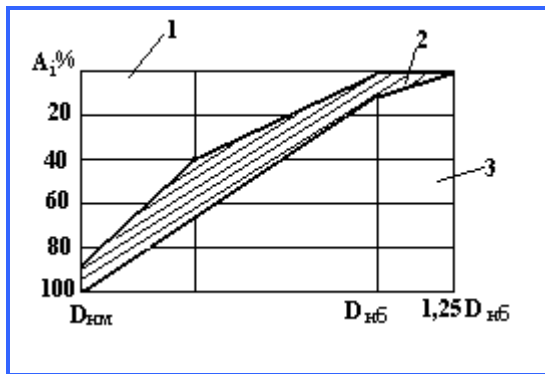


Рис.7.2.2. Графік зернового складу щебеню (гравію): 1 – дрібний щебінь (гравій); 2 – щебінь (гравій) середньої крупності; 3 – крупний щебінь (гравій)

7.3 ВЛАСТИВОСТІ БЕТОННОЇ СУМІШІ. ДОБАВКИ ДО БЕТОННОЇ СУМІШІ.

Бетонна суміш – це раціонально підібрана і ретельно перемішана суміш в'язучого, води, заповнювачів та в деяких випадках добавок. Мірою консистенції бетонної суміші є її легкоукладальність – здатність бетонної суміші заповнювати форму чи опалубку з найменшими затратами зовнішньої енергії.

Для визначення консистенції бетонної суміші застосовують методи:

- рухомість бетонної суміші визначають за осіданням конуса; розпливанням конуса;
- жорсткість суміші – за часом Вебе;
- ущільнюваність бетонної суміші – за ступенем ущільнюваності.

Рухомість суміші – це здатність укладатися під дією власної ваги, її оцінюють у сантиметрах осадки конуса (ОК). Стандартний конус 300 мм заввишки, діаметром верхньої основи 100 мм, нижньої – 200 мм заповнюють бетонною сумішшю, ущільнюючи під час укладання. Потім форму знімають і ставлять поряд з бетонним конусом, який під дією власної ваги осідає. Величину осадки конуса вимірюють лінійкою (рис.7.3.1).

Жорсткість суміші – це здатність заповнювати форму під дією вібрації. Жорсткість характеризується часом вібрації (в секундах), потрібним для вирівнювання і ущільнення бетонного конуса.

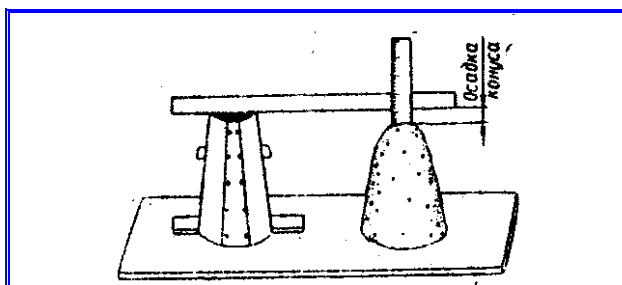


Рис.7.3.1. Визначення рухливості бетонної суміші

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-176:2008 марки за консистенцією бетонної суміші наведено в таблицях 7.3.1; 7.3.2; 7.3.3; 7.3.4.

Таблиця 7.3.1

Марки бетонної суміші за осадкою конуса

Марка	Осадка конуса, мм
S 1	Від 10 до 40
S 2	Від 50 до 90
S 3	Від 100 до 150
S 4	Від 160 до 210
S 5	≥ 220

Таблиця 7.3.2

Марки бетонної суміші за Вебе

Марка	Час Вебе, с
V 0	≥ 31
V 1	Від 30 до 21
V 2	Від 20 до 11
V 3	Від 10 до 6
V 4	Від 5 до 3

Таблиця 7.3.3

Марки бетонної суміші за ступенем ущільнюваності

Марка	Час Вебе, с
C 0	$\geq 1,46$
C 1	Від 1,45 до 1,26
C 2	Від 1,25 до 1,11
C 3	Від 1,10 до 1,04
C 4	$< 1,04$

Таблиця 7.3.4

Марки бетонної суміші за розпливанням конуса

Марка	Діаметр розпливання конуса, мм
F 1	≤ 340
F 2	Від 350 до 410
F 3	Від 420 до 480
F 4	Від 490 до 550
F 5	Від 560 до 620

Укладальність бетонної суміші залежить від виду цементу, кількості цементного тіста і води, крупності і форми зерен заповнювачів, співвідношення кількості крупних і дрібних заповнювачів. Рухливість бетонної суміші збільшується із збільшенням кількості води, але тоді зменшується міцність бетону. Бетонна суміш з гравієм рухливіша, ніж із щебенем. Зменшується рухливість із зростанням кількості піску. Підвищити рухливість бетонних сумішей доцільно за рахунок введення пластифікуючих добавок. Жорсткі бетонні суміші забезпечують більшу міцність бетонів, економічні за витратою цементу. Рухливість і жорсткість бетонних сумішей враховують безпосередньо при бетонуванні різних конструкцій.

Розрізняють два види добавок – тонкомелені мінеральні і хімічні. Тонкомелені мінеральні добавки (зола-винос теплоелектростанцій, мелені шлаки тощо) вводять у кількості 5...20 % маси цементу для його економії та одержання щільного і стійкого бетону при малих витратах цементу. Хімічні добавки, які вводять у значно меншій кількості (6,1...2,0 % маси цементу), дозволяють регулювати реологічні властивості бетонних сумішей, строки тужавлення і твердіння, а також забезпечувати твердіння на морозі, поліпшують повітровтягувальні властивості бетонних сумішей.

Пластифікуючі добавки підвищують рухливість і знижують жорсткість бетонної суміші. За пластифікуючим ефектом ці добавки поділяють на суперпластифікатори (уведення яких до суміші збільшує осадку конуса – ОК – від 2...4 до 20 см і більше), сильнопластифікуючі (що змінюють ОК від 2...4 до 14...19 см), середньопластифікуючі (змінюють ОК від 2...4 до 9...13 см) та слабкопластифікуючі (змінюють ОК від 2...4 до 8 см). За характером дії розрізняють гідрофільно- та гідрофобно-пластифікуючі добавки.

Найпоширеніший представник гідрофільно-пластифікуючої добавки – ЛОТ (лігносульфонат технічний), який додають до бетонної суміші у кількості від 0,1 до 0,5 % маси цементу. Гідрофобно-пластифікуючі добавки – милонафт, ГКР-10 – (гідрофобна кремнійорганічна рідина – стилсиліконат натрію), ГКР-11 (метилсиліконат натрію), ГКР-94 (етилгідросиліконова рідина).

Окрім ефекту пластифікації у бетонних сумішах з невеликою витратою в'язучого ці добавки забезпечують водовідштовхувальні властивості затверділого бетону та зменшують його водопоглинання і збільшують морозо- і корозійну стійкість.

Суперпластифікатори – це синтетичні полімерні речовини (С-3, 10-03, 40-03, ЛСТМ, Дофен, ОП-7). Кількість їх у бетонній суміші – від 0,2 до 1,2 % маси цементу. Найбільш доцільні при формуванні виробів надто складного профілю, виготовленні високо міцних бетонів з підвищеною якістю лицьових поверхонь. Треба врахувати, що із застосуванням

пластифікаторів можна досягти різних ефектів: поліпшити легкоукладальність бетонної суміші без зміни витрати цементу та міцності бетону; знизити водопотребу суміші за незмінної витрати цементу із зростанням міцності бетону; одночасно знизити витрату цементу і води, зберігши без змін легкоукладальність, що сприятиме економії цементу при незмінній міцності бетону.

Прискорювачі твердіння дають змогу швидше розпалублювати монолітні конструкції, скорочувати чи повністю відмовлятися від теплової обробки бетону, прискорювати оборотність борт-оснащення у виробництві збірного залізобетону, провадити термінові аварійно-відновлювальні бетонні роботи. Найчастіше застосовують такі прискорювачі: хлорид кальцію CaCl_2 , сульфат натрію Na_2SO_4 , поташ K_2CO_3 , нітрат кальцію $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, нітрат натрію NaNO_3 і комбінацію з цих добавок, наприклад нітрит-нітрат-хлорид кальцію. Прискорювачі, що містять хлориди, агресивно діють на сталеву арматуру залізобетону, тому кількість таких добавок у звичайному залізобетоні обмежують 2 %, а в конструкціях з попередньо напруженою арматурою зовсім не використовують.

Сповільнювачі тужавлення цементу – це вже відомі ЛСТ, ГКР-10, ГКР-11. Протиморозні добавки – хлориди кальцію і натрію, поташ. Повітровтягувальні добавки сприяють підвищенню легкоукладальності суміші і морозостійкості затверділого бетону.

Поліфункціональні добавки одночасно регулюють кілька властивостей бетонної суміші і бетону. Вони складаються з кількох компонентів, кожний з яких дає свій ефект, наприклад, CaCl_2 +ЛСТ. У будівельній практиці застосовують дуже широку номенклатуру таких добавок. Вибір добавок регламентують вимоги ДСТУ.

7.4 ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ

Середня густина важкого бетону залежить від щільності упакування заповнювачів, водоцементного відношення, способу ущільнення бетонної суміші. Чим вища середня густина, тим вища міцність, водонепроникність, морозостійкість. Максимально щільний важкий бетон має пористість 2...3 %.

Водонепроникність характеризується найменшим тиском води, при якому вона ще не просочується крізь зразок. Марки за водонепроникністю – W2... W12.

Морозостійкість характеризується кількістю циклів заморожування і відтавання. На показник морозостійкості важкого бетону істотно впливають макропори (розміром понад 10^{-5} см), котрі утворюються надлишками води, яка не бере участі у гідратації цементу. Для підвищення

морозостійкості бетону застосовують цементи без тонкомелених добавок та з обмеженим до 8 % вмістом C_3A , а також заповнювачі з підвищеною морозостійкістю. Крім того, підвищенню морозостійкості сприяють зниження В/Ц бетонної суміші, уведення до суміші гідрофобно-пластифікуючих добавок, інтенсивне ущільнення бетонної суміші. Марки за морозостійкістю для важких бетонів: F50; F75; F100; F150; F200; F300; F400; F500; F600; F800; F1000.

Усадка при твердінні бетону незначна, але в масових конструкціях може викликати появу тріщин, які знизять міцність. Для запобігання збільшенню усадки необхідно правильно визначити склад бетону і забезпечити певний режим твердіння.

Набухання полягає у збільшенні об'єму бетону при зволоженні і прямому контакті з водою. Набухання істотно залежить від витрати цементу та В/Ц.

Повзучість – здатність бетону до збільшення деформації при тривалій дії зовнішнього навантаження. Ці деформації інтенсивно зростають відразу після появи зовнішнього навантаження і повільно затухають через кілька років. Повзучість менша в бетонах з низькою витратою цементу, низьким В/Ц, із щільними і міцними заповнювачами.

Міцність бетону при стиску визначається випробуванням зразків – кубиків з розміром ребра 150 мм, або циліндрів діаметром 100, 150, 200, 300 мм і висотою – $2d$. Зразки виготовляють з бетону, максимальна крупність заповнювача якого в три рази менша за довжину ребра кубика. Зразки твердіють у нормальних умовах (температура 15...20 °С, вологість повітря не менше 90 %) протягом 28 діб. Можна випробувати кубики з розміром ребра 70; 100; 200 і 300 мм. У такому разі одержані результати потрібно перемножити на масштабний коефіцієнт відповідно 0,85; 0,95; 1,05; 1,10. Масштабний коефіцієнт для зразків у вигляді циліндру – 1,16; 1,20; 1,24 і 1,28.

Границею міцності при стиску бетонних зразків установлюють марки бетону, тобто гарантовані показники міцності ($МПа \times 10$). Для звичайних важких бетонів марки за міцністю при стиску 50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500, 600, 700, 800.

Якщо потрібно визначити міцність при згині, випробовують зразки-балки розмірами 150×150×600 мм.

Для розрахунків залізобетонних конструкцій потрібно знати призмичну міцність, яка визначається стискуванням призми розмірами 200×200×800 мм. Відношення міцності зразка кубика до міцності зразка призми – 0,7...0,8.

Визначення міцності на розтяг при розколюванні бетону виконується на зразках призмах квадратного перерізу 100×100×400;

150×150×600; 200×200×800 мм. Якщо не зазначено інакше, міцність на розтяг при розколюванні визначають на зразках у віці 28 діб.

Визначення міцності на осьовий розтяг виконують на таких же зразках як і для визначення міцності на розтяг при розколюванні бетону.

Поряд з поняттям марки бетону існує і клас бетону. Клас бетону – числова характеристика якої-небудь його властивості, прийнята з гарантованою забезпеченістю 0,95; це значить, що встановлена класом властивість забезпечується не менш чим у 95 випадках зі 100 і лише в 5-ти випадках можна чекати її невиконаною.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.7-176:2008 в позначенні класу міцності бетону на стиск присутні значення міцності, визначеної на зразках-циліндрах, $f_{ck.cyl}$ та міцності, визначеної на зразках-кубах, $f_{ck.cube}$. Наприклад, клас міцності бетону на стиск С 8/ 10, міцність, визначена на зразках-циліндрах, $f_{ck.cyl} = 8$ МПа, міцність, визначена на зразках-кубах, $f_{ck.cube} = 10$ МПа.

Міцність бетону при стиску залежить від активності цементу, В/Ц відношення, міцності і якості заповнювачів, їхнього зернового складу, часу та умов твердіння тощо.

Основними факторами є активність цементу і водоцементне відношення (В/Ц). Водоцементне відношення – це відношення маси води до маси цементу в складі бетонної суміші. Обернена йому величина – цементноводне відношення (Ц/В).

Із збільшенням В/Ц міцність бетону знижується, оскільки в реакцію з цементом вступає 10...20 % води, а зайва вода випаровується і утворює в цементному камені пори, що знижують міцність бетону; залежність міцності бетону від В/Ц можна відобразити графічно (рис.7.4).

Залежність міцності бетону від Ц/В і марки цементу в загальному вигляді можна виразити формулою

$$R_{\sigma(28)} = AR_{Ц} (Ц/В \pm 0,5),$$

де $R_{\sigma(28)}$ – міцність бетону у 28-добовому віці при твердінні в нормальних умовах, МПа;

$R_{Ц}$ – активність цементу, МПа;

A – коефіцієнт, що залежить від якості матеріалів (табл.7.4).

Формула міцності звичайних бетонів при Ц/В=1,4...2,5 (В/Ц >0,4) має такий вигляд:

$$R_{\sigma(28)} = AR_{Ц}(Ц/В-0,5).$$

Для високоякісних бетонів при Ц/В>2,5 (В/Ц<0,4)

$$R_{\sigma(28)} = AR_{Ц}(Ц/В+0,5).$$

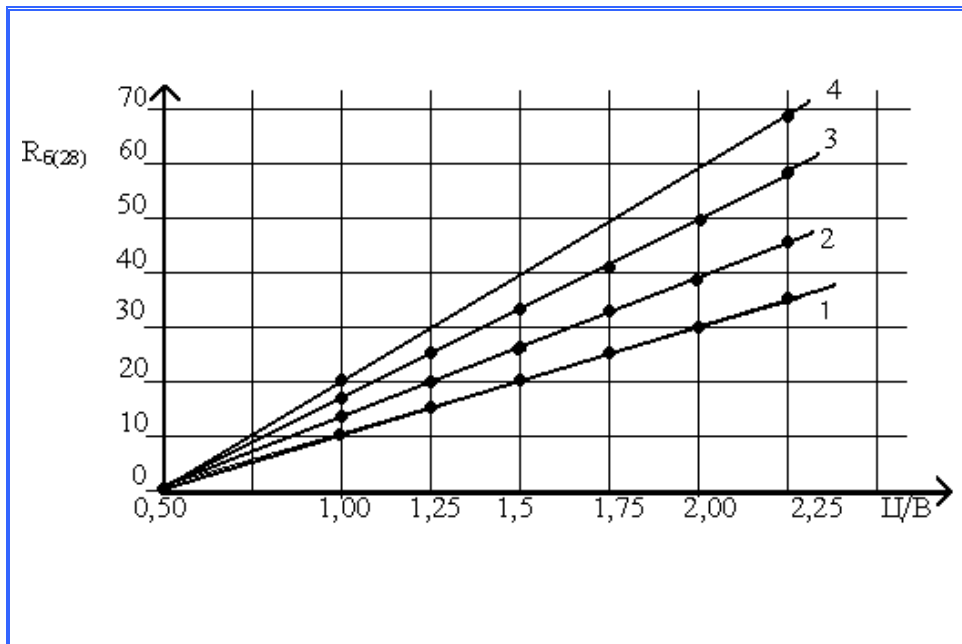


Рис.7.4. Графік для визначення міцності бетону залежно від цементно-водного відношення і марки цементу: 1 – марка цементу 300; 2 – те саме, 400; 3 – те саме, 500; 4 – те саме, 600

Таблиця 7.4

Значення коефіцієнта А

Характеристика матеріалів	А
Високоякісні (щєбінь із щільних гірських порід високої міцності, пісок оптимальної крупності, портландцемент високої активності)	0,65
Рядові (заповнювачі та цемент середньої якості)	0,6
Зниженої якості (крупні заповнювачі низької міцності, дрібні піски, цементы низької активності)	0,55

Міцність бетону перші 7 діб зростає дуже швидко, потім інтенсивність цього зростання до 28 діб уповільнюється. Міцність бетонних зразків, які тверднуть в стандартних умовах, через 7 дорівнює 60...70 % марочної міцності, а через рік – 175 %. Для визначення міцності бетону в будь-який строк можна використати приблизну емпіричну формулу:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28}$$

де R_n – міцність бетону у віці n діб, МПа;
 R_{28} – міцність бетону в віці 28 діб, МПа;
 n – число діб твердіння.

Ці формули використовують для орієнтовного розрахунку міцності бетону на портландцементі у віці більше трьох діб. Фактично міцність бетону визначають випробуванням зразків, які виготовлені з бетонної суміші і тверділи в умовах, аналогічних експлуатації конструкцій.

Швидкість зростання міцності бетону залежить від зовнішнього середовища. Якщо температура 70...85 °С і висока вологість, то бетони через 10...12 годин мають міцність 60...70 % марочної. При низьких температурах (5...7 °С) швидкість зростання міцності бетону уповільнюється, а при температурі нижче 0 °С твердіння бетону зупиняється.

Використовуючи формулу міцності бетону, можна визначити не тільки марку бетону, а й марку цементу за заданою маркою бетону або водоцементне відношення за заданою маркою цементу та класом бетону.

7.5 ПРОЕКТУВАННЯ СКЛАДУ БЕТОНУ ЗА МЕТОДОМ АБСОЛЮТНИХ ОБ'ЄМІВ

Склад бетонної суміші зображують у вигляді масового або об'ємного співвідношення між кількістю цементу, піску, гравію або щебеню з обов'язковим визначенням В/Ц, взявши кількість цементу за одиницю. У загальному вигляді склад бетонної суміші може бути виражений співвідношенням 1 : X : Y (цемент : пісок : крупний заповнювач) при В/Ц.

Є декілька методів підбору складу бетонної суміші. Найбільш простим є метод абсолютних об'ємів Б. Г. Скрамтаєва. Склад бетону розраховують у такій послідовності:

1. Визначають умову, яка забезпечує задану міцність затверділого бетону (необхідна величина водоцементного відношення), орієнтовно за формулами Болломея – Скрамтаєва та ін.:

$$\text{при } R_b < 2AR_u \quad \frac{B}{Ц} = \frac{AR_u}{R_b + A \times 0,5R_u};$$

$$\text{при } R_b > 2AR_u \quad \frac{B}{Ц} = \frac{AR_u}{R_b - A \times 0,5R_u}$$

2. Обчислюють водоцементне відношення з формули міцності бетону $R_{6(28)} = AR_u(Ц/B \pm 0,5)$;

$$B/Ц = \frac{AR_u}{R_b \pm A \times 0,5R_u} \text{ при } B/Ц < 1.$$

3. Витрату води знаходять орієнтовно, знаючи рухливість та жорсткість бетонної суміші і крупність заповнювача (табл. 7.5.1).

4. Витрату цементу, кг на 1 м³ бетону, визначають за формулою:

$$Ц = \frac{B}{B/Ц}$$

Таблиця 7.5.1.

Орієнтовні витрати води на 1 м³ бетонної суміші на щільних заповнювачах

Показник	Жорсткість, с	Рухливість, мм	Витрата води, л/м ³ , при крупності, мм							
			гравію				щебеню			
			10	20	40	70	10	20	40	70
V 0	31	-	150	135	125	120	160	150	135	130
V 1	30...21	-	160	145	130	125	170	160	145	140
V 2	20...11	-	165	150	135	130	175	165	150	155
V 3	10...5	-	175	160	145	140	185	175	160	155
S 1	-	10...40	190	175	160	155	200	190	175	170
S 2	-	50...90	200	185	170	165	210	200	185	180
S 3	-	100...150	215	205	190	180	225	215	200	190
S 4	-	160...190	225	220	205	195	235	230	215	205

Примітка. Суміші на цементі з водопотребою 26...28 % і модулем крупності піску $M_k=2$. Із зміною водопотреби цементного тіста на кожний процент в менший бік витрата води зменшується на 3...5 л/м³, в більший – збільшується на те саме значення. Із зменшенням модуля крупності піску на кожену половину його значення необхідно збільшити витрату води на 3...5 л/м³, у випадку збільшення модуля – зменшити.

5. Щоб розрахувати витрату заповнювачів, кг на 1 м³ бетонної суміші, приймають дві умови:

а) сума абсолютних об'ємів усіх компонентів бетону дорівнює 1 м³ ущільненої бетонної суміші, тобто

$$\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{B}{\rho_{В}} + \frac{П}{\rho_{П}} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{Щ(\Gamma)}} = 1$$

де $Ц, B, П, Щ(\Gamma)$ – витрата цементу, води, піску, щебеню чи гравію, кг на 1 м³ суміші;

$\rho_{Ц}, \rho_{В}, \rho_{П}, \rho_{Щ}$ – істинна густина цих матеріалів, кг/м³;

б) порожноти між крупним заповнювачем заповнює цементно-піщаний розчин з деяким розсуненням зерен $\alpha = \frac{V}{V_{п.з.}}$

$$\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{B}{\rho_{В}} + \frac{П}{\rho_{П}} = \frac{Щ(\Gamma)V_{н.з}\alpha}{\rho_m^{Щ(\Gamma)}}$$

де $V_{n.з}$ – пустотність заповнювачу (щебеню чи гравію) в сипкому стані;
 ρ_m – середня густина, кг/м³;
 α – коефіцієнт розсунення зерен (табл. 7.5.2).

Із цих двох рівнянь можна вивести формулу для визначенні витрати щебеню (гравію), кг на 1 м³ бетону:

$$\text{Щ}(\Gamma) = \frac{1}{\frac{V_{n.з} \cdot \alpha}{\rho_m^{\text{Щ}(\Gamma)}} + \frac{1}{\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}}}$$

Таблиця 7.5.2.

Коефіцієнт розсунення зерен крупного заповнювача α

Витрати цементу, кг/м ³	В/Ц				
	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	1,40	1,46	-	-	-

6. Витрату піску, кг на 1 м³ бетону, вираховують як різницю між 1 м³ бетонної суміші і сумою абсолютних об'ємів цементу, води і крупного заповнювача:

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}} + \frac{\text{Щ}(\Gamma)}{\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}} \right) \right] \rho_{П}$$

7. Розрахункова густина бетонної суміші

$$\rho_m^{\delta} = Ц + В + П + \text{Щ}(\Gamma)$$

8. На цій стадії проектування складу бетону потрібно встановити відповідність легкоукладальності і середньої густини розрахованого лабораторного складу бетону проектним завданням. Якщо вони збігаються, то із такої суміші формують зразки-кубики для контрольних випробувань у віці 28 діб стандартного зберігання. Якщо показники легкоукладальності і середньої густини відхиляються від проектних даних, склад бетонної суміші коригують збільшенням чи зменшенням витрати цементу і води (неодмінно зберігаючи відношення В/Ц).

9. Враховуючи природну вологість заповнювачів, перераховують лабораторний склад бетонної суміші на виробничий.

10. Склад бетонної суміші у частинах за масою визначають діленням витрати кожного компонента бетонної суміші на витрату цементу:

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц} = 1 : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц}$$

11. Склад бетону за об'ємом:

$$\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}} : \frac{V_{щ(Г)}}{V_{ц}} = 1 : \frac{V_{п}}{V_{ц}} : \frac{V_{щ(Г)}}{V_{ц}}$$



Приклад Розрахувати виробничий склад бетонної суміші по масі і об'єму. Визначити витрати матеріалів на заміс бетонозмішувача по наступним даним:

- міцність бетону, $R_{б(28)} = 25$ МПа;
- активність цементу, $R_{ц} = 40$ МПа;
- рухливість бетонної суміші, ОК=10...40 мм;
- густина цементу, $\rho_m^ц = 1100$; $\rho^ц = 3150$ кг/м³;
- густина піску, $\rho_m^п = 1500$; $\rho^п = 2700$ кг/м³;
- вологість піску, $\omega_п = 5\%$;
- вид заповнювача – гранітний щебінь;
- густина заповнювача, $\rho_m^м = 1450$; $\rho^м = 2900$ кг/м³;
- крупність заповнювача, 20 мм;
- вологість заповнювача, $\omega_щ = 4\%$;
- об'єм бетонозмішувача, $U = 450$ л.

Розв'язок

1. Визначають умову, яка забезпечує задану міцність затверділого бетону (необхідна величина водо цементного відношення), орієнтовно за формулами Болемея – Скрамтаєва та ін.:

$$R_b = 25 < 2AR_{ц} = 2 \times 0,6 \times 40 = 48 \quad \text{отже}$$

2. Водоцементне відношення обчислюють з формули міцності бетону $R_{б(28)} = AR_{ц}(Ц/В-0,5)$;

$$В/Ц = \frac{AR_{ц}}{R_b + A \times 0,5R_{ц}}$$

$$В/Ц = \frac{0,6 \times 40}{25 + 0,6 \times 0,5 \times 40} = 0,65$$

3. Витрату води знаходять орієнтовно, знаючи рухливість та жорсткість бетонної суміші і крупність заповнювача по таблиці 7.5.1.

$$В = 190 \text{ л}$$

4. Витрату цементу, кг на 1 м³ бетону, визначають за формулою:

$$Ц = \frac{B}{\frac{B}{Ц}} = \frac{190}{0,65} = 293 \text{ кг}$$

5. Витрату заповнювачів, кг на 1 м³ бетонної суміші, знаходимо за формулою:

$$\text{Щ}(\Gamma) = \frac{1}{\frac{V_{н.з.} \cdot \alpha}{\rho_m^{\text{Щ}(\Gamma)}} + \frac{1}{\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}}} = \frac{1}{\frac{0,5 \times 1,38}{1450} + \frac{1}{2900}} = 1234 \text{ кг}$$

де $\alpha = 1,38$ знаходимо подвійною інтерполяцією за даними таблиці 7.5.2;

$$1,36 - \frac{1,36 - 1,26}{300 - 250}(300 - 293) = 1,35; \quad 1,42 - \frac{1,42 - 1,32}{300 - 250}(300 - 293) = 1,41;$$

$$1,35 + \frac{1,41 - 1,35}{0,7 - 0,6}(0,65 - 0,6) = 1,38$$

$$V_{н.з.} = 1 - \frac{\rho_{щ}^m}{\rho_{щ}} = 1 - \frac{1450}{2900} = 0,5$$

6. Витрата піску, кг на 1 м³ бетонної суміші:

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{B}{\rho_{в}} + \frac{\text{Щ}(\Gamma)}{\rho_{\text{Щ}(\Gamma)}} \right) \right] \rho_{\Pi} = \left[1 - \left(\frac{293}{3150} + \frac{190}{1000} + \frac{1234}{2900} \right) \right] 2700 = 787 \text{ кг}$$

7. Номінальний склад бетонної суміші (розрахункова густина бетонної суміші), кг/м³:

$$\rho_m^{\delta} = Ц + B + \Pi + \text{Щ}(\Gamma) = 293 + 190 + 1234 + 787 = 2504 \text{ кг/м}^3$$

8. На цій стадії проектування складу бетону потрібно встановити відповідність легкоукладальності і середньої густини розрахованого лабораторного складу бетону проектним завданням. Якщо вони збігаються, то із такої суміші формують зразки-кубики для контрольних випробувань у віці 28 діб стандартного зберігання. Якщо показники легкоукладальності і середньої густини відхиляються від проектних даних, склад бетонної суміші коригують збільшенням чи зменшенням витрати цементу і води (неодмінно зберігаючи відношення В/Ц).

9. Щоб визначити виробничий склад бетонної суміші, потрібно врахувати природну вологість заповнювачів:

$$\text{фактична витрата піску } \Pi_{\text{факт}} = \Pi + B_{\Pi} = 787 + \frac{787 \times 5}{100} = 826 \text{ кг}$$

$$\text{фактична витрата щебеню } \text{Щ}_{\text{факт}} = \text{Щ} + B_{\text{щ}} = 1234 + \frac{1234 \times 4}{100} = 1283 \text{ кг}$$

10. Фактична витрата води буде меншою на кількість води, що вноситься разом з піском і щебенем:

$$B_{\text{факт}} = B - B_{\Pi} - B_{\text{щ}} = 190 - 39 - 49 = 102 \text{ л}$$

11. Виробничий склад бетонної суміші у частинах за масою визначають діленням витрати кожного компонента бетонної суміші на витрату цементу:

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц} = 1 : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(Г)}{Ц} = 1 : \frac{826}{293} : \frac{1283}{293} = 1 : 2,8 : 4,4$$

12. Склад бетону за об'ємом:

$$\frac{V_{Ц}}{V_{Ц}} : \frac{V_{П}}{V_{Ц}} : \frac{V_{Щ(Г)}}{V_{Ц}} = 1 : \frac{V_{П}}{V_{Ц}} : \frac{V_{Щ(Г)}}{V_{Ц}} = 1 : \frac{0,55}{0,27} : \frac{0,89}{0,27} = 1 : 2,07 : 3,33$$

Для цього знайдемо об'єми компонентів:

$$V_{ц} = \frac{Ц}{\rho_{ц}^m} = \frac{293}{1100} = 0,27 \text{ м}^3$$

$$V_{п} = \frac{П}{\rho_{п}^m} = \frac{826}{1500} = 0,55 \text{ м}^3$$

$$V_{щ(г)} = \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(г)}^m} = \frac{1283}{1450} = 0,89 \text{ м}^3$$

Тоді склад бетонної суміші за об'ємом: 1:2,07:3,32

13. Щоб визначити витрату матеріалів на заміс бетонозмішувача, потрібно знати коефіцієнт виходу бетонної суміші:

$$\beta = \frac{1}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ(г)}} = \frac{1}{0,27 + 0,55 + 0,89} = 0,59$$

14. Витрату матеріалів вираховуємо за такими формулами:

$$Ц^{\delta} = \beta \frac{U_{\delta}}{1000} Ц = 0,59 \frac{450}{1000} 293 = 77,4 \text{ кг}$$

$$П^{\delta} = \beta \frac{U_{\delta}}{1000} П_{факт} = 0,59 \frac{450}{1000} 826 = 218,4 \text{ кг}$$

$$Щ(Г)^{\delta} = \beta \frac{U_{\delta}}{1000} Щ(Г)_{факт} = 0,59 \frac{450}{1000} 1283 = 339 \text{ кг}$$

$$В^{\delta} = \beta \frac{U_{\delta}}{1000} В_{факт} = 0,59 \frac{450}{1000} 102 = 26,8 \text{ л}$$

Відповідь: склад бетонної суміші за масою: 1 : 2,8 : 4,4

склад бетонної суміші за об'ємом: 1 : 2,07 : 3,32

витрати матеріалів на заміс бетонозмішувача:

Ц = 77,4 кг; П = 218,4 кг; Щ = 339 кг; В = 26,8 л.

7.6 ПРИГОТУВАННЯ, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА УКЛАДАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

Приготування бетонної суміші здійснюють на бетонозмішувальних заводах чи на бетонних вузлах будівельних майданчиків. Цей процес складається з приймання, складування, подачі та дозування всіх компонентів і перемішування їх до однорідної суміші. Матеріали дозують масовими чи об'ємними дозаторами з точністю для цементу $\pm 1\%$ за масою, для заповнювачів – 2% . Перемішують компоненти в бетонозмішувачах різних об'ємів – від 100 до 4500 л. Щоб утворилася однорідна суміш, потрібно дотримуватися певного часу перемішування,

який залежить від місткості бетонозмішувача, рухливості бетонної суміші і типу бетонозмішувача. Бетонозмішувачі бувають гравітаційні (для важких бетонів) і примусової дії (для всіх типів бетонних сумішей). Час перемішування рухливих бетонних сумішей у барабані місткістю до 425 л – 1 хв., місткістю до 2400 л – 2,5 хв. Час перемішування жорстких бетонних сумішей у півтора-два рази більший.

Транспортують бетонну суміш від бетонозмішувальної установки до місця укладання стрічковими конвеєрами, вагонетками, у баддях та автосамоскидами. Іноді надпластичні спеціальні бетонні суміші транспортують за допомогою бетононасосів. На далекі відстані суміші перевозять спеціальними автомобілями – бетонозмішувачами, у які завантажують сухі компоненти, котрі весь час перемішують, а воду додають на завершальному етапі транспортування.

Укладають бетонну суміш у форму чи опалубку за допомогою бетоноукладачів різних типів горизонтальними шарами і ущільнюють трамбуванням, центрифугуванням, вібровакуумуванням, найчастіше вібруванням. Для цього використовують вібратори різних конструкцій. Від вібраторів бетонній суміші передаються коливання високої частоти і вона починає текти, рівномірно розподіляючись у формі. Тривалість вібрування має забезпечити достатнє ущільнення бетонної суміші (на поверхні з'являється цементне молоко). Цей час становить приблизно 20...60 с залежно від жорсткості суміші.

Бетонна суміш, яку уклали в форму, повільно твердіє при температурі 15...20 °С і вологості 90...10 % і протягом 28 діб набирає марочну міцність бетону. Якщо підвищити температуру і вологість, то бетон значно швидше набирає міцність. Іноді для інтенсифікації твердіння застосовують добавки (прискорювачі твердіння).

Для того щоб бетон набув потрібної міцності у встановлений строк, за ним потрібний догляд. Свіжоукладений бетон витримують у вологому стані, захищають від ударів, пошкоджень, струсів, різких змін температури. Влітку покривають полімерною плівкою, мішковиною, піском, тирсою і зволожують. Бетон починають поливати (чистою водою) не раніше ніж через 10...12 год. після бетонування, а в жарку погоду – через 2...3 год. Перші три доби бетон поливають вдень кожні 4 год і один раз уночі, пізніше – не рідше ніж тричі на добу. Бетон на портландцементі поливають протягом 7 діб, на цементах з добавками – 14 діб.

При температурі 5...10 °С твердіння бетону значно уповільнюється, а при температурі нижче 0 °С – практично зупиняється. Найбільш небезпечна вода, яка замерзає в період тужавлення цементу: тому взимку потрібно забезпечити плюсову температуру доти, поки бетон не набере 50 % марочної міцності.

Методи бетонування взимку такі:

метод термоса – підігрівують воду, пісок і крупний заповнювач до таких температур, щоб температура бетонної суміші не перевищувала 40 °С; теплу бетонну суміш після укладання у форму опалубку накривають паронепроникним матеріалом;

метод паронагрівання – пару пропускають між подвійними стінками опалубки або в канали між дошками опалубки, прогріваючи бетонну суміш;

електропрогрівання – бетонну суміш нагрівають за допомогою електродів та інших електронагрівальних пристроїв.

З метою зниження температури замерзання води і прискорення твердіння бетону вводять хімічні добавки.

При виготовленні бетонних конструкцій на всіх етапах бетонування контролюють якість бетонних робіт: випробовують компоненти бетонної суміші, систематично перевіряють правильність дозування, перемішування і ущільнення бетонної суміші, контролюють твердіння бетону, визначають його міцність на контрольних зразках-кубах, які тверднуть у тих самих умовах, що і виготовлені конструкції. Випробовують зразки через 7 і 28 діб за допомогою гідравлічних пресів.

Міцність бетонних виробів визначають також безруйнівними, (адеструктивними) методами, до яких відносяться механічні та електрофізичні.

7.7 СПЕЦІАЛЬНІ ВИДИ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

Залежно від умов експлуатації важкому бетону можна надавати спеціальних властивостей регулюванням складу та іншими спеціальними технологічними прийомами.

Гідротехнічний бетон застосовують для виготовлення виробів і конструкцій, що перебуватимуть у надводних, підводних або із змінним рівнем води зонах споруд. Для цього бетону нормують міцність при стиску та розтяг, водостійкість, водонепроникність, морозостійкість; він повинен мати низьке тепловиділення у процесі твердіння.

Класи гідротехнічного бетону за міцністю при стиску – В7,5...В40, за морозостійкістю – F50... F500.

Найжорсткіші умови експлуатації бетону у зонах змінного рівня води, тому показники його мають бути найвищими. Для бетонів підводних частин споруд слід застосовувати шлакопортландцемент і пуцолановий портландцемент при експлуатації у прісній воді, сульфатостійкий – у морській. Для бетонів надводних частин, споруд – гідрофобний і пластифікований портландцемент. Іноді доцільно уводити

до складу бетону бентонітову глину (1...3 % маси цементу); хлорид заліза (0,1...1,0 %) і ГКР-94 (0,1...0,2 %).

Бетони для дорожніх і аеродромних покриттів під час експлуатації несуть дуже великі навантаження, тому до них висувають підвищені вимоги за міцністю при стиску та вигин, морозостійкістю, стійкістю до стирання. Цих властивостей досягають застосуванням чистих кварцових пісків і чистого високоякісного щебеню оптимально дібраного зернового складу (крупністю до 40 мм), пластифікованого чи гідрофобного портландцементів. Бетонні суміші мають бути малорухливими або жорсткими. Для нижнього шару покриттів застосовують бетони класів В15, В20, а для верхнього В22,5; В25; В30.

Жаростійкі та вогнетривкі бетони застосовують для футерування печей, вагонеток, труб, для виготовлення фундаментів під теплові агрегати. Температура експлуатації жаростійких бетонів – $t=1580$ °С, їх готують із використанням різних матеріалів: глиноземистого, високоглиноземистого цементів, алюмофосфатного в'язучого, рідинного скла з кремнефторидом натрію. Заповнювачі – шамот, бій глиняної цегли, базальт, діабаз, андезит, хроміт.

Хімічностійкі бетони виготовляють із застосуванням в'язучих речовин: рідинного скла, поліефірної, фурфуролацетонової, фураноєпоксидної смол; заповнювачів – кварцового піску, щебеню з кварциту, андезиту, діабазу, базальту, тонкомелених мінеральних домішок – кварцового чи андезитового борошна. Міцність при стиску таких бетонів становить 30...110 МПа, морозостійкість – до 1000 циклів.

Декоративні бетони використовують для облицювання фасадів будівель, стін, підлог. Виготовляють із застосуванням білого і кольорових цементів і спеціально підібраних заповнювачів. Пігменти повинні мати високу луго- та світлостійкість, а для зовнішніх робіт – атмосферо- і морозостійкість. Заповнювачі – чисті кварцові піски, світлі вапняки і доломіти, для імітуючих бетонів – відходи дроблення та пиляння різних гірських порід. Для виявлення текстури заповнювачів лицьові поверхні таких бетонів шліфують та полірують.

Радіаційно-захисні бетони – різновид особливо важких і гідратних бетонів із середньою густиною 2500...6000 кг/м³. Їх застосовують на атомних електростанціях, у спеціальних спорудах, лікарнях, поліклініках та лабораторіях. В'язучими в особливо важких бетонах є портландцемент, шлакопортландцемент, пуцолановий портландцемент, глиноземистий чи гіпсоглиноземистий (розширний) цемент, а у гідратних – глиноземистий, розширний швидкотверднучий, напружувальний цемент (кількість хімічно зв'язаної води у гідратних бетонах з такими в'язучими понад 3 % загальної маси бетону). Заповнювачі для особливо важких бетонів повинні мати високу густину

(магнезит, лимоніт, барит, металевий скрап, чавунний скрап, кварцитові „хвости”), а для гідратних бетонів застосовують лимоніт з магнезитом, серпентиніт та інші гірські породи з високим вмістом хімічно зв'язаної води. При виготовленні бетонних сумішей доцільно вводити добавки, які містять легкі елементи (бор, кадмій, літій).

7.8 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЛЕГКІ БЕТОНИ. ЛЕГКІ БЕТОНИ СУЦІЛЬНОЇ СТРУКТУРИ НА ПОРИСТИХ ЗАПОВНЮВАЧАХ

Бетони називають легкими, якщо у сухому стані їх середня густина не перевищує 2000 кг/м^3 . Зниження їхньої маси досягають в основному за рахунок полегшення заповнювача, іноді поризацією в'язучої частини.

Конструкції з легких бетонів дають можливість поліпшити теплотехнічні та акустичні властивості будівель, значно знизити їхню масу, розв'язувати проблеми об'ємного та багатоповерхового будівництва, а також будівництва у сейсмічних районах. Використання легких бетонів сприяє зменшенню вартості будівництва на 10...20 %, зниженню затрат праці до 50 %, зростанню продуктивності праці на 20 %.

За призначенням та технічними властивостями легкі бетони поділяють на конструкційні, що застосовують для конструкцій, які несуть навантаження (стіни, перекриття та ін.); теплоізоляційні, що застосовують в огорожувальних шарових конструкціях як утеплювач, тощо; конструкційно-теплоізоляційні для огорожувальних конструкцій.

За середньою густиною в сухому стані легкі бетони мають марки Д200...Д2000, за морозостійкістю F25...F500, за водонепроникністю конструкційні легкі бетони мають ті самі марки, що і важкі бетони. У залежності від гарантованих значень міцності бетонів при стиску встановлюються такі класи: LC 8/9; LC 12/13; LC 16/18; LC 20/22; LC 25/28; LC 30/33; LC 35/38; LC 40/44; LC 45/50; LC 50/55; LC 55/60; LC 60/66; LC 70/77; LC 80/88.

Конструкційні легкі бетони марок М150...М400 виробляють із застосуванням портландцементу чи його різновидів марок М300...М600, іноді спеціальних цементів та пористих заповнювачів – керамзитового гравію, аглопоритового щебеню, шлакової пемзи, зольного гравію, спученого перліту, спученого вермикуліту, гранульованого шлаку, паливних відходів – зол та шлаків, органічних заповнювачів (відходи деревини, стебла костриці, гранули пінополістиролу тощо). Найчастіше дрібним заповнювачем у таких бетонах є природний пісок. Середня густина цих бетонів становить $1600...1800 \text{ кг/м}^3$, теплопровідність у сухому стані – $0,35...0,60 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, марки за водонепроникністю (гідростатичний тиск, МПа) – $0,2...1,2$. Легкі бетони суцільної структури

більш тріщиностійкі, ніж важкі бетони, але мають більшу усадку і повзучість

Теплоізоляційні легкі бетони мають невисоку середню густину (нижче 500 кг/м^3) і тому у сухому стані теплопровідність їх нижче $0,20 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

Бетони середніх класів міцності мають середню густину $500..1400 \text{ кг/м}^3$ і теплопровідність до $0,5..0,6 \text{ Вт/(м К)}$. і тому поєднують функції конструкційного і теплоізоляційного матеріалів (конструкційно-теплоізоляційні бетони).

7.9 КРУПНОПОРИСТИЙ БЕТОН: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ.

На відміну від звичайного крупно пористий бетон не має у своєму складі дрібного заповнювача, і міжзерновий простір у ньому лише частково заповнений тістом в'язучої речовини. Найбільшу міжзернову пустотність має однофракційний крупний заповнювач, тому потрібно брати заповнювач, наприклад, тільки фракції $5..10$ чи $10..20$ мм. Середня густина крупнопористого бетону при використанні природних заповнювачів із важких гірських порід – $1700..1900 \text{ кг/м}^3$, а при використанні природних або штучних легких заповнювачів можна знизити середню густину до $500..700 \text{ кг/м}^3$. За міцністю при стиску крупно пористий бетон має класи $B1..B7,5$, теплопровідність становить $0,30..0,98 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Із крупнопористого бетону виготовляють конструкції і матеріали, розраховані для роботи при стиску: блоки та панелі стін, плити теплоізоляції стін і покриттів, стіновий камінь, монолітні бетонні стіни. Ці вироби і конструкції мають відкриту та наскрізну пористість, і тому їх обов'язково треба обштукатурювати. Крупнопористий бетон належить до високоекономічних, тому що у порівнянні із звичайним легким має значно меншу витрату в'язучої речовини ($70..150 \text{ кг/м}^3$). Економічна доцільність його виробництва і застосування особливо зростає у місцевостях, де немає дрібного заповнювача.

7.10 НІЗДРЮВАТИЙ БЕТОН: СИРОВИНА, ВИРОБНИЦТВО, ЗАСТОСУВАННЯ

Ніздрюватий бетон – це штучний матеріал, який складається із затверділої в'язучої речовини і рівномірно розподілених у ній пор розміром $1..2$ мм, які займають до 85% загального об'єму. Ніздрюватий бетон за способом пороутворення поділяють на піно-, газобетон, а також газопінобетон.

Пінобетон одержують змішуванням цементного тіста або цементного розчину з піною. Піну готують окремо перемішуванням піноутворювача з водою. Піноутворювачі – рідкі суміші каніфольного мила і тваринного клею, водний розчин сапоніну (витяг із рослинного мильного кореня), препарат ГК (гідролізована кров). Готують пінобетонну суміш у пінобетонозмішувачі, який складається з трьох барабанів. В один барабан завантажують цемент з водою і меленим піском (кремнеземистий компонент), у другий – піну, а в третьому змішують піну і розчин. Приготовлену суміш розливають у металеві форми і пропарюють у камерах. Якщо в'язучим є вапно, то пінобетон твердне в автоклавах.

Газобетон готують із суміші цементу, вапна, кремнеземистого компонента, води та газоутворювача – алюмінієвої пудри чи пасти або водного розчину перекису водню H_2O_2 . Внаслідок взаємодії алюмінію з гідроксидом кальцію виділяється водень, який спучує тісто. Газобетонну суміш виливають у металеву форму на 3/4 об'єму, де вона спучується і повністю заповнює форму. Потім газобетон твердне в автоклавах або пропарювальних камерах (рис. 7.10).

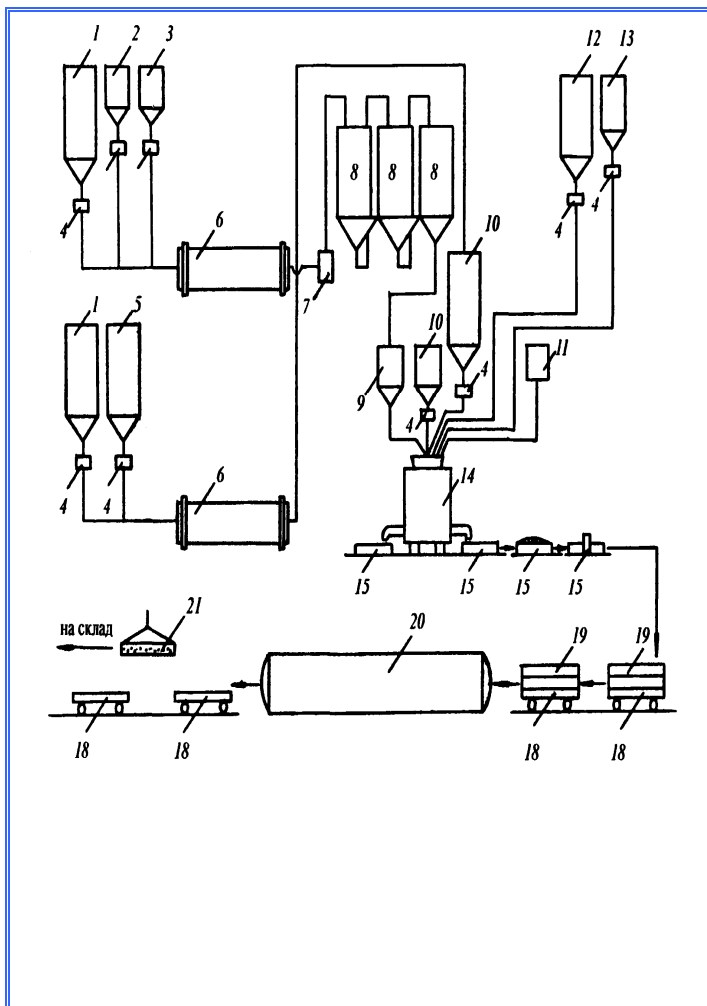


Рис. 7.10. Технологічна схема виготовлення газобетонних виробів за литвювою технологією:
 1 – бункер піску; 2 – бункер води;
 3 – бункер з ПАР; 4 – дозатор;
 5 – бункер вапна; 6 – кульовий млин;
 7 – насос; 8 – шламовий басейн; 9 – дозатор шламу;
 10 – бункер вапняно-піщаної суміші; 11 – дозатор алюмінієвої пудри;
 12 – бункер портландцементу;
 13 – бункер гіпсу;
 14 – газобетонозмішувач; 15 – пост заливання форм;
 16 – пост визрівання; 17 – пост зрізання;
 18 – автоклавний візок; 19 – форми;
 20 – автоклав; 21 – готовий виріб

Ніздрюваті бетони, як і бетони на пористих заповнювачах, поділяють на теплоізоляційні ($\rho_m < 500$), конструкційно-теплоізоляційні ($\rho_m = 500 \dots 900 \text{ кг/м}^3$) і конструкційні ($\rho_m = 900 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$). За середньою густиною ніздрюваті бетони мають марки D300... D1200.

Для бетонів конструкцій, які піддаються поперемінному заморожуванню і відтаванню, встановлюються такі марки за морозостійкістю: F15, F25, F35, F50, F75, F100. Теплопровідність $0,08 \dots 0,38 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, усадка – $0,1 \dots 0,4 \text{ мм/м}$. З ніздрюватих бетонів виготовляють стінові блоки та панелі і теплоізоляційні вироби. Високі теплоізоляційні властивості ніздрюватих бетонів дають змогу зменшувати товщину стін будинків у 2,5 рази.

7.11 СУЧАСНІ БЕТОНИ

Одним із найважливіших будівельних матеріалів сучасності є бетон. Бетон відноситься до матеріалів не тільки з блискучим минулим і сучасним, але й з чудовим майбутнім. Вчені постійно і дуже успішно працюють над створенням нових різновидів бетону, які призначені задовольнити будь-які потреби промисловості і будівельної галузі.

Розроблені так звані *DSP* – *композити* (ущільнені системи, що вміщують гомогеннорозподілені ультра малі частинки) з міцністю при стиску більше 250 МПа. Ці матеріали, які вміщують спеціально підготовлені цементи, мікро- кремнезем, спеціальні заповнювачі і мікрОВОлокна, за рахунок спеціальних технологічних прийомів при $V/C=0,12 \dots 0,22$ дозволяють досягти міцності до 270 МПа при високій стійкості до корозійного впливу і стирання.

В сучасному будівництві широкого застосування набули *вироби із ніздрюватого бетону* (рис.7.11.1). Технічні характеристики виробів: середня густина – $400 - 700 \text{ кг/м}^3$, марки за міцністю – 25, 35, теплопровідність – $0,098 \dots 0,18 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, морозостійкість – 25, 35 циклів.

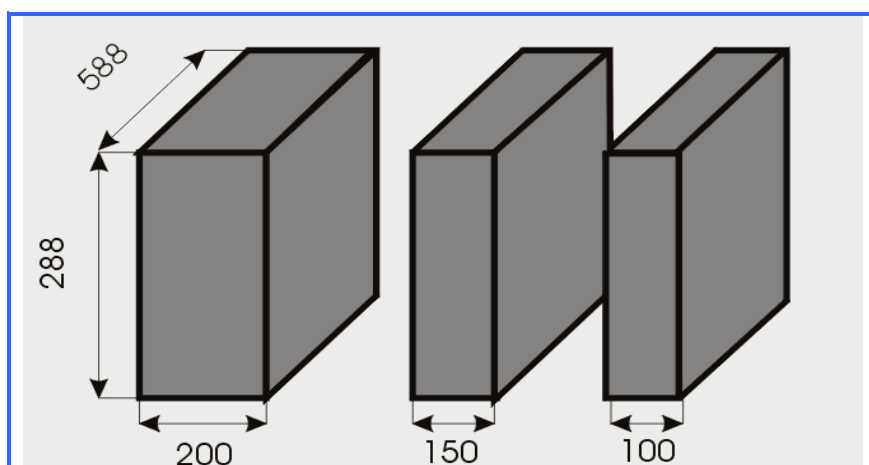


Рис. 7.11.1.
Пористі блоки для
кладки внутрішніх
і зовнішніх стін,
перегородок

Для влаштування підлог промислових будівель використовуються бетони на магнезійному в'язучому марки „МагБет” (рис. 7.11.2).

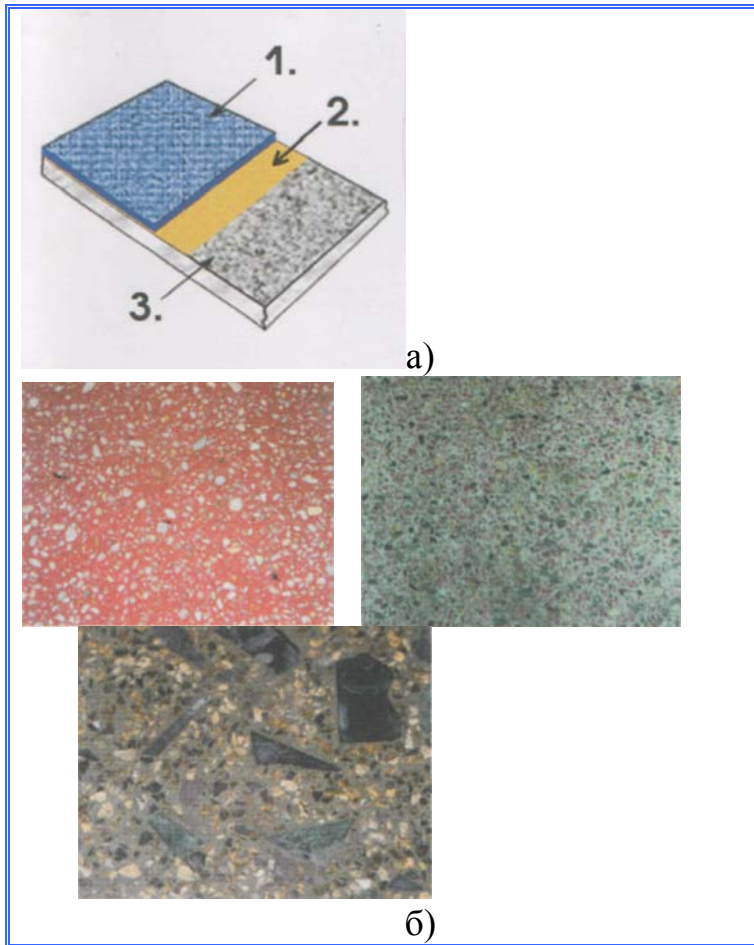


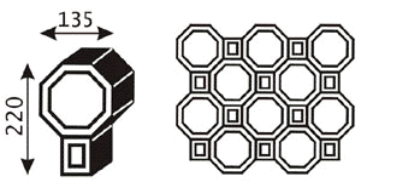
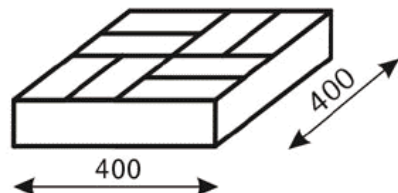
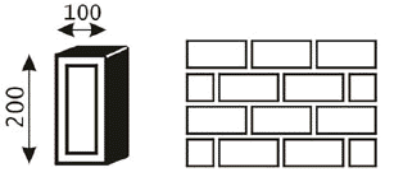
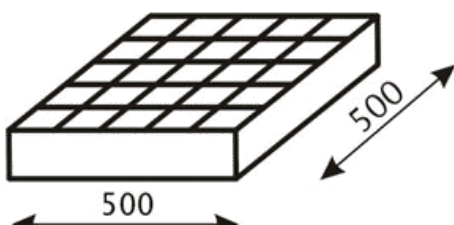
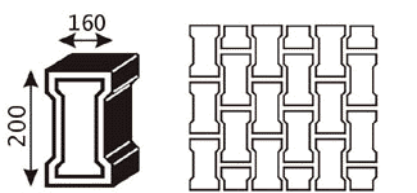

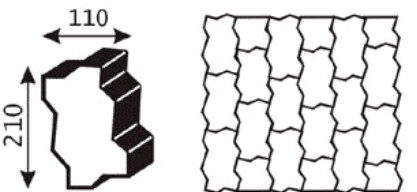
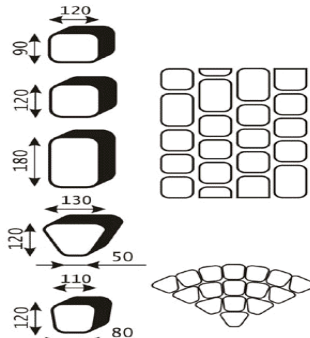
Рис. 7.11.2. Магнезійні підлоги „МагБет”: а – склад підлоги; б – текстурні і кольорові рішення підлог:
1 – магнезійне покриття 15...40 мм; 2 – адгезійна ґрунтовка; 3 – бетонна основа з гідроізоляцією

Основні властивості: висока міцність, декоративність, безшовність і відсутність усадки, довговічність, хімічна стійкість до лугів, нафтопродуктів, гігієнічність, екологічність, висока адгезія до різних основ, звукопоглинання і теплоізоляція, антистатичність, міцність при стиску 50...70 МПа, міцність на розтяг 15...20 МПа, поверхнева твердість 150...200 МПа, теплопровідність 0,5...0,7 Вт/(м·К).

Щорічно зростає використання бруківки (табл. 7.11.1). Всі вироби відповідають вимогам УкрСепро ДСТУ Б В.2.6-2-95. Міцність – М400, стираність – 0,7 г/ см², водопоглинання – до 6 %, морозостійкість – марка F200.

Таблиця 7.11.1

Типи бруківки із бетону

Молоток		Плита	
Цегла дорожня		Плита	
Подвійне Т		Плита ажурна	
Фалка		Старе місто	

Структура бетону із застосуванням базальтових волокон (базальтоцемент) близька до структури, армоцементу з арматурою із сталевих сіток. Проте базальтоцемент має вищу міцність і деформативність, оскільки армуючий його базальт забезпечує вищий ступінь дисперсності армування каменю, і сам базальт має вищу міцність, ніж сталева сітка. Крім того, базальтоцемент може витримувати великі пружні деформації, тому що базальтове волокно при розтягуванні пластичних деформацій не має, а за показником пружності перевершує сталь. При твердінні цементного каменю утворюється агресивне середовище, яке руйнує поверхню волокна, утворюючи при цьому раковини. Міцність волокна зменшується на 10%, але за рахунок раковин, що утворилися, міцність зчеплення каменю і волокна

збільшується, таким чином міцність самого виробу зростає. При використанні товстих волокон (більше 100 мкм) їх міцність не змінюється.

Головними особливостями базальтоцементу є його висока міцність при всіх видах напружених станів і здатність витримувати великі деформації в пружному стані. При цьому відносна деформація цементного каменю без утворення тріщин досягає 0,7-0,9 %. Будучи хімічно інертним, базальтове волокно не вступає в реакцію з солями або фарбниками, тому бетонні розчини з добавкою волокна застосовуються і при будівництві морських споруд, і в архітектурному і декоративному бетонах. У дорожніх покриттях волокно оберігає бетон і арматуру від проникнення агресивних речовин, а також підвищує залишкову міцність і стійкість до заморожування-відтавання, підвищує шорсткість поверхні. Використання якісного бетону із спеціальними добавками, включаючи моноволоконне армування, забезпечують стійкість до перепадів температур, захищаючи від розломів, тріщин і відшарування поверхні; виключає пластичні і усадкові тріщини; збільшує довговічність поверхні, краю і шва, також стійкість до стирання і ударів; забезпечує ранню міцність при стиску, тобто міцність, якої звичайний бетон набуває тільки через 28 днів з моменту укладання.

Фібробетон є перспективним конструкційним матеріалом для багатоцільового застосування у будівництві, в якому як армуючий компонент використовують фібри (короткі, або перервні, волокна), що рівномірно розподіляються в об'ємі бетонної матриці. Для дисперсного армування придатні різні види металевих та неметалевих волокон мінерального й органічного походження. Армування може здійснюватись як одним видом фібр, так й їхньою сумішшю (різної довжини і різного складу).

Методи дисперсного армування передбачають отримання направленої або довільної орієнтації волокон в об'ємі бетону. Направлена орієнтація реалізується в основному при використанні безперервних структур (тканих і нетканих сіток, розріджених тканин та інших матеріалів). Подібний вид орієнтації може здійснюватись при армуванні бетонів короткими волокнами, наприклад, сталевими фібрами при формуванні виробів у магнітному полі.

Армування в'язучих матеріалів волокнами дозволяє підвищити міцність цементного каменю при розтягу та згині на 50...240 %. Міцність при стиску може бути підвищена на 90 % для цементного розчину і на 15 % для бетону. Ударна в'язкість, опір стиранню, морозостійкість бетонів при армуванні волокнами може зростати на 200...300 %.

Технологія виготовлення і властивості фібробетонів на основі портландцементу. Склад композицій і укладання бетонної суміші залежать

від матеріалу волокон, які застосовуються. Зазвичай вводять 1...4 % фібри за об'ємом суміші. Як правило, армуючий компонент додають в останню чергу до добре гомогенізованої бетонної суміші, в складі якої обмежена максимальна крупність заповнювача (10 мм), а витрата цементу становить 400...500 кг/м³. Легкоукладальність таких сумішей погіршується, що обумовлює необхідність додавання води вище норми або застосування пластифікаторів. Доцільно також використовувати зовнішнє вібрування суміші.

Фібробетон формують різними методами: центрифугуванням, розпиленням, екструзією, прокатуванням, литтям під тиском, вібруванням та ін. До перспективних методів отримання відносять забризкування під тиском (подібно до торкретування) з одночасним подаванням волокон на великій швидкості. Розпилення суміші і волокон виконують у декілька проходів, що забезпечує однорідний розподіл волокон як по усій площі, так і по товщині виробів.

При виготовленні виробів круглого перерізу (труб, стовпів) із порівняно великою кількістю арматури застосовують метод втискування, який базується на принципах центрифугування та окремого (роздільного) пресування.

Різновидом фібробетону є азбестоцемент.

Азбестоцемент – це композиційний матеріал, утворений внаслідок твердіння раціонально підібраної маси цементу, азбесту – тонковолокнистого мінералу групи серпентину (хризотил-азбест) та води. Цементний камінь працює на стиск, а азбест править за арматуру, сприймаючи розтягуючі зусилля. Для азбестоцементних виробів використовують азбест 3 - 6-го сортів з довжиною волокон до 10 мм і діаметром 30...40 мкм. Міцність азбесту на розтяг 3000...5400 МПа; після механічної обробки вона знижується до 700...750 МПа. Азбест не горить, має малу теплопровідність.

В'язучий компонент азбестоцементу – портландцемент, який має у своєму складі $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$ не менше ніж 52 %, $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ – 3...8 %. Тонкість помелу цементу – 220...320 м²/кг, початок тужавлення – не раніше як за 1,5 год., закінчення – не пізніше як за 10 год від початку змішування з водою, марка – не нижче 400. Іноді використовують піщаний портландцемент із вмістом 50 % меленого кварцового піску. Залежно від виду виробів до складу суміші входять 10...25 % азбесту і 90...85 % цементу.

Розрізняють три способи формування азбестоцементних виробів: мокрий, напівсухий, сухий. Процес виготовлення азбестоцементу *мокрим способом* складається з таких операцій: розпушування азбесту в бігунах при зволоженні водою до вологості 30...35 %; приготування

суспензії азбесту, цементу та води у турбозмішувачі; подача азбестоцементної суспензії у ванни формувальної машини (рис. 7.11.3), де обертаються порожнисті циліндри з перфорованою поверхнею.

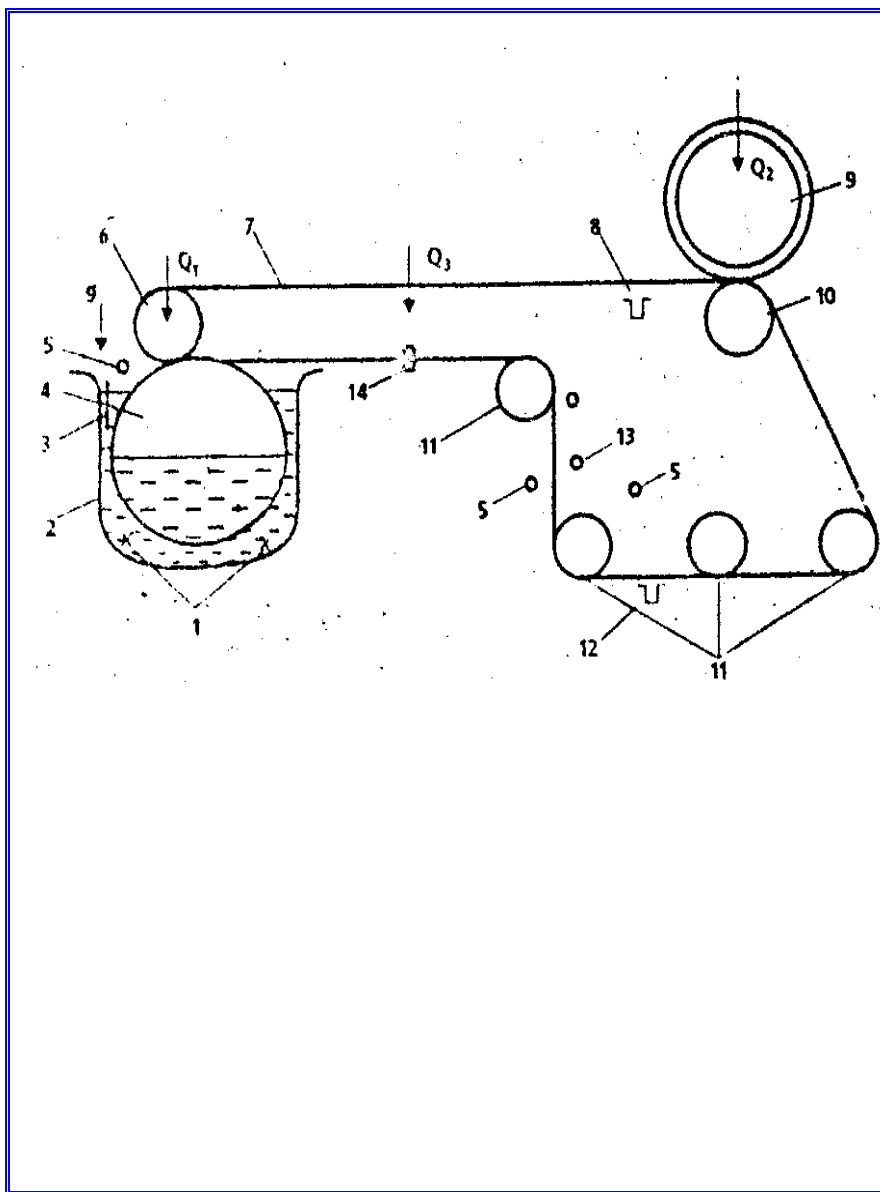


Рис. 7. 11.3.Схема формувальної машини для виробництва азбестоцементу: 1 – змішувач; 2 – ванна; 3 – перегородка; 4 – сітчастий циліндр; 5 – промивні труби; 6 – вал; 7 – суконна стрічка; 8,12 – вакуум-коробки; 9 – металевий форматний циліндр; 10 – ведучий вал; 11 – напрямні валки; 13 – відбійний валик; 14 – віджимні валки

На поверхні циліндра відкладається азбестоцементна маса у вигляді вологого шару 1...2 мм завтовшки, яка знімається з поверхні сукном. Сукно транспортує азбестоцементний шар до вакуумобробки, потім шар накручується на приймальний барабан до потрібної товщини. Шар зрізують і знімають на конвеєр різального пристрою, потім формують пресуванням та обробляють у пропарювальній камері при температурі 60 °С. Далі матеріал твердіє на складі протягом 7 діб.

Напівсухий спосіб передбачає приготування маси вологістю 30...35 % з наступним ущільненням на пресах.

За сухим способом масу зволожують до 12...16 % перед ущільненням, а розпушування азбесту і перемішування з цементом відбувається у сухому стані.

Виготовляють азбестоцементні вироби екструзійним способом, який полягає у видавлюванні пластичної суміші крізь мундштук.

Азбестоцементні вироби у сухому стані мають такі властивості: $\rho_m = 1500 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$, $W = 15 \dots 28 \%$, $\Pi = 25 \dots 45 \%$, $R_{ct} = 30 \dots 80 \text{ МПа}$, $R_3 = 15 \dots 40 \text{ МПа}$, $R_{роз} = 10 \dots 25 \text{ МПа}$, $\lambda = 0,35 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$, морозостійкість – 25...100 циклів.

Номенклатура азбестоцементних виробів налічує понад 40 назв: профільовані листи для покрівель і обшивки стін; плоскі плити для облицювання стін; панелі покрівельні та стінові з теплоізоляційним шаром; труби тощо.

Профільовані хвилясті листи виготовляють низького, середнього та високого профілю.

Хвилясті листи низького, або звичайного профілю позначаються ВО, середнього профілю – ВС, листи високого профілю поділяються на кілька видів: підсиленого профілю – ВУ, уніфікованого – УВ, середньоєвропейського – СЄ (табл.7.11.2).

Азбестоцементні плоскі листи (рис. 7.11.5) випускаються як пресованими так і не пресованими. Призначені для виготовлення і облицювання будівельних конструкцій, зокрема для облаштування зовнішніх екранів теплоізоляційного захисту з використанням матеріалів типу «Rockwool», для перегородок та інших огорожуючих конструкцій як всередині так і зовні будівель і споруд.

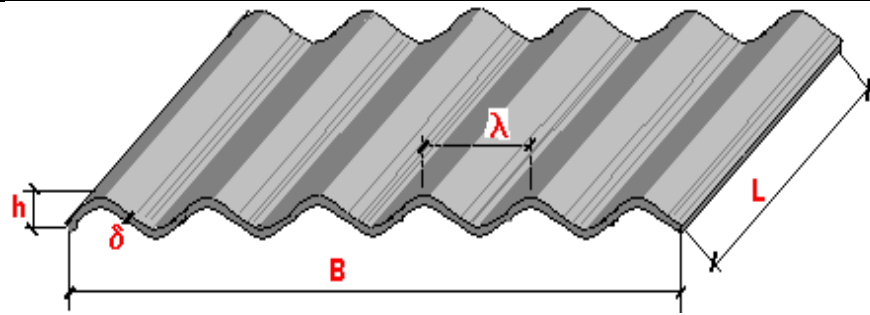
Особливістю використання плоских азбестоцементних листів є мінімум трудовитрат, легкість і швидкість монтажних робіт та різноманітність конструктивних рішень.

Характеристики: довжина – 1500 та 3000 мм; ширина – 1200 та 1500 мм; товщина – 8, 10, 12 мм; морозостійкість – не менше 100 циклів; довговічність – не менше 50 років.

Використовують для виготовлення стінових панелей та облицювання стін і стель.

Таблиця 7.11.2

Профільовані азбестоцементні листи



Назва	Марка	Довжина, мм	Ширина, мм	Товщина, мм	Висота хвилі, мм	Крок хвилі, мм	Маса листа, кг	R _{згин} МПа
Хвилясті звичайного профілю	ВО	1200	686	5,5	28	115	10	14
Хвилясті середнього профілю	СВ-40-1750	1750	1130	5,8	40	150	26	16
	СВ-40-2000	2000		6,0			38	18
	СВ-40-2500	2500		6,0			31	18
Хвилясті підсиленого профілю	ВУ-К-2800	2800	1000	8,0	50	167	50	18
	ВУ-С-2800						16	
Хвилясті уніфіко ваного профілю	УВ-6-1750	1750	1125	6,0	54	200	26	19
	УВ-6-2000	2000		6,0			32	19
	УВ-6-2500	2500		6,0			39	19
	УВ-7,5-1750	1750		7,5			35	20
	УВ-7,5-2000	2000		7,5			40	20
	УВ-7,5-2500	2500		7,5			50	20
Хвилясті середньо європейського профілю	СЕ-51/177	1750 2000 2500	1150	6,0	51	177	29 33 41	18
Велико хвильові листи конструкція (рис. 7.11.4)	ВК	3300	1220	10	1352	3505	89	23
	К1	6300	1164	10	10	00	244	

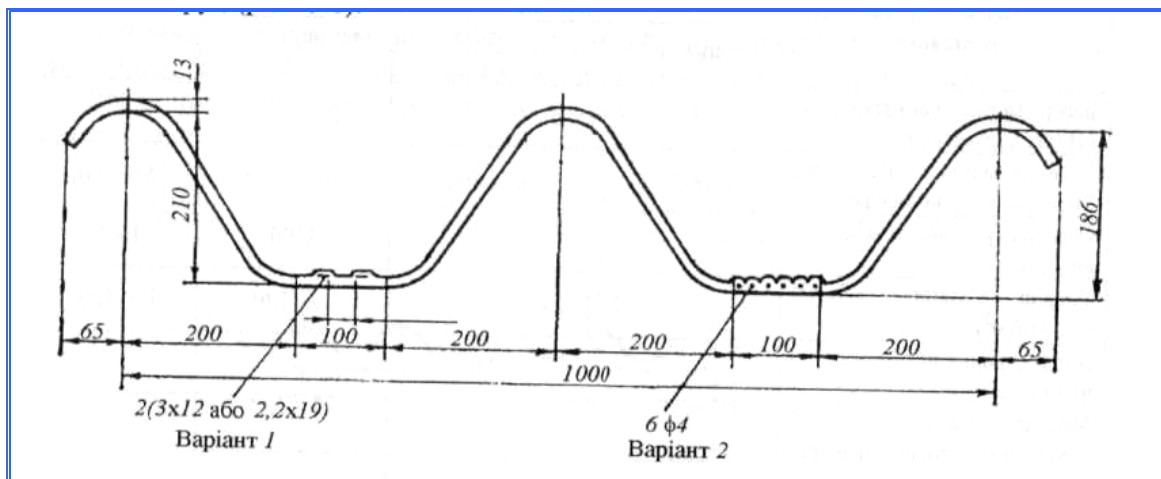


Рис 7.11.4. Поперечний переріз азбестоцементного армованого настилу.



Рис. 7.11.5. Азбестоцементні плоскі листи.

Багатошарові панелі типу „сандвіч” призначені в основному для влаштування стінових огорож і будівель громадського, житлового, адміністративного та виробничого призначення (рис. 7.11.6). Вони можуть бути виконані з жорстким утеплювачем (ніздрюватим бетоном, пінополіуретаном, піносклом, перлітобетоном), а також з м'яким або напівжорстким утеплювачем (фібролітом, пінопластом) і обв'язкою з антисептованої деревини або металевих профілів. Як обшивку застосовують плоскі і профільні азбестоцементні листи. Панелі поділяють на основні розмірами $3 \times 1,5$ м і добірні – для влаштування простінків і кутів будівель.

Панелі для стін і покрівлі – це шарова конструкція з двох азбестоцементних листів, з'єднаних по контуру, між якими укладений теплоізоляційний матеріал (рис. 7.11.7). Каркас для стінової панелі може бути із металу, азбестоцементу, деревини, пластмаси тощо. Товщина стінової панелі – 120...200 мм.

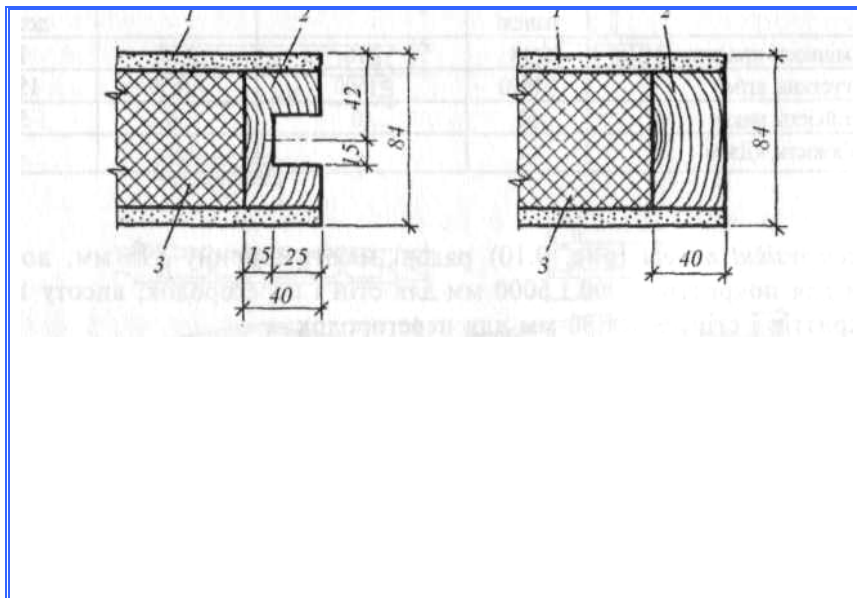


Рис. 7.11.6.
Фрагмент стінової
панелі типу
„сандвіч”:
1 –
азбестоцементний
плоский лист;
2 – дерев’яні
бруски;
3 – пінопласт
ФРП-11

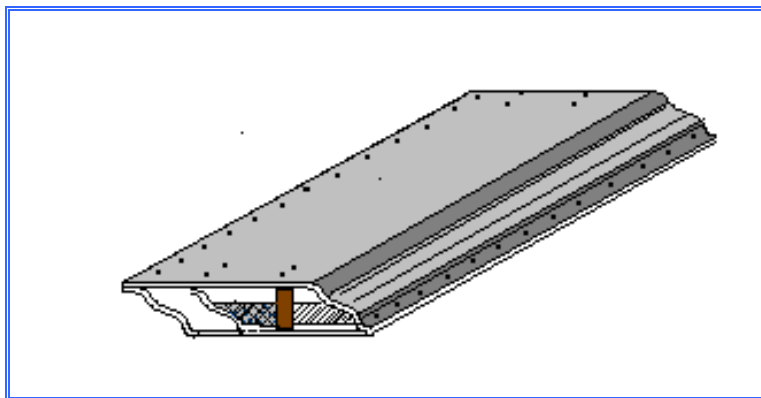


Рис. 7.11.7.
Азбестоцементна панель
для покрівлі.

Панелі (плити) азбестоцементні тришарові з обшивками із плоских азбестоцементних листів з утеплювачем із пінопласту (ГОСТ 24581) застосовуються для стін, покриттів і підвісних стель виробничих будівель, які експлуатуються в неагресивних і слабоагресивних середовищах при температурі зовнішньої поверхні панелі від -50 до +75 °С, температурі внутрішньої поверхні панелі вище 30 °С, відносній вологості повітря в середині приміщень не більше 75 %. Залежно від точності виготовлення і зовнішнього вигляду панелі можуть бути трьох сортів – вищого, 1 та 2. Зовнішню і внутрішню поверхні панелей захищають гідрофобізуючою рідиною або водостійким лакофарбовим покриттям.

Для виготовлення панелей застосовують азбестоцементні плоскі листи (через 28 діб після їх виготовлення) із захисно-декоративним покриттям або без нього, які характеризуються вологістю не більше як 8%. Довжина панелей досягає 6000 мм, ширина – до 1500, товщина змінюється від 60 до 200 мм.

Якість панелей визначається прямолінійністю профілю, міцністю і жорсткістю панелей при поперечному згині, фізико-механічними показниками пінопласту (середньою густиною, коефіцієнтом теплопровідності, лінійною усадкою, водопоглинанням, міцністю при стиску та зсуві), а також міцністю зчеплення при рівномірному відриванні пінопласту від листів та при зсуві.

Із азбестоцементу виготовляють труби для каналізації, водопроводів, для меліорації. Випускають труби двох видів: напірні 6 і 9 атм., внутрішній діаметр – 100...500 мм, довжина 5 м; безнапірні Ø100...200 мм, довжина 5 м.

Азбестоцементні безнапірні труби застосовують для влаштування зовнішніх трубопроводів безнапірної каналізації, димоходів, повітроводів, газоходів, сміттєпроводів у житлових будинках, при прокладанні дренажних колекторів, для водовідливів через дороги та переїзди, як стовпчики для парканів, для захисту телефонних та інших провідникових комунікацій.

Азбестоцементні напірні труби застосовують для напірних водопровідних, меліоративних та зрошувальних систем, напірних мереж питної та технічної води, напірної каналізації, теплотрас, вентиляції, дренажних колекторів, теплоізоляції у теплових агрегатах, фундаментів у заболочених місцях.

Переваги азбестоцементних труб: стійкі до корозії, агресивних середовищ, негорючі, довговічні, не виділяють токсичних газів, з високою пропускною здатністю, економічні, прості при монтажі, не потребують гідроізоляції.

Для з'єднання напірних труб використовують азбестоцементні муфти з гумовими кільцями, які герметизують стикове з'єднання, для безнапірних – поліетиленові або азбестоцементні муфти без гумових кілець.



7.13 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... Бетон як будівельний матеріал знали в глибокій давнині. Іще за 3600 років до нової ери в Єгипті із цього матеріалу була збудована піраміда Німбуса, галереї єгипетського лабіринту, важливі гідротехнічні і культові споруди, мости тощо. Збереглися залишки і вавилонських бетонних споруд. Бетон використовували стародавні греки та карфагеняни. В Карфагені Ангорський акведук збудовано з бетону на вапняному в'язучому і мармуровому щебені. На американському континенті, в Мексиці, знайдені бетонні фундаменти древніх споруд

давно зниклої культури, в Китаї – значна частина Великої китайської стіни.

...В стародавньому Римі будівельники вперше використовували бетон (з в'язучих матеріалів застосовували глину, гіпс, вапно, асфальт) на будівництві гідротехнічних споруд при зведенні молу в порту Калігула біля Ніаполю, при спорудженні великого храму Пантеон із бетонним куполом діаметром більш як 40 м, при зведенні масивних споруд і таких конструкцій, як склепіння, куполи, тріумфальні арки. З падінням Римської імперії застосування бетону припинилося і відновилося лише у XVIII столітті в західноєвропейських країнах.

...Поява високоміцних бетонів відкрила нову еру в будівництві. Їхні унікальні властивості дозволили реалізувати такі будівельні проекти, про які відносно недавно важко було навіть мріяти. Досить згадати тунель під Ла-Маншем, 125-поверховий хмарочос в Чикаго, міст через протоку в Акасі в Японії з центральним прогоном 1990 м тощо.

...Пінобетон виготовлено в Швеції під час енергетичної кризи у 1923 р. У зв'язку з обмеженням на використання деревини в будівництві тривав пошук матеріалу, який поєднував би в собі позитивні якості деревини, такі як висока теплоізоляція, безпечність для людини, мала вага, легкість обробки, щоб був водночас не горючим, не гнив. Архітектор Апекс Еріксон, що працював в містечку Іксхалтс, перший у світі розпочав промислове виробництво пінобетону, офіційно зареєстрував матеріал під назвою „Ytohg”.

...Фібробетони на поліпропіленових волокнах розроблені в інженерній лабораторії армії США і початково призначались для захисних оболонок паль, а також бетонних плит покриттів. На цей час волокна застосовують у конструкційному бетоні для морських споруд (укріплень), мостів та водосховищ, а також у збірному бетоні та торкретбетоні. Нові розробки включають антибактеріальний бетон, „тонкий” бетон для покриття асфальтованих доріг, „шорсткий” бетон з оголеним заповнювачем та бетон із низькою здатністю до вибухового відколювання при дії вогню.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке бетон і з яких матеріалів його виготовляють?
2. Дайте класифікацію бетонів.
3. Назвіть галузі застосування бетонів у будівництві.
4. Як визначити рухливість і жорсткість бетонної суміші?
5. Які чинники впливають на міцність бетону?
6. За якою схемою розраховують склад важкого бетону?
7. Опишіть технічну схему виробництва бетонної суміші.

8. Які особливості бетонування взимку?
9. Які ви знаєте різновиди спеціальних бетонів?
10. Які фактори впливають на міцність бетону?
- 11.3 яких матеріалів виготовляють азбестоцементні вироби? Які є способи їх виробництва?
12. Назвіть види азбестоцементних листів для покрівлі.
13. Як виготовляють азбестоцементні панелі для стін?



ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

VII. 1 (сировина)

- I. Основним активним компонентом бетону є:
 - 1) щебінь;
 - 2) пісок;
 - 3) цемент;
 - 4) добавки.
- II. Вміст глинистих частинок у піску для бетону повинен бути не більше:
 - 1) 3 % за масою;
 - 2) 5 % за масою;
 - 3) 1 % за масою.
- III. Якщо модуль крупності піску дорівнює 2,1, то це буде пісок:
 - 1) крупний; 2) середній; 3) дрібний.
- IV. Для дрібного піску модуль крупності знаходиться в межах:
 - 1) 1,5...2,0; 2) 2,1...2,5; 3) 1,0...1,5.
- V. Гравій для бетону має крупність:
 - 1) 0,16...5 мм; 2) 5...70 мм; 3) 15...70 мм.
- VI. Для підвищення рухливості бетонної суміші вводять:
 - 1) лігносульфонат;
 - 2) хлорид кальцію;
 - 3) хлорид натрію.
- VII. Для виготовлення пінобетону необхідні такі компоненти:
 - 1) цементний розчин і гідролізована кров;
 - 2) цементно-вапняний розчин і алюмінієва пудра;
 - 3) цементний розчин і керамзит.
- VIII. Прискорювачі твердіння для бетону:
 - 1) лігносульфонат;
 - 2) поташ;
 - 3) кремнійорганічні рідини.

ІХ. Якщо у піску для приготування бетону знаходяться глинисті частинки 6 %, то такий пісок:

- 1) необхідно просіяти;
- 2) необхідно промити;
- 3) можна використати для бетону.

Х. Керамзитовий гравій можна застосовувати для виготовлення:

- 1) важкого бетону;
- 2) легкого бетону на пористих заповнювачах;
- 3) пінобетону.

VII. 2. (виробництво)

I. Щоб приготувати важкий бетон необхідні компоненти:

- 1) цемент, вода, пісок, гранітний щебінь;
- 2) цемент, вода, пісок, керамзитовий щебінь;
- 3) цемент, вода, милонафт, пісок.
- 4) цемент, вода, перліт.

II. Для виготовлення пінобетону необхідно взяти добавку:

- 1) алюмінієвої пудри;
- 2) клеєканіфольної суміші;
- 3) хлориду кальцію;
- 4) поташу.

III. Якщо ввести в цементний розчин алюмінієву пудру, то отримаємо:

- 1) пінобетон;
- 2) газобетон;
- 3) керамзитобетон.

IV. При приготуванні бетонної суміші цемент дозують з точністю:

- 1) до 2 %;
- 2) до 5 %;
- 3) до 1 %.

V. Час перемішування бетонних сумішей у барабані бетонозмішувача може бути:

- 1) 1 хв;
- 2) 1 год;
- 3) 45 хв.

VI. Для надання щільності і міцності бетону в процесі укладання необхідно:

- 1) висушувати;
- 2) вібрувати;
- 3) змочувати.

VII. Для правильного нарощування міцності бетону необхідно:

- 1) поливати через 10 годин після бетонування;
- 2) поливати через 10 хвилин після бетонування;
- 3) висушувати;
- 4) заморожувати;
- 5) не робити нічого.

VIII. Твердіння бетону сповільнюється при температурі:

- 1) 20...30 °С;
- 2) 5...10 °С;
- 3) 10...20 °С.

IX. Якщо змішати цементний розчин з розчином сапоніну то отримаємо:

- 1) пінобетон;
- 2) газобетон;
- 3) газосилікат.

X. Щоб приготувати бетонну суміш складу 1 : 2 : 4, необхідно взяти:

- 1) цементу – 1 частину; щебеню – 2 частини; піску – 4 частини;
- 2) піску – 1 частину; цементу – 2 частини; щебеню – 4 частини;
- 3) цементу – 1 частину; піску – 2 частини; щебеню – 4 частини.

VII.3. (властивості)

I. Пластичність бетонної суміші визначають:

- 1) за допомогою стандартного конуса в секундах;
- 2) за допомогою стандартного конуса в см;
- 3) за допомогою приладу Віка в см;
- 4) за допомогою віскозиметра в секундах.

II. Для зміни рухливості бетонної суміші, не змінюючи міцності бетону необхідно:

- 1) ввести лігносульфат;
- 2) додати води.

III. Як зміниться пластичність бетонної суміші, якщо кількість піску збільшити згідно розрахунку:

- 1) не зміниться;
- 2) зменшиться;
- 3) збільшиться.

IV. Стандартні зразки з важкого бетону після 28 днів твердіння випробували при стиску, середнє значення руйнівного навантаження 500 кН, коефіцієнт варіації 13,5%. Який клас бетону?

- 1) B15;
- 2) B50;
- 3) B150;
- 4) B500.

V. Як визначити клас бетону за міцністю в лабораторії?

- 1) за границею міцності при стиску через 28 діб;
- 2) за границею міцності при стиску через 14 діб;
- 3) за границею міцності на згин через 28 діб;
- 4) за границею міцності на згин через 14 діб.

VI. Які розміри еталонного зразка при випробуванні бетону на міцність:

- 1) куб зі стороною 10 см;
- 2) куб зі стороною 15 см;
- 3) балочка 4×4×16 см.

VII. Водоцементне відношення у бетоні може бути:

- 1) 0,4...1;
- 2) 0,1...1;

3) 0,8...2;

4) 1...2,5.

VIII. Склад бетону позначено 1:2:4. Який матеріал показано числом „2”?

1) цемент;

2) гравій;

3) пісок;

4) вапно.

IX. Через 7 днів твердіння бетон набирає міцності:

1) 60...70 %;

2) 175 %;

3) 40 %;

4) 75 %.

X. Який матеріал позначає число „1” у складі бетону: 1 : 2 : 6?

1) щебінь;

2) пісок;

3) цемент.

VII.4. (застосування)

I. Який бетон краще застосовувати для виготовлення бетонного фундаменту житлового будинку?

1) вогнетривкий;

2) пінобетон;

3) звичайний важкий;

4) перлітобетон.

II. Із керамзитобетону можна виготовити:

1) залізобетонну колону;

2) стінову панель;

3) панель для дамби;

4) плити для підлоги цеху.

III. Для виготовлення дорожнього покриття доцільніше застосовувати:

1) важкий бетон на пластифікованому портландцементі;

2) перлітобетон;

3) важкий бетон на портландцементі;

4) важкий бетон на глиноземистому цементі.

IV. Декоративні бетони виготовляють на основі:

1) білого портландцементу;

2) пластифікованого портландцементу;

3) глиноземистого цементу.

V. Для теплоізоляційних бетонів можна застосовувати:

1) гранітний щебінь;

- 2) керамзитовий щебінь;
- 3) баритовий щебінь;
- 4) базальтовий щебінь.

VI. Для виготовлення корозійностійких підлог краще застосовувати:

- 1) полімерні бетони;
- 2) перлітобетони;
- 3) пінобетони.

VII. Для виготовлення виробів для набережних застосовують бетон:

- 1) перлітобетон;
- 2) гідротехнічний;
- 3) звичайний важкий.

VIII. Для виготовлення бетонних конструкцій, де необхідний швидкий набір міцності, застосовують бетон на основі цементу:

- 1) глиноземистого;
- 2) шлакового;
- 3) портландцементу;
- 4) гідрофобного портландцементу.

IX. Панелі для зовнішніх стін житлового будинку можна виготовити із:

- 1) шлакобетону;
- 2) гідротехнічного бетону;
- 3) гіпсобетону;
- 4) пластбетону.

X. На атомних електростанціях застосовують бетони на основі:

- 1) баритового щебеню;
- 2) вапнякового щебеню;
- 3) керамзитового щебеню;
- 4) шлаку.

РОЗДІЛ 8. МОНОЛІТНІ ТА ЗБІРНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ І БЕТОННІ ВИРОБИ І КОНСТРУКЦІЇ

8.1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ЗАЛІЗОБЕТОН

Залізобетон – це будівельний матеріал, в якому поєднані бетон і сталеві арматури, які різняться своїми властивостями і працюють в конструкції спільно. Бетон чинить удесятеро більший опір стиску, ніж розтягу, а сталь добре працює на розтяг. Тому арматуру розміщують у тих зонах виробу, які розраховані на сприйняття розтягувальних зусиль.

Бетон і арматура міцно зчеплюються між собою під час твердіння бетону, мають однаковий коефіцієнт лінійного розширення при зміні температури. Бетон захищає арматуру від корозії, і це все забезпечує високу міцність залізобетону.

Залізобетон є одним з основних конструкційних матеріалів у сучасному будівництві завдяки хорошим механічним властивостям, довговічності, вогнестійкості, технологічності, доступності сировинної бази, можливості створення різноманітних форм.

За способом виготовлення залізобетонні конструкції поділяють на:

- монолітні (зводять на будівельному майданчику);
- збірні (виготовляють на заводах).

За видом армування конструкції із залізобетону бувають із:

- звичайним армуванням (в процесі експлуатації можливі появи тріщин в розтягнутій зоні);
- попередньо напруженим армуванням (збільшує тріщиностійкість конструкцій).

За внутрішньою будовою залізобетонні вироби можуть бути:

- суцільні;
- порожнисті;
- комбіновані.

За призначенням збірні залізобетонні вироби поділяють на групи:

- для житлових і громадських будівель;
- для промислових будівель;
- для сільськогосподарських будівель і споруд;
- для технічних споруд.

За видом бетонів залізобетонні вироби є із:

- важких і легких цементних бетонів;
- силікатних бетонів;
- ніздрюватих бетонів;
- спеціальних бетонів.

8.2 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

Фундаменти і підземні частини будівель виготовляють із фундаментних блоків, паль, плит, панелей тощо.

Фундаментні блоки (рис. 8.2.1а) – це вироби з бетону класу В10 (М150). Висота блока – 600, довжина – 1200, 2400, товщина – 400...600 мм.

Блоки стін підвалу (рис.8.2.1б) – суцільні та порожнисті – виконують із важкого бетону класів В7,5 і В10 до 2500 мм завдовжки, до 500 мм завтовшки і 700 мм заввишки.

Палі мають квадратний переріз розмірами 300 × 300 мм, довжину 6...12 м, клас бетону – В25.

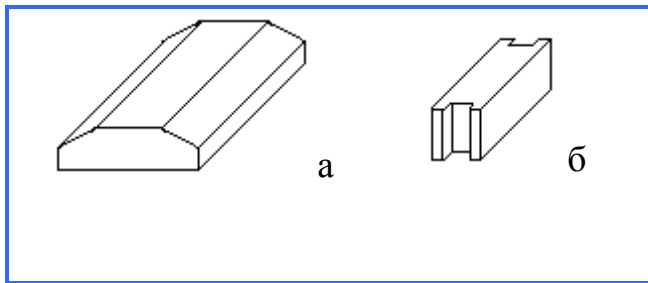


Рис.8.2.1. Збірні залізобетонні елементи фундаментів для громадських і житлових будівель: а – блок фундаментний; б – блок стін підвалів

Каркаси будівель, що складаються з залізобетонних колон, ригелів і прогонів, виготовляють із важкого бетону класів В15...В40.

Стінові панелі для зовнішніх стін (рис.8.2.2а) виготовляють одношаровими із легкого бетону класів В3,5...В7,5 середньою густиною 700...1000 кг/м³. Довжина панелей – 3600 і 7200, висота – 2900, товщина – 250, 300, 350 і 400 мм. З фасадного боку панелі облицьовують керамічною плиткою, зафарбовують атмосферостійкими фарбами чи оздоблюють декоративним шаром кольорового розчину. Панелі внутрішніх стін (рис.8.2.2б) виготовляють із важкого бетону класів В10...В25, товщина їх 120...160 мм. Застосовують також багатошарові панелі з внутрішнім шаром із теплоізоляційних матеріалів: мінеральної вати, пінополістиролу, ніздрюватого бетону тощо. Товщина таких панелей – 250...300 мм.

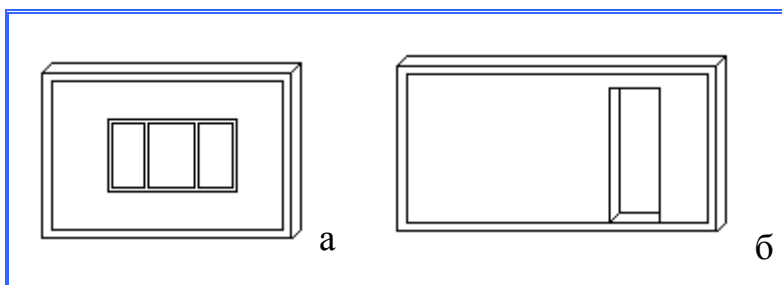


Рис. 8.2.2. Збірні залізобетонні стінові панелі для громадських і житлових будівель: а – зовнішня; б – внутрішні

Великі стінові блоки виготовляють із легкого бетону середньою густиною до 1200 кг/м^3 суцільними і порожнистими. Висоту і ширину блока вибирають за прийнятою системою розрізки стін. Блоки бувають рядові, кутові, перемичкові, підвіконні (рис. 8.2.3).

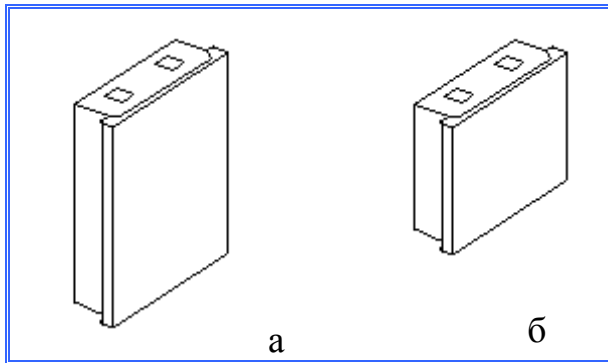


Рис. 8.2.3. Великі стінові блоки:
а – простінковий; б – підвіконний

Міжповерхові перекриття влаштовують із настилів, панелей, плит. Виріб на всю ширину кімнати називають панелею, а вужчі вироби – плитами. Довжина настилу дорівнює прогону до 12 м, товщина 220...300 мм, ширина 1600...2400 мм. Найбільш широко застосовують порожнисті плити перекриттів (рис.8.2.4).

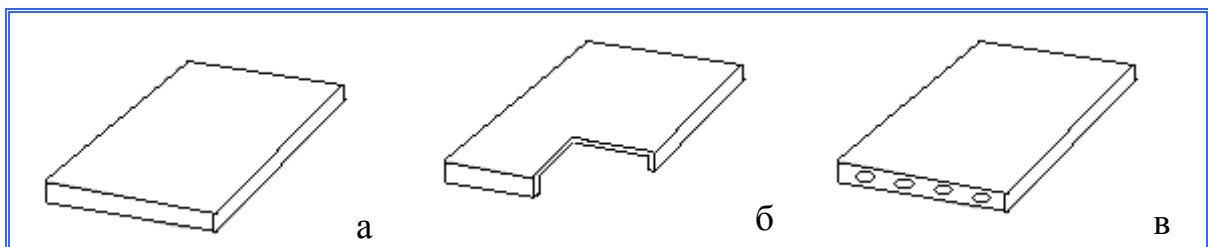


Рис.8.2.4. Збірні залізобетонні панелі перекриття: а – суцільна; б – ребриста; в – кругло пустотна.

Плити виготовляють із важкого бетону класів В15 і В25 із звичайним або попередньо напруженим армуванням. Довжина ребристих плит – 8,8 м, ширина – 1,5 м, висота – 400 мм. Плоскі панелі (розміри на кімнату) мають товщину 160 мм.

Збірні сходи складаються з сходових маршів, площадок тощо, виготовляються із важкого бетону класів В15 і В20; розміри визначають за висотою поверху і шириною сходів. Виготовляють також марші з напівплощадками.

8.3 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Для фундаментів призначені фундаментні блоки, башмаки під колони, палі, фундаментні балки. Розмір *підшови фундаменту під колони* (рис.8.3.1) до 2 м, висота – до 1 м, класи бетону В10...В25. *Фундаментні балки* мають тавровий або трапецієвидний поперечний переріз, довжину 4300 і 11960, висоту 400...600 мм. Їх виготовляють із важкого бетону класів В15...В30.

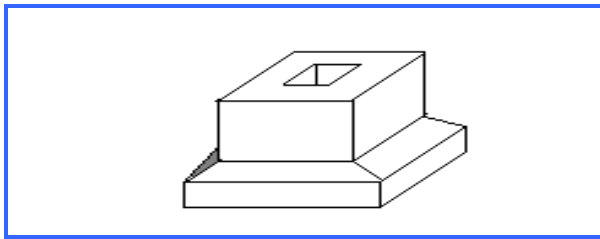


Рис. 8.3.1. Фундамент під колону (башмак)

Колони, підкранові балки, балки покриттів, ферми, арки – це елементи каркасів промислових споруд. *Колони* бувають квадратного, прямокутного і таврового поперечного перерізу; розміри – від 200 × 300 до 600 × 800 мм, класи бетону – В15...В40 (рис. 8.3.2). Колони крайніх рядів мають одну, а колони середніх рядів – дві консолі.

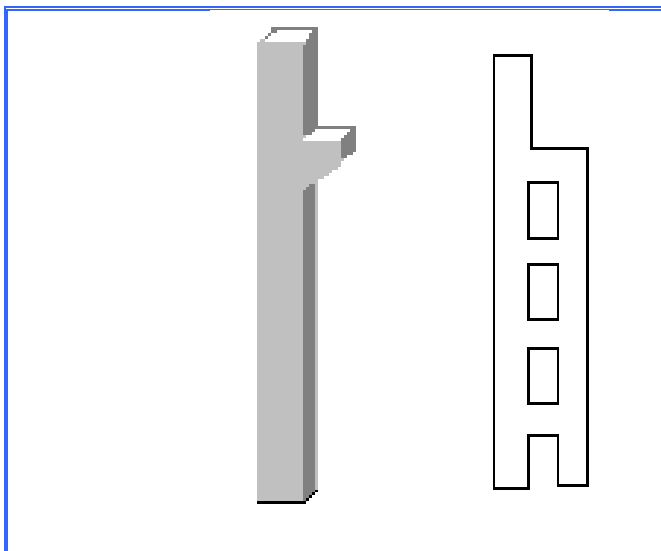


Рис.8.3.2. Залізобетонні колони

Підкранові балки виготовляють попередньо напруженими із важкого бетону класів В30...В40. Довжина балок – 12 м.

Балки покриттів виконують одно- і двоскатними (рис.8.3.3а) прямокутного, таврового і двотаврового поперечного перерізу з попередньо- напруженою арматурою. Довжина балок – 6, 9, 12 і 18 м.

Ферми та арки (рис. 8.3.3б) із важкого бетону класів В30...В45 мають довжину 18 і 24 м. Арками перекривають прогони до 100 і більше метрів.

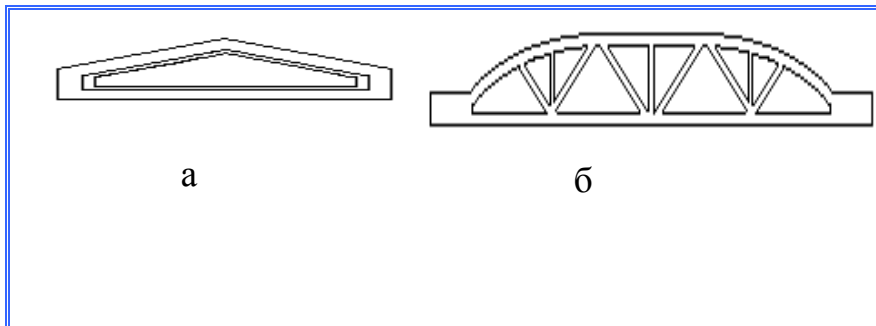


Рис.8.3.3.
Залізобетонні
конструкції
покриття: а –
залізобетонна балка;
б – залізобетонна
ферма.

Оболонки – армовані криволінійні плити завтовшки 30...40 мм, розмірами 10×10 м.

Ребристі плити покриття випускають розмірами 3000×18000, 3000×24000, 1500×6000, 3000×12000 мм.

Для опалюваних будівель *стінові панелі* виготовляють із легких бетонів, а для неопалюваних – ребристі 6000...12000 мм завдовжки і 1200...1500 мм завширшки із звичайного бетону.

8.4 ВИДИ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ДЛЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ БУДІВЕЛЬ І ДЛЯ ТЕХНІЧНИХ СПОРУД

У сільськогосподарському будівництві широко розповсюджені конструктивні схеми однопрогонних будівель з каркасом із тришарнірних залізобетонних рам (Рис.8.4.1). *Рама* складають з Г-подібних напіврам, під які виготовляють башмаки. Їх прогони – 12, 18, 24 м. Для стін сільськогосподарських будівель застосовують двошарові легко бетонні *стінові панелі* з бетону класу В3,5 та важкого бетону класу В15; із зовнішнього боку наносять фактурний шар з розчину. Товщина панелей – 200...500 мм, довжина – 600...6000 мм, висота – 600...3000 мм. Виготовляють і тришарові стінові панелі, теплоізоляційний шар яких із мінеральної вати, пінопористіролу тощо.

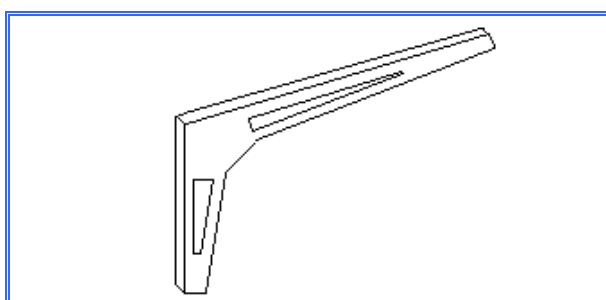


Рис. 8.4.1. Залізобетонна рама для сільськогосподарських будівель

Для покриттів і перекриттів використовують *ребристі плити* розмірами 1500×6000 і 3000×6000 мм. Їх виготовляють із важкого бетону класів В15...В30. Покриття сільськогосподарських будівель здійснюють *оболонками* розмірами в плані 1500×12000, 3000×12000, 3000×18000, 3000×24000 мм.

Розповсюджені об'ємні блоки – просторова конструкція з легкого бетону середньої щільності 1600...1800 кг/м³ і класів В10...В15, залізобетонні решітки підлог, панелі перегородок тощо.

Для *транспортного будівництва* застосовують залізобетонні конструкції мостів, труби, опори контактної мережі електрифікованих залізниць, шпали, тюрінги, плити покриттів доріг тощо. Виготовляють їх із важкого бетону класів В25...В40 з попередньо напруженою арматурою. Бетон повинен бути міцним, морозостійким і водонепроникним.

Для *сільськогосподарських споруд* застосовують елементи зерносховищ (блоки 3000×3000×1200 мм), силоси діаметром 6, 12, 18 м, елементи траншей, деталі каркасів теплиць, різних сховищ та ін. Їх виготовляють із важкого бетону класів В15...В25.

Для споруд *водогосподарського призначення* застосовують безнапірні труби діаметром 10...60 см, 1...2 м завдовжки. Напірні труби мають діаметр 50...120 см і довжину 4...6 м.

Для *гідротехнічного будівництва* застосовують балки, балкові плити перекриттів, фундаментні плити, оболонки, напірні елементи, виготовлені з важкого морозо- та водостійкого бетону класів В15...В30 (гідротехнічний бетон).

Номенклатура виробів різного призначення досить широка: залізобетонні збірні колодязі та колектори, стояки під світильники, збірні елементи огорожі тощо. Розміри, системи армування, клас бетону, ескізи та інші відомості про залізобетонні вироби зведені в каталоги типових виробів.

8.5 ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

Виготовлення залізобетонних виробів складається з таких технологічних процесів: приготування бетонної суміші, заготовка арматури, укладання арматури, укладання і ущільнення бетонної суміші, тепловологісна обробка, опоряджування лицьової поверхні виробів.

Бетонну суміш готують за технологією звичайного бетону, але іноді з обмеженням розмірів крупного заповнювача для густоармованих конструкцій і кількості хімічних добавок, які можуть викликати корозію арматури. Арматуру виготовляють в арматурному цеху. Там її виправляють і ріжуть на заготовки заданої довжини, потім надають

потрібної форми, зварюють у сітки і каркаси. Готові каркаси і сітки транспортують на пост формування, де укладають у підготовлену форму.

Арматуру для попередньонапружених виробів натягують за допомогою гідравлічних домкратів, електротермічним та іншими способами. За допомогою фіксаторів, які забезпечують утворення захисного шару бетону, арматуру укладають у форму, завчасно очищену, зібрану і змазану.

Після цього бетоноукладачем у форму з арматурою подають бетонну суміш, ущільнюючи її вібруванням, вакуумуванням, пресуванням, прокатуванням, трамбуванням тощо.

Тепловологісна обробка виробів здійснюється у пропарочних камерах при температурі 70.. 100 °С і відносній вологості повітря 100 %. За 8...16 годин вироби набувають 70 % марочної міцності. Після пропарювання вироби виймають із форми і оцінюють їх якість.

Контроль якості складається з перевірки зовнішнього вигляду, форми, лінійних розмірів, товщини захисного шару, розташування арматури і закладних деталей, фактичної міцності бетону та її відповідності проектній. Якщо виріб відповідає вимогам стандарту, його маркують фарбою, яка не змивається.

8.6 СПОСОБИ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

На заводах збірного залізобетону вироби виготовляють за двома схемами.

Перша схема – виготовлення виробів у стаціонарних нереміщуваних формах – здійснюється стендовим та касетним способами. Усі технологічні операції виконують на одному місці. Стендовим способом виготовляють великогабаритні вироби. До форми послідовно переміщуються технологічні апарати для виконання відповідних операцій. Касетним способом вироби формують у вертикальному положенні у формі-касеті з рядом відсіків. Реалізація цього способу особливо доцільна на заводах з обмеженими виробничими площами (реконструкція підприємств, розширення номенклатури виробів тощо).

Друга схема – виготовлення виробів у переміщуваних формах – здійснюється конвеєрним та потоково-агрегатним способами. За цією схемою окремі технологічні операції виконують на спеціалізованих постах, до яких безперервно (конвеєрний) або циклічно (потоково-агрегатний спосіб) рухаються форми, а далі – і вироби з формами. Конвеєрним способом виготовляють переважно дрібнорозмірні вироби;

він дає змогу забезпечити високу механізацію і продуктивність праці. Потоково-агрегатним способом виготовляють середньорозмірні вироби: форми рухаються від одного технологічного поста до іншого, де встановлені агрегати, як виконують окремі технологічні операції (розпалубка, підготовка форми, укладання арматури, формування, твердіння бетону, контроль якості готової продукції).

8.7 ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА СКЛАДУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Залізобетонні вироби транспортують із заводу автомобільним чи залізничними транспортом у робочому стані (за винятком колон і паль). Їх складають у штабелі так, щоб можна було легко прочитати заводську марку. Монтажні петлі мають знаходитися зверху. Вироби укладають на спеціальні прокладки з дерев'яних брусків, розміщені по одній вертикалі так, щоб не виникали вигинаючі зусилля, на які не розрахована конструкція. Від краю конструкції бруски укладають на відстані 25...50 см при довжині її до 6 м і на відстані 100...120 см, якщо довжина конструкції більша ніж 6 м. Висоту штабеля і місця опирання виробів призначають за стандартами. Положення конструкцій при зберіганні і транспортуванні має відтворювати умови їхньої роботи в спорудах (рис. 8.7).

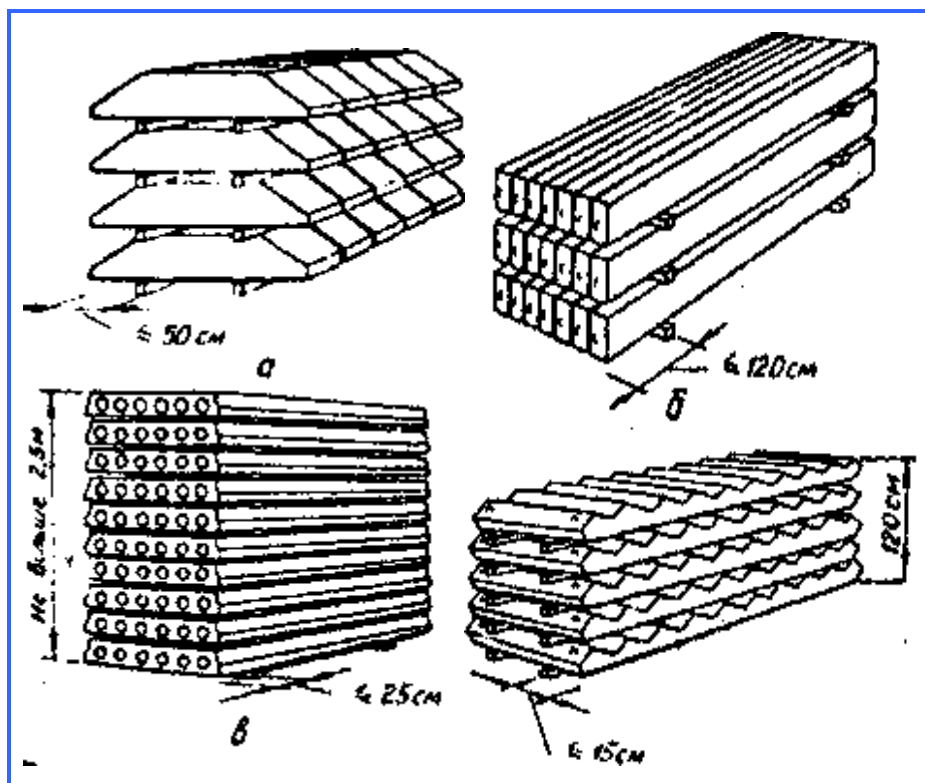


Рис. 8.7.
Складування збірних залізобетонних виробів: а – фундаментні блоки; б – ригелі; в – плити покриття; г – сходові марші.

8.8 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ ІЗ ЗАЛІЗОБЕТОНУ

Заводи збірних бетонних і залізобетонних виробів та конструкцій наполегливо і постійно працюють над впровадженням сучасних технологій. Продукція заводів різноманітна (рис. 8.8): це і плити покриття і перекриття, колони, ферми, балки, фундаментні і стінові блоки та ін.



Рис. 8.8.
Продукція заводів збірних бетонних і залізобетонних виробів та конструкцій



8.9 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... Ще стародавні будівельники боролися з руйнуванням виробів, вводячи матеріали, що мають вищу міцність і гнучкість, які підвищують однорідність матеріалу. Це були органічні матеріали рослинного і тваринного походження – яєчний білок, тваринне волосся, молоко тощо. Таким чином, використання органічних компонентів і добавок в бетоні має давню історію.

... Поява залізобетону була обумовлена бурхливим розвитком виробничих сил і науково-технічного прогресу в середині ХІХ століття. Оскільки цементна та сталеливарна промисловість одержала в той час достатній розвиток, технічна можливість виникнення залізобетону стала закономірною.

... Армоцемент винайшов французький садівник Моньє в 1867 році. Зайнятий виготовленням великих горшків для квітів, він збагнув, що їх можна робити не із дерева, яке в той час дорого цінилося

в Франції, а із дроту, обмазаного цементом. Після декількох спроб Моньє пересвідчився, що нові горшки не тільки обходяться дешевше дерев'яних, але і значно міцніші за них.

... Перший у світі залізобетонний міст вступив в експлуатацію в 1891 році в Петербурзі. Збудували його за проектом і під керівництвом професора Петербурзького інституту шляхів сполучення М. А. Белелюбського. Перший у світі залізобетонний міст великого прогону (45 метрів) був збудований також під керівництвом М. А. Белелюбського в 1896 році до відкриття Нижньгородської ярмарки.

...На початку ХХ століття монолітний залізобетон уже досить широко використовувався в будівництві. В 1910-1911 роках в Петербурзі над новим глядацьким залом був залізобетонний купол діаметром 31 метр. В ті роки це була рекордна за своїми розмірами споруда.

...Поширенню залізобетону сприяли винахідники нових технологій, такі як Август Пере – „батько залізобетону”, який при будівництві в районі Ру Франклін (1903 р.) і гаражу в районі Ру Понт`ю у Парижі (1905 р.) вперше використав залізобетонні конструкції, так званий „естетичний бетон”, Роберт Мейлларт, якого називають ще піонером залізобетону, а також Макс Берг – архітектор „Залу століття” у Вроцлаві (1911-1913 рр.).

...Першим в світі збірним залізобетонним куполом став експериментальний купол, збудований в 1910 році російським інженером П. Соколовим в Павловську. Оригінальна тонкостінна конструкція діаметром в основі 4,26 метра, споруджена на поверхні землі, збереглася до наших часів.

...У 1920 р. Еужін Фрейсине, один з найвидатніших конструкторів мостів, запропонував натягнути сталеві пруті, а потім їх забетонувати. В готовому виробі натягнуті пруті тримаються так, ніби „намагаються” повернутися до свого первинного стану, звільняючи при цьому напруження тиску. Завдяки цьому відбувається часткова компенсація небезпечного розтягу, що виникає в балках бетону. Це дає змогу значно збільшити міцність прогонних конструкцій та сприяє запровадженню нетипових конструктивних рішень при відповідному зменшенні перерізів.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

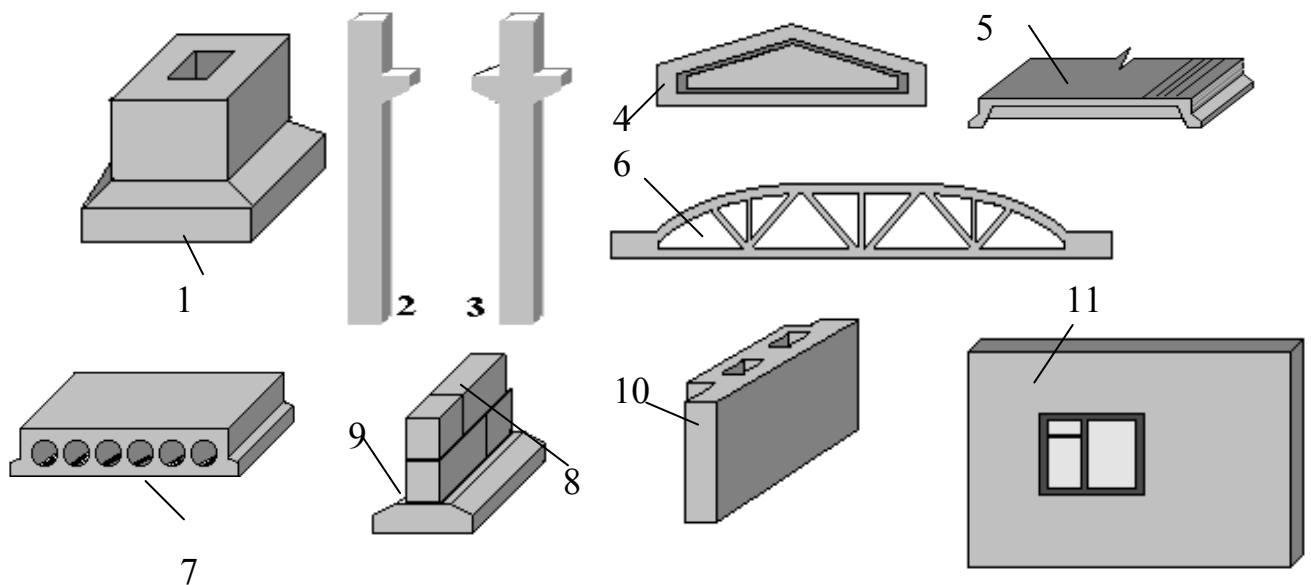
1. Що таке збірний залізобетон? Його переваги та недоліки у порівнянні з монолітним.

2. Назвіть збірні залізобетонні вироби, застосовувані у цивільному будівництві.
3. Назвіть основні збірні залізобетонні конструкції для промислового будівництва.
4. Назвіть основні технологічні процеси виготовлення залізобетонних виробів, їх особливості.
5. Як складають та транспортують залізобетонні вироби?
6. У чому відмінності попередньонапружених залізобетонних виробів від звичайних?
7. Яка повинна бути висота штабеля складування сходових маршів?
8. Як потрібно транспортувати збірну залізобетонну балку покриття?
9. Як потрібно транспортувати залізобетонні вироби із заводу?

ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

VIII.1. (сировина)



- I. Сировиною для виробництва конструкції під № 11 може бути...
 - 1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- II. Сировиною для виробництва конструкції під № 10 може бути...
 - 1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- III. Сировиною для виробництва конструкцій під № 9 і 8 може бути...
 - 1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.

- IV. Сировиною для виробництва конструкції під № 7 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- V. Сировиною для виробництва конструкції під № 6 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- VI. Сировиною для виробництва конструкції під № 5 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- VII. Сировиною для виробництва конструкції під № 4 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- VIII. Сировиною для виробництва конструкції під № 3 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- IX. Сировиною для виробництва конструкції під № 1 може бути...
1) легкий бетон; 2) важкий бетон; 3) гідротехнічний бетон.
- X. Для виготовлення конструкції під № 2 потрібно використати такі матеріали...
1) легкий бетон + сталева арматура;
2) важкий бетон + сталева арматура;
3) легкий бетон без арматури;
4) важкий бетон без арматури.

VIII.2. (застосування)
(рисунки тесту VIII.1)

- I. Під яким номером зображено стінову панель?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- II. Під яким номером зображено колону середнього ряду?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- III. Під яким номером зображено фундамент під колону?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- IV. Під яким номером зображено трапецієподібну балку?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- V. Під яким номером зображено ребристу панель перекриття?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- VI. Під яким номером зображено круглопустотну панель?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- VII. Під яким номером зображено сегментну ферму покриття?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- VIII. Під яким номером зображено блок стін підвалів?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- IX. Під яким номером зображено стіновий блок?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.
- X. Під яким номером зображено фундаментний блок-подушку?
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11.

РОЗДІЛ 9. МАТЕРІАЛИ НА НИЗЬКОЕНЕРГОЄМНИХ РЕЧОВИНАХ

9.1 СИЛІКАТНІ ВИРОБИ ТА МАТЕРІАЛИ

Силікатні вироби виготовляють формуванням і подальшою автоклавною обробкою суміші вапна, кремнеземистих добавок, піску і води. Під дією пари та тиску в реакцію вступають CaO і SiO_2 , утворюючи міцні силікати кальцію.

Силікатна цегла і камені (рис. 9.1.1) виготовляють з вапняно-кремнеземистої суміші, яка складається з 6...8 % CaO , 92...94 % піску та 7...8 % води (до маси сухої суміші).

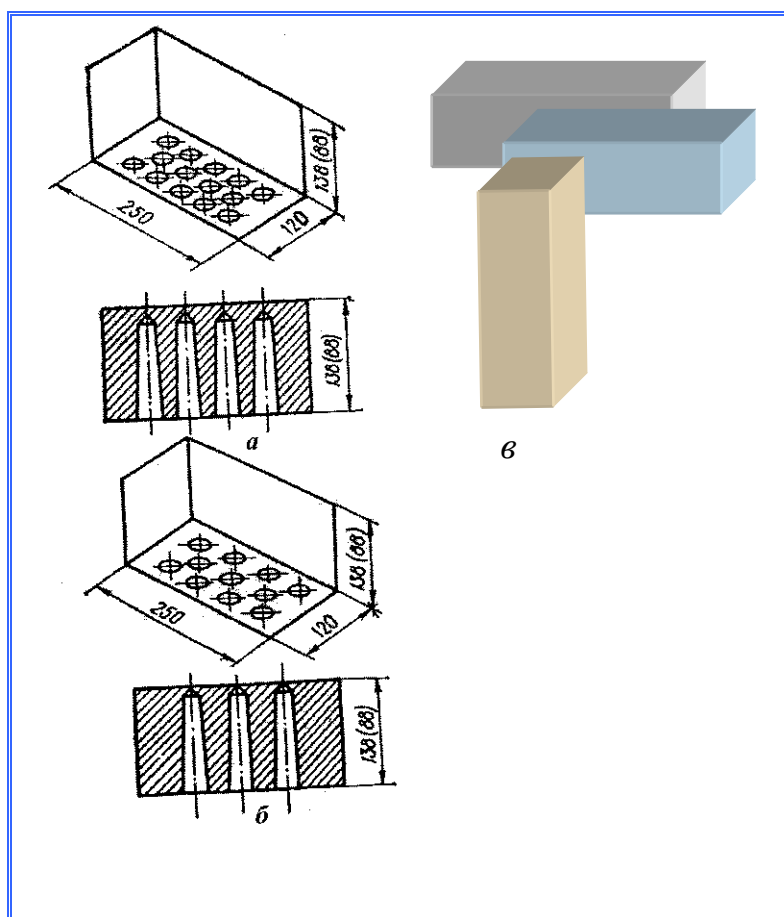


Рис.9.1.1 Силікатні вироби: а – порожнистий камінь(цеглина) із чотирнадцятьма пустотами (пустотність 28...31 %, діаметр отворів 30...32 мм); б – порожнистий камінь (цеглина) з одинадцятьма пустотами (пустотність 22...25 %, діаметр отворів 27...32 мм); в – силікатна звичайна одинарна цеглина

Виробництво силікатної цегли і каменів складається з дозування і попереднього змішування компонентів, витримування суміші з метою гашення вапна, формування сирцю та його автоклавної обробки (рис. 9.1.2).

Сировинну суміш готують з двох основних компонентів: меленого вапна і кварцового піску. Для отримання цегли підвищеної міцності до складу сировинної суміші додають тонкомелений пісок. В цьому

випадку частину піску попередньо мелють в кульових млинах, найчастіше разом з вапном, що значно збільшує міцність силікатної цегли.

Дозування сировинних компонентів здійснюється ваговими дозаторами циклічної або безперервної дії. Одночасно з вапном і піском у змішувач вводять воду для гашення вапна і спеціальні добавки – прискорювачі. Тривалість витримування визначається якістю вапна. Після змішування компонентів і гашення вапна отриману суміш подають на пресування під тиском в межах 20...40 МПа. Міцність сирцю становить 0,2...0,4 МПа.

Після пресування вагонетки з сирцем встановлюють в автоклави, звідки за допомогою спеціальних автоматизованих захватів знімають та транспортують на склад.

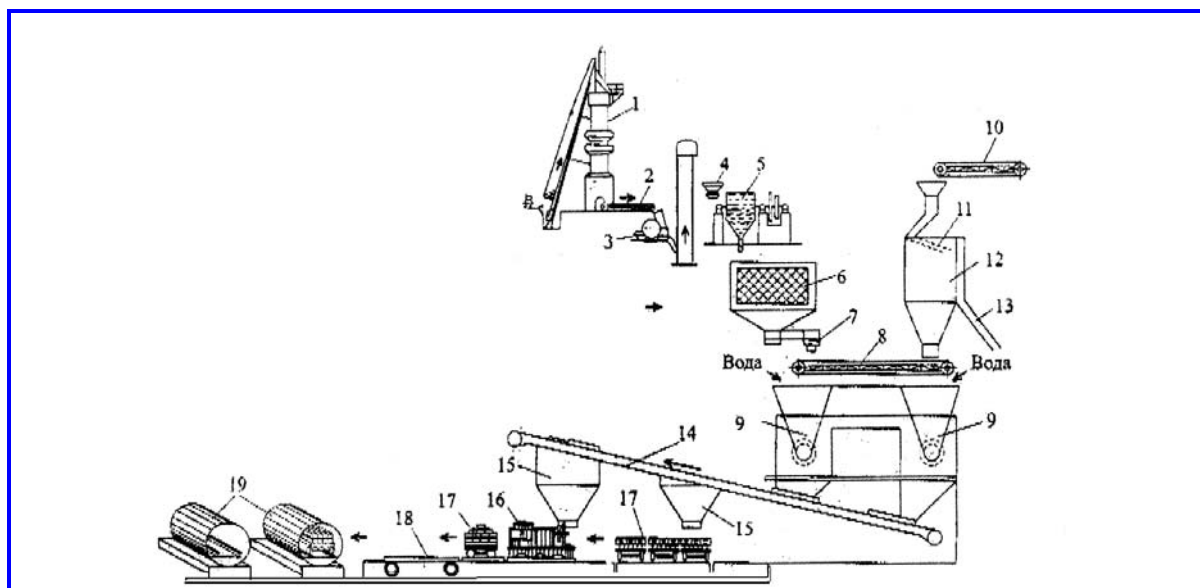


Рис. 9.1.2. Схема виробництва силікатної цегли і каменів:

1 – шахтна піч; 2 – транспортер; 3 – дробарка; 4 – бункер комового вапна; 5 – млин; 6 – бункер меленого вапна; 7 – дозатор; 8 – реверсивний транспортер; 9 – змішувачі; 10 – транспортер для подавання піску; 11 – грохот; 12 – бункери для піску та глини; 13 – тічка для відходів піску; 14 – стрічковий транспортер для готової маси; 15 – бункери готової суміші; 16 – формувальний прес для цегли; 17 – автоклавні візки; 18 – передавальний візок; 19 – автоклави

Стандартом передбачено випуск звичайної одинарної цегли розмірами 250×20×65 мм, потовщеної 250×120×88 мм з технологічними порожнинами і каменів розмірами 250×120×138 мм. Іноді цеглу і камінь при виготовленні забарвлюють.

Для звичайної силікатної цегли $\rho_m = 1550...1900 \text{ кг/м}^3$, порожнистої цегли і каменів – до 1650 кг/м^3 . За міцністю силікатна цегла і камені мають марки 75, 100, 125, 150, 200, 250, 300, за морозостійкістю – 15, 25, 35, 50. Водопоглинання – не менше як 6 %.

Застосовують силікатні вироби тільки для наземних частин будівель; через їхню малу водостійкість вони непридатні для зведення фундаментів і стін, що працюватимуть в умовах високої вологості. Потрібно також враховувати, що силікатна цегла руйнується в умовах дії високих температур, тому, наприклад, для мурування печей її не використовують.

Силікатні бетони можуть мати щільну і пористу будову.

Щільний силікатний бетон – це штучний камінь, утворюваний внаслідок затвердіння в автоклаві суміші вапняно-кремнеземистого в'язучого, піску, щебеню та води. Процес виготовлення складається з таких операцій (рис. 9.1.3): подрібнення грудкового вапна, приготування вапняно-піщаного в'язучого (помел вапна, піску в шаровому млині); змішування вапняно-піщаного в'язучого, піску та води; формування виробів; запарювання в автоклавах; вивантаження готової продукції. Міцність при стиску залежить від складу суміші, режиму автоклавного запарювання, кількості меленого піску тощо і становить $10...80 \text{ МПа}$; морозостійкість – 25...50 циклів; $\rho_m = 1800...2200 \text{ кг/м}^3$.

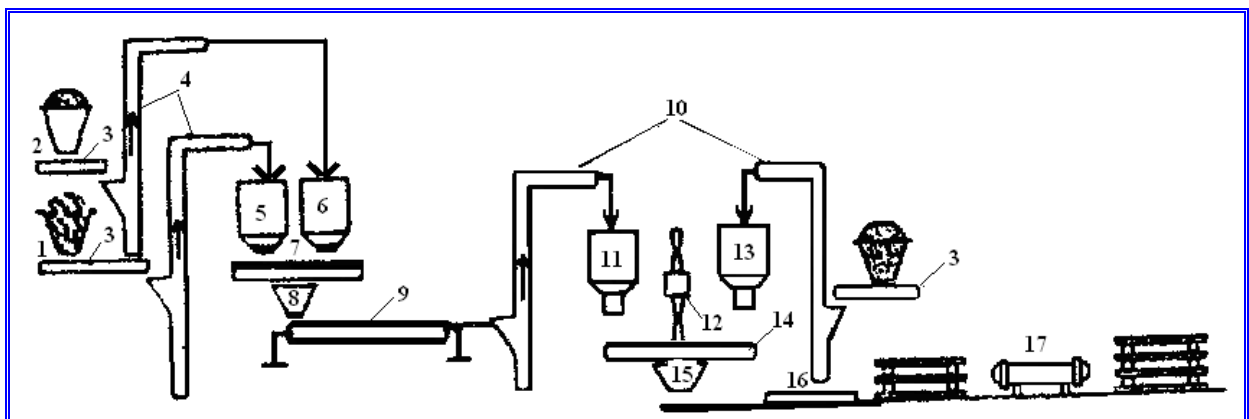


Рис.9.1.3. Технологічна схема виготовлення виробів із силікатних бетонів: 1 – вапно-кипілка; 2 – пісок; 3 – стрічкові конвеєри; 4, 10 – елеватори; 5 – бункер для вапна; 6 – бункер для піску; 7 – змішувач; 8 – бункер вапняно-піщаної суміші; 9 – кульовий млин; 11 – бункер в'язучого; 12 – змішувач; 13 – бункер піску; 14 – конвеєр; 15 – укладальник бетону; 16 – пост формування; 17 – автоклав.

Із щільного силікатного бетону виготовляють стінові блоки, панелі внутрішніх стін та перекриттів, блок-кімнати, сходові марші і площадки,

колони, балки, прогони тощо. Вироби із силікатних бетонів не застосовують в умовах високої вологості.

Легкі силікатні бетони на пористих заповнювачах виготовляють з використанням керамзиту, шлаку, шлакової пемзи, перліту, аглопориту. На рис. 10.1.4 показана схема виготовлення перлітосилікатних виробів; $\rho_m < 1800 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} < 30 \text{ МПа}$, $W = 12 \dots 30 \%$, морозостійкість – до 50 циклів.

Ніздрюваті силікатні бетони поділяють на піно- та газосилікатні. Піносилікатні готують із суміші вапняно-кремнеземистого в'язучого, піску, піноутворювача (клесканіфольного, смолосапонінового, гідролізованої крові), а для газосилікатів вводять газоутворювач – алюмінієву пудру, яка при взаємодії з гідроксидом кальцію виділяє водень. Останнім часом при виготовленні ніздрюватих бетонів почали використовувати змішану поризацію суміші піно- і газоутворювачами. Основні характеристики: $\rho_m = 300 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 0,4 \dots 20 \text{ МПа}$; $\lambda = 0,1 \dots 0,4 \text{ Вт/(м К)}$.

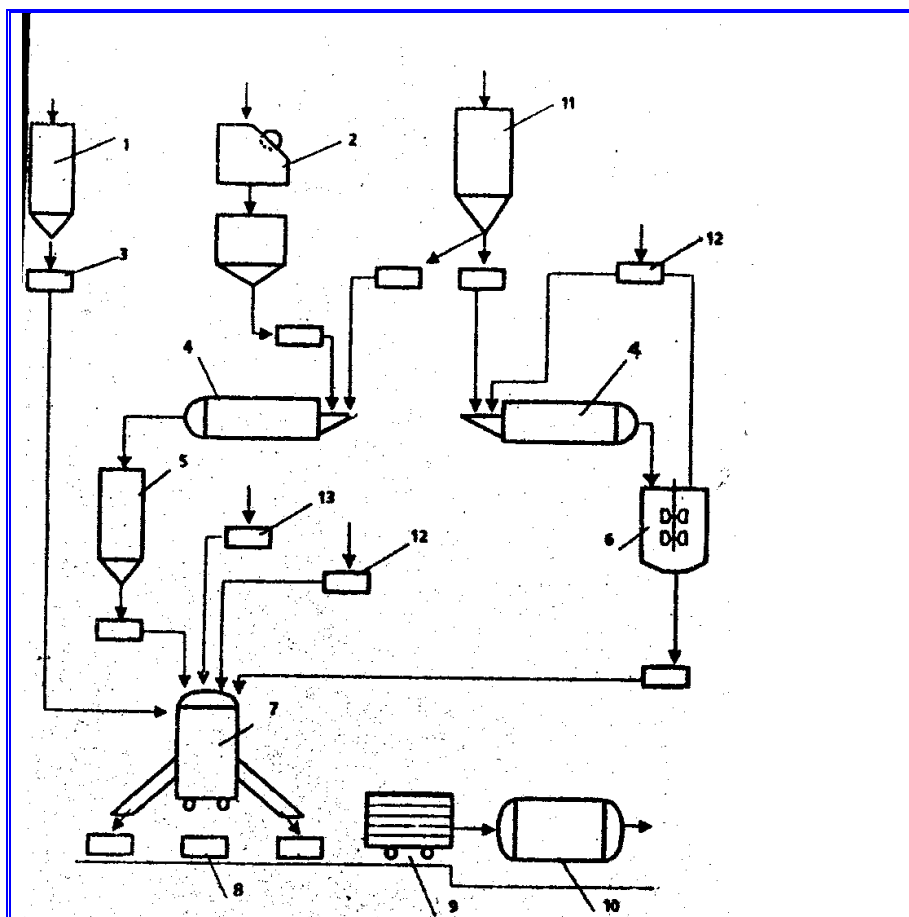


Рис.9.1.4. Технологічна схема виготовлення перлітосилікату:

- 1 – бункер перліту;
- 2 – дробарка для вапна;
- 3 – дозатор;
- 4 – кульовий млин;
- 5 – гомогенізатор;
- 6 – шлам-басейн;
- 7 – віброгазозмішувач;
- 8 – форма;
- 9 – вагонетка;
- 10 – автоклав;
- 11 – бункер піску;
- 12 – дозатор води;
- 13 – дозатор алюмінієвої пудри;
- 14 – дозатор суміші вапна і піску

Ніздрюваті бетони мають 40...92 % повітряних пор, що зумовлює підвищені теплоізоляційні властивості виробів з них: стінових панелей,

панелей перекриттів і покриттів, звукопоглинальних і декоративних плит.

9.2 ВИРОБИ НА ОСНОВІ ГІПСОВИХ В'ЯЖУЧИХ

Гіпсові в'язучі характеризуються швидким твердінням, добрими формувальними властивостями. Вироби на їхній основі легкі, тепло- і звукоізоляційні, вогнетривкі, біостійкі, технологічні.

Гіпсові матеріали дають можливість швидко будувати і творити високохудожні елементи будівель, але мають і ряд недоліків: низькі водо- і морозостійкість, крихкість і недостатню міцність, що обмежують галузь застосування гіпсових-матеріалів здебільшого внутрішніми опоряджувальними роботами.

Вироби на основі гіпсу поділяються на дві групи: гіпсові і гіпсобетонні. Гіпсові виготовляють із гіпсового тіста, а гіпсобетонні – з бетону із заповнювачів у вигляді шлаку, очерету, деревної тирси тощо.

Плити для перегородок можуть бути із гіпсових і гіпсобетонних сумішей, суцільними і порожнистими (рис. 9.2.1). Довжина плит – 600, 800 мм, ширина – 300, 400, товщина – 80, 100 мм, $R_{ct} = 3...4$ МПа, $\rho_m = 900...1400$ кг/м³, $W_m < 12$ %. Виготовляють ці плити методом лиття на карусельній машині (рис. 9.2.2): відформовані плити подають у тунельні сушарки з температурою до 70 °С. Якщо у гіпсову масу додати пороутворювач, то можна отримати плити з $\rho_m = 850$ кг/м³. Із гіпсових плит зводять ненесучі перегородки для сухих приміщень.

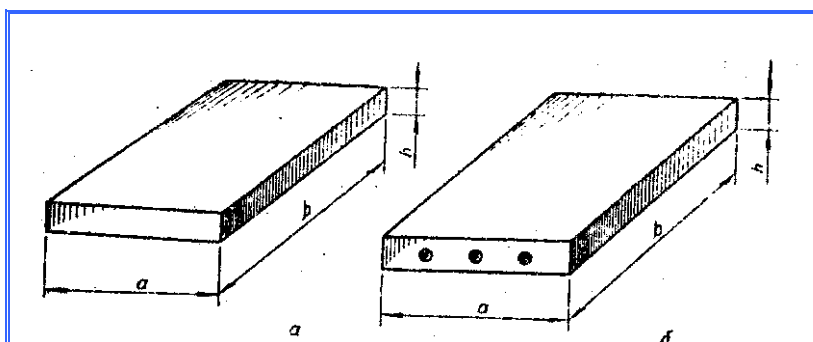


Рис. 9.2.1. Гіпсові плити для перегородок: а – суцільна; б – порожниста.

Гіпсобетонні панелі застосовують для самонесучих перегородок та основ підлог. Виготовляють на вібропрокатних станах або в касетах із гіпсу, шлаку, золи або тирси та армують дерев'яним каркасом і скловолокном. Товщина плит – 60...100 мм, довжина – до 6 м, ширина – до 4 м. Вологість панелей – до 8 %, $R_{ct} = 4...7$ МПа, $\rho_m = 1250...1400$ кг/м³.

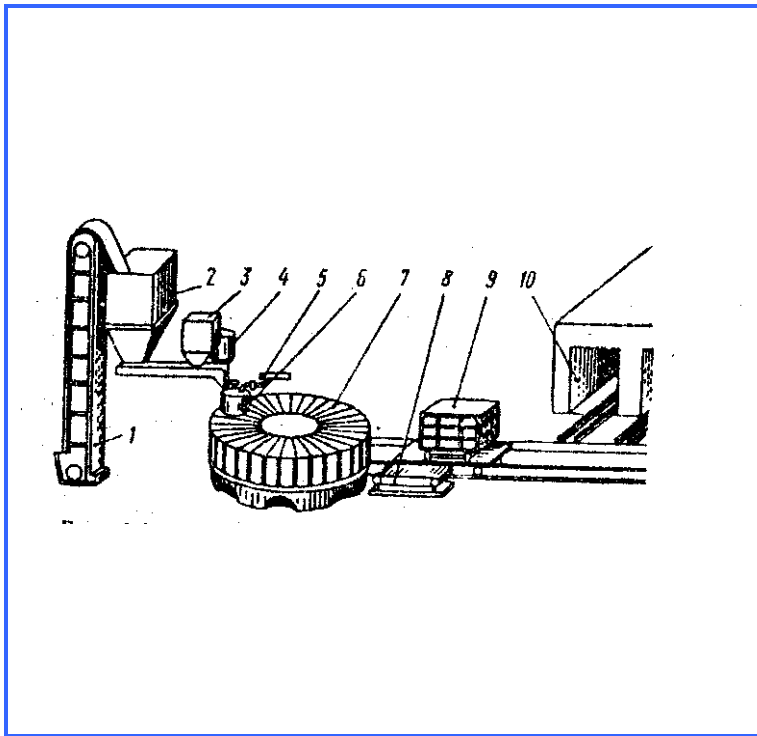


Рис. 9.2.2. Схема виробництва гіпсових плит на карусельній машині: 1 – елеватор; 2 – бункер; 3 – дозатор гіпсу; 4 – дозатор тирси; 5 – кран для води; 6 – гіпсозмішувач; 7 – карусельна машина; 8 – приймальний конвеєр; 9 – вагонетка; 10 – тунельна сушарка.

Санітарно-технічні кабінки виготовляють із гіпсобетону на ГЦПВ; міцність бетону R_{ct} не менше 10 МПа. Формують об'ємні кабінки у просторових формах або складають з окремих панелей 20...30 мм завтовшки, армуючи їх сіткою і по периметру обладнуючи рамкою із сталевого кутика чи дерев'яної рейки.

Вентиляційні блоки виготовляють із гіпсобетону – на ГЦПВ і піску; міцність бетону R_{ct} – не менше ніж 10 МПа.

Гіпсокартонні листи (рис.9.2.3) виготовляють із гіпсового в'язучого з добавками деревної тирси, відходів паперу, макулатури тощо. Виробництво гіпсокартонних листів складається з таких операцій: виготовлення гіпсового тіста; подавання і розподіл його на нижній шар картону; накладання верхнього шару картону на гіпсову масу; прокатування виробу між валками; підрізання, підклеювання і загинання бічного краю нижнього листа; розрізання затверділої стрічки на листи потрібних розмірів; сушіння та складування. Ширина листів 1200, довжина – 2500...4800, товщина – 8...25 мм. Застосовують для опорядкування стін у приміщеннях з вологістю повітря до 60 %. Листи з гіпсу, оздоблені полімерними плівками, текстурним папером або рулонними полімерними матеріалами, називають облицювальними панелями „Декорот” чи „Декор”.

Плити гіпсові декоративні виготовляють з гіпсового в'язучого і армують скловолокном, склосіткою. Розміри – 600×600 мм, товщина – 15, 20 і 25 мм.

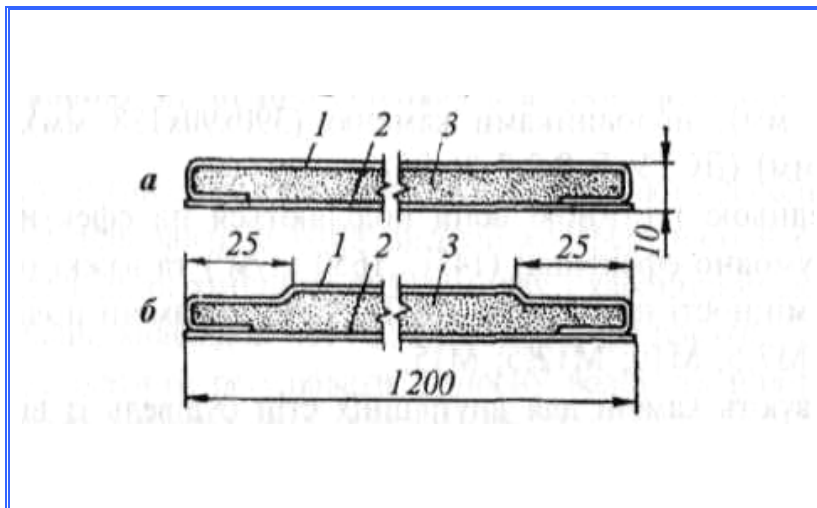


Рис. 9.2.3. Поперечний переріз гіпсокартонних листів:
 а – з гладкими кромками; б – з обтиснутими кромками; 1 – картон; 2 – лицьовий бік; 3 – гіпсовий камінь

Плити звукопоглинальні гіпсові виготовляють з гіпсового перфорованого футляра, який заповнюють мінеральною ватою та закривають алюмінієвою фольгою з папером. Розміри – 600×600×30(40) і 600×300×30(40) мм.

9.3 ВИРОБИ НА ОСНОВІ МАГНЕЗІАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ

На основі магнезіальних в'язучих одержують вироби, змішуючи, формуючи і висушуючи суміш каустичного магнезиту чи доломіту, органічних заповнювачів та розчину хлориду чи сульфату магнію. Органічні заповнювачі – деревна стружка, тирса та шерсть. Матеріали на основі магнезіальних в'язучих легкі, тепло- та звукоізоляційні, добре обробляються, але їх можна застосовувати тільки в сухих приміщеннях. Основні різновиди таких матеріалів – ксилоліт і фіброліт.

Ксилоліт – штучний кам'яний матеріал, який одержують у результаті твердіння суміші деревної тирси і магнезіальної в'язучої речовини. Іноді додають домішки азбесту, трепелу, піску. Основні характеристики виробів: $\rho_m = 1000 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$, $R_{ct} = 30 \dots 41 \text{ МПа}$, $\lambda = 0,3 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Їх використовують для підлог, а виготовляють з маси пластичної консистенції, яку ущільнюють вібруванням або трамбуванням. Після твердіння циклюють, шпаклюють і просочують гарячою олією.

Фіброліт – це штучний камінь, виготовлений з деревної шерсті чи стружки з магнезіальним в'язучим. Суміш укладають у форми, пресують і сушать у сушильних камерах. Використовують фібролітові плити як тепло- і звукоізоляційний матеріал. Основні характеристики: $\rho_m = 300 \dots 500 \text{ кг/м}^3$, $\lambda = 0,10 \dots 0,15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$. Марки фіброліту (за середньою густиною) – 300, 400, 500.

9.4 СУЧАСНІ МАТЕРІАЛИ НА ОСНОВІ МІНЕРАЛЬНИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН

Цементно-піщану черепицю виготовляють із фарбованої розчинової суміші, яка складається з портландцементу, кварцового піску і води. В результаті отримуємо покрівельний матеріал, який досить точно імітує керамічну черепицю, зберігаючи при цьому її основні переваги. Завдяки тому, що портландцемент при зволоженні поступово твердне, то і зроблена на його основі черепиця набирає міцності в процесі експлуатації. Термін служби цементно-піщаної черепиці – близько 70 років.

Цементно-піщану черепицю виготовляють різного кольору. Різноманітні відтінки отримують дякуючи додаванню акрилової смоли. Акриловий склад взаємодіє з цементно-піщаною сумішшю ще до початку її затвердіння, тому колір плитки залишається стійким і незмінним протягом багатьох років.

Її використовують для покриття дахів житлових будинків, різноманітних громадських споруд малої архітектурної форми, з нахилом скатів від 10 до 65 градусів.



9.5 ЦІКАВЕ З ІСТОРІЇ

... Штукатурку із гіпсу використовували в будівництві вже приблизно 5 тисяч років, тому суху листову штукатурку застосовують приблизно 80 років.



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Із яких матеріалів виготовляють силікатну цеглу?
2. Назвіть основні властивості силікатної цегли.
3. Які силікатнобетонні вироби ви знаєте?
4. Як виготовляють гіпсобетонні панелі? Де їх застосовують?
5. Як виготовляють гіпсові блоки для перегородок?
6. Як виготовляють гіпсокартонні листи? Де їх застосовують?

ТЕСТИ

Дайте відповіді на питання тестів

IX. 1. (сировина)

I. Який матеріал можна виготовити, маючи такі компоненти: 8 % вапна, 92 % піску та води?

- 1) газосилікат;
- 2) піносилікат;
- 3) силікатну цеглу;
- 4) силікатобетон.

II. Із цементу, азбесту та води можна виготовити:

- 1) фіброліт;
- 2) ксилоліт;
- 3) азбестоцемент.

III. Які сировинні матеріали необхідні для виробництва силікатної цегли?

- 1) пісок, щебінь, вапнянокремнеземисте в'язуче та вода;
- 2) вапно, пісок, вода;
- 3) пісок, вапнянокремнеземисте в'язуче, піноутворювач;
- 4) пісок, вапнянокремнеземисте в'язуче, алюмінієва пудра.

IV. Які компоненти потрібні для виробництва гіпсових плит?

- 1) вапно, гіпс, алюмінієва пудра;
- 2) вапно, пісок, вода;
- 3) гіпс, вода;
- 4) гіпс, вода, пісок.

V. Якщо є деревна тирса і магнезіальне в'язуче, то можна отримати:

- 1) ксилоліт;
- 2) азбестоцемент;
- 3) силікатний бетон;
- 4) фіброліт.

VI. Якщо є пісок, вапнянокремнеземисте в'язуче, клесканіфольна емульсія, то можна виготовити

- 1) газосилікат;
- 2) піносилікат;
- 3) силікатну цеглу;
- 4) силікатний бетон.

VII. Маючи деревну стружку та магнезіальне в'язуче, можна виготовити:

- 1) фіброліт; 2) ксилоліт; 3) гіпсові блоки.

VIII. Які компоненти потрібні для виготовлення піносілікату?

- 1) вапнянокремнеземисте в'язуче, пісок, вода;
- 2) вапно, пісок, вода;
- 3) вапнянокремнеземисте в'язуче, пісок, смолосапонін;

IX. Із магнезійного в'язучого та деревної шерсті можна виготовити:

- 1) фіброліт; 2) ксилоліт; 3) піносілікат; 4) азбестоцемент.

X. Який матеріал можна виготовити, маючи цемент, пісок, щебінь, воду і арматуру?

- 1) важкий бетон; 2) легкий бетон; 3) залізобетон; 4) силікатний бетон.

IX. 2. (виробництво)

I. Силікатна цегла набирає міцність у:

- 1) сушильній камері; 2) автоклаві; 3) випалювальній печі.

II. Методом лиття на карусельній машині виготовляють:

- 1) гіпсобетонні панелі; 2) силікатну цеглу;
- 3) гіпсові плити; 4) силікатобетонні блоки.

III. На вібропрокатних станах виготовляють:

- 1) гіпсобетонні панелі; 2) силікатну цеглу;
- 3) гіпсові плити; 4) азбестоцементні листи;

IV. Для виготовлення азбестоцементних хвилястих листів застосовують:

- 1) сухий спосіб пресування;
- 2) мокрий спосіб у формувальній ванні;
- 3) екструзійний спосіб.

V. Гіпсові плити для перегородок виготовляються:

- 1) на карусельній машині;
- 2) на вібропрокатному стані;
- 3) методом пресування.

VI. Якщо прокатати між формувальними валками два шари картону з гіпсовим осередком, то отримаємо:

- 1) хвилясті азбестоцементні листи;
- 2) суху штукатурку;
- 3) гіпсобетонні панелі;
- 4) гіпсоволокнисті листи.

VII. Способом пресування з деревної стружки і магнезійного в'язучого виготовляють:

- 1) суху штукатурку; 2) силікатну цеглу;
- 3) фіброліт; 4) штучний мармур.

VIII. Азбестоцементні хвилясті листи виготовляють на:

- 1) формувальній машині; 2) вібропрокатному стані;
- 3) карусельній машині.

- IX. Напівсухий спосіб приготування азбестоцементної маси передбачає приготування маси з вологістю:
- 1) 30...35 %;
 - 2) 12...16 %;
 - 3) 20...25 %.
- X. Якщо азбестоцементна маса має вологість перед формуванням 32 %, то це буде спосіб виготовлення:
- 1) сухий;
 - 2) напівсухий;
 - 3) мокрий.

IX. 3. (властивості)

- I. Середня густина звичайної силікатної цегли:
- 1) 1451...1650 кг/м³;
 - 2) 1550...1900 кг/м³;
 - 3) не більше 1450 кг/м³.
- II. Марка силікатної цегли за міцністю має найменше значення:
- 1) 75;
 - 2) 50;
 - 3) 100;
 - 4) 125;
- III. Водопоглинання силікатної цегли повинно бути:
- 1) не менше 6 %;
 - 2) не більше 6 %;
 - 3) 3...4 %.
- IV. Конструкційний ніздрюватий силікатний бетон має середню густину:
- 1) 500...900 кг/м³;
 - 2) 900...1200 кг/м³;
 - 3) більше 1200 кг/м³.
- V. Гіпсові плити для перегородок повинні мати середню густину не більше:
- 1) 1400 кг/м³;
 - 2) 900 кг/м³;
 - 3) 2000 кг/м³.
- VI. Азбестоцементні вироби мають середню густину:
- 1) до 1500 кг/м³;
 - 2) 1500...2200 кг/м³;
 - 3) 2200...2500 кг/м³.
- VII. Морозостійкість азбестоцементних виробів повинна бути:
- 1) не менше 25 циклів;
 - 2) не менше 100 циклів;
 - 3) не більше 25 циклів;
 - 4) 5 циклів.
- VIII. Плити “Декор” застосовують у приміщеннях де вологість повітря...
- 1) не менше 60 %;
 - 2) не більше 60 %;
 - 3) 80 %;
 - 4) 70...80 %.
- IX. Морозостійкість силікатної цегли повинна бути...
- 1) не менше 15 циклів;
 - 2) не більше 15 циклів;
 - 3) більше 100 циклів.
- X. Ніздрюваті бетони у своєму складі мають повітряних пор...
- 1) не більше 40 %;
 - 2) 40...92 %;
 - 3) 50...72 %;
 - 4) більше 92 %.

IX. 4. (застосування)

I. Силікатна цегла може застосовуватися для:

- 1) кладки фундаментів;
- 2) мурування печей;
- 3) кладки зовнішніх стін.

II. Із ніздрюватих силікатних бетонів можна виготовити:

- 1) стінові панелі;
- 2) фундаментні блоки;
- 3) дорожні плити.

III. Плити гіпсові можна застосувати для:

- 1) кладки стін;
- 2) зведення ненесучих перегородок;
- 3) зведення несучих перегородок.

IV. Панелі „Декор” можна застосувати для:

- 1) улаштування підлог;
- 2) опорядження стін у сухих приміщеннях;
- 3) опорядження стін у лазнях.

V. Для теплоізоляції гарячих поверхонь можна застосувати:

- 1) щільний силікатбетон;
- 2) фіброліт;
- 3) ксилоліт;
- 4) суху штукатурку.

VI. Ксилоліт можна застосувати для...

- 1) влаштування стін;
- 2) влаштування фундаментів;
- 3) влаштування підлог;
- 4) влаштування перекриття.

VII. По кроквах прибиті лати через 1,2 м. Чи можна по них укласти азбестоцементні листи звичайного профілю?

- 1) можна;
- 2) не можна.

VIII. Для теплоізоляції стін можна застосувати:

- 1) фіброліт;
- 2) ксилоліт;
- 3) декор;
- 4) бісіпор.

IX. Матеріал склопор можна використати для:

- 1) кладки стін;
- 2) теплоізоляції;
- 3) гідроізоляції;
- 4) улаштування підлог.

X. Виберіть ефективний матеріал для влаштування зовнішніх стін:

- 1) блоки із газосилікату;
- 2) силікатна цегла;
- 3) силікатні камені.

РОЗДІЛ 10. ЛУЖНІ І ШЛАКОЛУЖНІ ЦЕМЕНТИ ТА БЕТОНИ

10.1 ШЛАКОЛУЖНІ В'ЯЖУЧІ

Шлаколужні в'язучі одержують на основі тонко помеленого гранульованого доменного шлаку і лужного компонента – сполук лужних металів натрію або калію. До лужних компонентів належать содопоташна суміш – супутній продукт виробництва глинозему із нефелінів і сієнітів; содолужний плав – продукт капролактанового виробництва; рідкі лужні відходи фенольного виробництва; суміш їдкого натру і їдкого калію; фторид натрію – відхід суперфосфатного виробництва; метасилікат натрію – супутній продукт виробництва двооксиду титану і глинозему; пил електрофільтрів клінкеровипалювальних печей цементних заводів; лужні відходи целюлозно-паперової промисловості тощо.

Початок тужавлення цих в'язучих – не раніше як через 30 хв, кінець – від 2 до 5 год. Границя міцності при стиску – 20...120 МПа; шлаколужні в'язучі застосовують в будь-яку пору року, а взимку лужні компоненти виконують роль протиморозної добавки.

10.2 ШЛАКОЛУЖНІ БЕТОНИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ І ЗАСТОСУВАННЯ

Шлаколужний бетон це штучний камінь, який одержують після формування і наступного тверднення суміші крупного і дрібного заповнювачів, меленого шлаку і розчину лужного компонента.

Залежно від призначення отримують бетони щільної, крупнопористої, поризованої і ніздрюватої структур. За зерновим складом заповнювачів їх поділяють на дрібно- і крупнозернисті, а за густиною – на важкі і легкі. Важкі бетони на шлаколужному в'язучому відносять до конструкційних бетонів, легкі бетони поділяють на конструкційні, конструкційно-теплоізоляційні і теплоізоляційні.

Конструкційні легкі шлаколужні бетони класів В15...В50 (М200...М600) з середньою густиною 1500...1800 кг/м³ виготовляють на керамзиті, доменному гранульованому шлаку, аглопориті, вапняку – ракушняку, шлаковій пемзі, відходах деревини. Ці ж заповнювачі застосовують для конструкційно-теплоізоляційних бетонів з середньою густиною 500...1400 кг/м³, які характеризуються міцністю при стиску 3,5...40 МПа і теплопровідністю 0,17...0,4 Вт/(м·К). Теплоізоляційні шлаколужні матеріали середньою густиною 170...450 кг/м³, міцністю

при стиску 0,25...2 МПа і теплопровідністю 0,059...0,13 Вт/(м·К) розроблені на основі спученого перліту.

Міцність шлаколузних бетонів регулюють, головним чином, зміною щільності лужного компонента. Найбільш суттєво відображається на збільшенні характеристик міцності застосування розчинних силікатів натрію. Бетони на їхній основі є високоміцними. При використанні карбонатних лужних компонентів міцність бетонів складає 45...80 МПа.

Важкі шлаколузні бетони випускають наступних класів (марок) – В10 (200), В15 (250), В20 (300), В25 (400), В30 (500), В55 (800), В60 (900), В70 (1000), В80 (1100), В90 (1200), В100 (1300), В110 (1400).

Залежно від умов роботи виробів і конструкцій передбачені наступні марки шлаколузного бетону: за морозостійкістю – F200, F300, F400, F500, F600, F700, F800, F900, F1000; за водопроникністю – W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W25, W30.

Морозостійкість – одна з найважливіших характеристик шлаколузного бетону, яка обумовлює його довговічність. Морозостійкість шлаколузного бетону в 2...3 рази перевищує морозостійкість цементного. Залежно від виду шлаку і лужного компонента вона відповідає 200...1000 циклам наперемінного заморожування і відтавання.

Водонепроникність шлаколузних бетонів залежить від щільності структури затверділого каменю, наявності замкнених сферичних гелієвих пор і мікропор, високої адгезії каменю в'язучого до заповнювачів.

В найбільш жорстких умовах випробувань при циклічному зволоженні та висушуванні, збереженні в атмосфері вуглекислого газу корозія арматури в шлаколузних бетонах нижча, ніж в портландцементних.

Шлаколузний бетон – корозійно- і біостійкий матеріал (стійкість обумовлена властивостями в'язучого), в зв'язку з цим його рекомендують використовувати в конструкціях, які працюють в агресивних умовах: в м'яких і проточних водах, морській воді тощо.

Дрібнозернисті бетони – це штучний камінь, який отримують після затвердіння раціонально підібраної суміші меленого шлаку, розчину лужного компонента і дрібного заповнювача, в якості якого служать дрібні піски і ґрунти у вигляді супісків і легких суглинків.

Дрібнозернисті шлаколузні бетони випускають класів В10...60. Їх властивості практично обумовлені тими ж факторами, що і важких шлаколузних бетонів на крупному заповнювачі.

Жаростійкий шлаколузний бетон. Жаростійкі бетони, які виготовляють на основі шлаколузного в'язучого, призначені для спорудження об'єктів з температурою експлуатації 200...1500 °С.

Жаростійкість шлаколузного бетону обумовлена наближенням значень коефіцієнтів термічного розширення заповнювачів і в'язучого, а також особливостями фазового складу продуктів гідратації останнього, частково схильністю гідратних новоутворень до топоксичної перекристалізації у безводні речовини без розвитку значних деструктивних напруг в структурі нагрітого штучного каміння.

Шлаколузний ніздрюватий бетон. Використання шлаколузного в'язучого у виготовленні автоклавного ніздрюватого бетону дозволило отримати високоміцний, довговічний, малоенергоємний будівельний матеріал.

Для отримання шлаколузних пінобетонів з низькою густиною і високорозвиненою пористістю, яка забезпечує матеріалу досить високі звукопоглинальні властивості, використовують мелений електро-термофосфорний шлак з питомою поверхнею 350...400 м²/кг і лужні розчини.

Спосіб поризації і стабілізації пористої структури передбачає приготування стійкої піномаси з наступним введенням в неї тонкомеленого шлаку.

В якості піноутворювачів використовують деревний омилений пек, смолу деревну омилену, білкові продукти і ряд інших відходів виробництва. В поризовану шлаколузну бетонну суміш вводять до 10 % дегідратованої глини, яка, з одного боку, стабілізує піну, а з іншого – сприяє повнішому зв'язуванню лужного компонента. Показники шлаколузного ніздрюватого бетону наведені в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2

Показники автоклавного шлаколузного ніздрюватого бетону

Вид шлаку	Густина ρ_m , кг/м ³	Міцність, МПа		Модуль пружності E, МПа	
		R _{ст}	R _{роз}		
Основний доменний	300	1,1	0,087	–	
	600	7,1	0,49	2530	
	1200	32,4	1,5	6850	
Кислий доменний	300	1,6	0,11	–	
	600	7,9	0,55	2600	
	1200	35,8	2,15	7188	
Кислий виробництва	нікелевого	800	0,83	0,06	–
		600	3,7	0,18	1967



ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Із яких компонентів виготовляють шлаколужні в'язучі?
2. Назвіть основні властивості шлаколужних в'язучих.
3. Що таке шлаколужний бетон?
4. Класифікація шлаколужних бетонів залежно від призначення?
5. Які властивості має шлаколужний бетон?
6. Яка морозостійкість шлаколужного бетону?
7. Від чого залежить водонепроникність шлаколужних бетонів?
8. Чим регулюють міцність шлаколужних бетонів?
9. Для чого призначений жаростійкий шлаколужний бетон?
10. Які матеріали використовують у якості заповнювачів для виготовлення конструкційних легких шлаколужних бетонів?
11. Які компоненти необхідні для отримання шлаколужних пінобетонів?
12. Яку міцність має автоклавний шлаколужний ніздрюватий бетон?
13. Яку густину має автоклавний шлаколужний ніздрюватий бетон?

ВІДПОВІДІ НА ТЕСТИ

Номер питання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ</i>															
I.1.	3	2	2	1	3	3	3	2	2	3	1	2	6	5	4

Номер питання	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>РОЗДІЛ 2. ПРИРОДНІ КАМ'ЯНІ МАТЕРІАЛИ</i>										
II.1.	2	3	3	1	2	1	3	1	3	3
II.2.	2	1	1	3	2	2	2	1	3	1
II.3.	2	3	1	1	2	1	3	1	2	1
II.4.	1	2	2	1	4	2	4	2	1	2
II.5.	3	1	1	2	1	4	1	4	2	3
<i>РОЗДІЛ 3. КЕРАМІЧНІ МАТЕРІАЛИ І ВИРОБИ</i>										
III. 1.	2	1	1	2	4	1	2	1	2	3
III. 2.	2,3,4,5,9,10, 11, 8,13,14		2,1,3,6,7,9, 10,11,8,13,14		2,1,3,12,15,9,1 0,11,8,13,14		1		3	
III. 3.	3	1	1	1	2	1	1	3	1	3
III. 4.	1	2	3	3	1	2	3	2	1	2
III. 5.	1	2	1,4	1	3	1	2	1	2	2
<i>РОЗДІЛ 4. МАТЕРІАЛИ ТА ВИРОБИ ІЗ МІНЕРАЛЬНИХ РОЗПЛАВІВ</i>										
IV. 1.	2	1	2	1	4	1	3	1	2	1
IV. 2.	1	2	2	1	3	3	1	2	3	2
IV. 3.	2	1	1,3,5,6	4	1	4	2	1	2	4
IV. 4.	2	1	1	2	1	1	1	1	2	1
IV. 5.	2	3	3	2	3	1	3	1	2	3
<i>РОЗДІЛ 5. НЕОРГАНІЧНІ В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ</i>										
V. 1.	2	1	2	1	2	1	1	3	2	1
V. 2.	2	1	1	1	1	3	2	1	1	2
V. 3.	2	1	1	2	1	2	1	2	1	1
V. 4.	2	2	1	1	3	2	1	2	2	3
V. 5.	1	1		1		3	1	2	1	2
V. 6.	3	2	1	2	3	2	1	1	1	2
<i>РОЗДІЛ 6. БУДІВЕЛЬНІ РОЗЧИНИ</i>										
VI. 1.	2	1	3	1,3	2	1	2	1	2	1
VI. 2.	1	3	1	2	1	3	1	3	1	3
VI. 3.	1	3	3	2	3	2	1	1	1	2

<i>РОЗДІЛ 7. БУДІВЕЛЬНІ БЕТОНИ</i>										
VII. 1.	3	1	2	1	2	1	1	2	2	2
VII. 2.	1	2	2	3	1	2	1	2	1	3
VII. 3.	2	1	2	1	1	2	2	3	1	3
VII. 4.	3	2	1	1	2	1	2	1	1	1
<i>РОЗДІЛ 8. МОНОЛІТНІ ТА ЗБІРНІ ЗАЛІЗОБЕТОННІ І БЕТОННІ ВИРОБИ І КОНСТРУКЦІЇ</i>										
VIII. 1.	1	1	2,3	2	2	2	2	2	2,3	2
VIII. 2.	11	3	1	4	5	7	6	8	10	9
<i>РОЗДІЛ 9. МАТЕРІАЛИ НА НИЗЬКОЕНЕРГОСМНИХ РЕЧОВИНАХ</i>										
IX. 1.	3	3	2	3	1	2	1	3	1	3
IX. 2.	2	3	1	2	1	2	3	1	1	3
IX. 3.	2	1	1	2	1	2	1	2	1	2
IX. 4.	3	1	2	2	1	3	2	1	2	1

НОРМАТИВНІ ДОКУМЕНТИ

ГОСТ 111-2001	Стекло листовое. Технические условия
ГОСТ 286-82	Трубы керамические канализационные. Технические условия
ГОСТ 474-90	Кирпич кислотоупорный. Технические условия
ГОСТ 965-89	Портландцементы белые. Технические условия
ГОСТ 5802-86	Растворы строительные. Методы испытаний
ГОСТ 9574-80	Панели гипсобетонные для перегородок. Технические требования
ГОСТ 15825-80	Портландцемент цветной. Технические условия
ГОСТ 23732-79	Вода для бетонов и растворов. Технические условия
ГОСТ 24404-80	Покрытия лакокрасочные. Классификация и обозначения
ГОСТ 25192-82	Бетоны. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 25214-82	Бетон силикатный плотный. Технические условия
ГОСТ 28013-89	Растворы строительные. Общие технические условия
ДСТУ EN 196-1:2007	Методи випробування цементу. Частина 1. Визначення міцності
ДСТУ Б А.1.1-5-94	ССНБ. Загальні фізико-технічні характеристики та експлуатаційні властивості матеріалів. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-6-94	ССНБ. Теплофізичні випробування матеріалів. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-9-94	ССНБ. Метод електронної мікроскопії матеріалів. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-10-94	ССНБ. Метод мікроскопічного кількісного аналізу структури матеріалів. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-14-94	ССНБ. Вироби керамічні личкувальні. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-16-94	ССНБ. Черепиця керамічна та бетонна. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-20-94	ССНБ. Крейда природна, мука вапнякова і доломітова. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-21-94	ССНБ. Скло та вироби зі скла будівельного призначення. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-22-94	ССНБ. Скло будівельне листове прокатне.
ДСТУ Б А.1.1-26-94	ССНБ. Відходи промисловості для будівельних виробів. Терміни та визначення

ДСТУ Б А.1.1-27-94	ССНБ. Матеріали будівельні. Дефекти. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-31-94	ССНБ. Сировина глиниста Для виробництва штучних пористих заповнювачів
ДСТУ Б А.1.1-32-94	ССНБ. Вироби будівельного призначення з природного каменю. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-36-94	ССНБ. Гіпс та інші місцеві в'язучі. Гіпс сиромолотий Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-48-94	ССНБ. Матеріали будівельні. Методи визначення теплофізичних властивостей. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-53-94	ССНБ. Матеріали будівельні. Методи визначення пористості. Терміни та визначення
ДСТУ Б А.1.1-54-94	ССНБ. Сировина глиниста для виробництва будівельних матеріалів. Терміни та визначення
ДСТУ Б В.2.7-3-93	Будівельні матеріали. Камінь гіпсовий штучний із фосфогіпсу. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-6-94	Будівельні матеріали. Черепиця бетонна. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-7:2008	Будівельні матеріали. Вироби бетонні стінові дрібноштучні. Технічні умови
ДСТУ Б В. 2.7-18-95	Будівельні матеріали. Бетони легкі. Загальні технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-23-95	Будівельні матеріали. Розчини будівельні. Загальні
ДСТУ Б В. 2.7-25:2001	Будівельні матеріали. Бетони важкі шлаколужні. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-27-95	Будівельні матеріали. Пісок із вапняків-черепашників для будівельних робіт. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-28-95	Будівельні матеріали. Черепиця керамічна. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-29-95	Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із * відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація
ДСТУ Б В.2.7-32-95	Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. умови
ДСТУ Б В.2.7-36:2008	Будівельні матеріали. Цегла та камені стінові безцементні Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-37-95	Будівельні матеріали. Плити і вироби з природного каменю. Технічні умови

ДСТУ Б В.2.7-46:2010	Будівельні матеріали. Цементи загальнобудівельного призначення. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-47-96	Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості
ДСТУ Б В.2.7-52-96	Будівельні матеріали. Листи азбестоцементні плоскі Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-53-96	Будівельні матеріали. Листи азбестоцементні хвилясті. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-61:2008	Будівельні матеріали. Цегла та камені керамічні рядові і лицьові. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-67-98	Будівельні матеріали. Плитки керамічні фасадні і килими з них. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-80:2008	Будівельні матеріали. Цегла та камені силікатні. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-82:2010	Будівельні матеріали. В'язучі гіпсові. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-90-99	Будівельні матеріали.. Вапно будівельне. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-91-99	Будівельні матеріали. В'язучі мінеральні. Класифікація
ДСТУ Б В.2.7-95:2000	Будівельні матеріали. Листи гіпсокартонні. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-96:2000	Будівельні матеріали Суміші бетонні. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-110:2001	Будівельні матеріали. Скло, склопакети
ДСТУ Б В.2.7-111:2001	Будівельні матеріали. Плити гіпсові для перегородок та внутрішнього облицювання стін. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-114:2002	Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань
ДСТУ Б В.2.7-117:2002	Будівельні матеріали. Плитки керамічні для підлог. Технічні умови
ДСТУ Б В.2.7-148:2008	Стекло листовое узорчатое армированное
ДСТУ Б В.2.7-176:2008	Будівельні матеріали Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.
ДСТУ Б В.2.7-214:2009	Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками
ДСТУ Б В.2.7-221:2009	Бетони. Класифікація і загальні технічні вимоги
ДСТУ Б В.2.7-239:2010	Розчини будівельні. Методи випробувань.

