

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ,
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ ТА
САМОСТІЙНОЇ РОБІТ
З ДИСЦИПЛІНИ**

КОМПОЗИЦІЙНІ БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

*(для студентів 5 курсу заочної форми навчання спеціальності
7.06010103 «Міське будівництво та господарство»
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки
6.060101 «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти)*

Методичні вказівки для виконання практичних занять, розрахунково-графічної та самостійної робіт з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» (для студентів 5 курсу заочної форми навчання спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки 6.060101 «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти) / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: О. В. Кондращенко. – Х: ХНУМГ, 2013. – 26 с.

Укладач: О. В. Кондращенко

Рецензент: к.т.н., доц. С. В. Шаповал

Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол №2 від 11.10.2010 р.

Зміст

	Стор.
Вступ.....	4
I. Теоретичні положення дисципліни для самостійної роботи.....	5
1.1. Взаємозв'язок структури композиційних матеріалів з їх властивостями...	6
1.2. Композиційні матеріали на основі мінеральних в'язучих.....	7
1.3. Композиційні матеріали на основі органічних в'язучих.....	10
1.4. Принципи армування композиційних матеріалів.....	12
1.5. Лакофарбові композиційні матеріали.....	14
1.6. Сухі будівельні суміші.....	14
Контрольні запитання для самостійної перевірки знань.....	15
II. Практичні заняття.....	16
1. Оцінка функціональних властивостей композиційних матеріалів	16
2. Визначення якості бетонополімерних виробів.....	17
3. Проектування складу легкого бетону на мінеральному заповнювачі	18
4. Проектування складу арболіту	20
III. Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи.....	22
Список джерел.....	25

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для виконання практичних занять, розрахунково-графічної і самостійної робіт з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» студентами 5 курсу заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти 6 курсу спеціальності «Міське будівництво та господарство».

Методичні вказівки складаються з основних теоретичних положень лекційного матеріалу для самостійної роботи студентів, контрольних запитань для самостійної перевірки знань, завдань для виконання практичних занять та контрольної роботи, списку необхідних джерел інформації для засвоєння дисципліни.

Теоретичні положення курсу містять інформацію з базових тем, що розглядаються в даній дисципліні з необхідними рисунками та таблицями.

Завдання для практичних занять скореговані з темами лекцій і направлені на поглиблене засвоєння вивчаемого матеріалу й наближення теоретичних знань до їх реального використання. Для виконання практичних занять і самостійного поглибленого вивчення курсу наведено список джерел інформації.

Завдання для виконання самостійної контрольної розрахунково-графічної роботи з курсу «Композиційні будівельні матеріали» мають у своєму складі теоретичне запитання за темами лекційного курсу, два розрахункових завдання за темами практичних занять і графічну схему одержання композиційного будівельного матеріалу.

I. ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Метою самостійної роботи є ознайомлення з різновидами композиційних будівельних матеріалів різної структури, різновидами матричних матеріалів, видами армуючих компонентів та їх властивостями.

У процесі виконання самостійної роботи передбачається використання навчально-довідкової літератури, нормативних документів (ДСТУ, ТУ, СНіП) тощо.

Основна термінологія:

- *композиційні матеріали* – це матеріали, що мають такі ознаки: штучні за походженням; складаються з двох і більше компонентів; мають властивості, відмінні від властивостей складових компонентів; їх склад, форма і розташування компонентів є запроектованими;

- *матриця* – компонент композиційного матеріалу, який є безперервним по всьому його об'єму;

- *арматура або заповнювач* (зміцнювач) - перервний компонент в об'ємі композиції.

Лекційний курс «Композиційні будівельні матеріали» базується на закономірностях теорії матеріалознавства і розглядає особливості будови матеріалів на різних структурних рівнях, процеси формування структури, що дозволяє прогнозувати властивості будівельних композиційних матеріалів і активно керувати ними, а також надає теоретичну базу для одержання нових матеріалів із заданими властивостями. Послідовність описання матеріалів:

- різновид композиційного матеріалу за класифікацією;
- складові компоненти: вид матриці й арматури;
- характер взаємодії складових компонентів;
- основні властивості композиційного матеріалу (межа міцності при стиску або вигині, середня густина, морозостійкість, водопоглинання, коефіцієнт конструктивної якості тощо);
- нові властивості, які є відмінними або поліпшеними в порівнянні з властивостями складових компонентів;
- структура матеріалу і характер розташування складових компонентів;
- сфери застосування композиційного матеріалу у будівництві або інших галузях та виробництвах.

Необхідні відомості для найбільш розповсюджених композиційних будівельних матеріалів наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні характеристики композиційних матеріалів

Назва матеріалу	ρ , кг/м ³	R_{ct} , МПа	R_p , МПа	Морозостійкість, цикли	Водопоглинення за 24 год, %
1	2	3	4	5	6
Важкий бетон	2200-2500	10-60		50-500	
Полімербетон	2300-2400	90-110		80-500	0,01-0,3
Арболіт	400-850	0,5-5,0		25-50	40-85
Азбестоцемент	1600-1800			50	
Склопластик	1800-2000		до 1000		
ДСП	650-800			не норм	не норм
ДВП	150-950		40	не норм	не норм

1.1 Взаємозв'язок структури композиційних матеріалів з їх властивостями

Поняття про композиційні матеріали. Основні ознаки композитів. Склад і будова композиту, поняття матриці та армуючого компонента. Технологічні та експлуатаційні вимоги до матеріалу матриці. Класифікація композиційних матеріалів.

Структура композиційних будівельних матеріалів та їх загальні ознаки на чотирьох рівнях: атомно-молекулярному, субмікроскопічному, мікроскопічному, макроскопічному.

Атомно-молекулярний рівень: особливості будови матеріалів за видами кристалічних ґраток (для кристалічних тіл) і агрегатами молекул, атомів або іонів (для аморфних тіл). Типи хімічних зв'язків між структурними елементами (рис. 1).

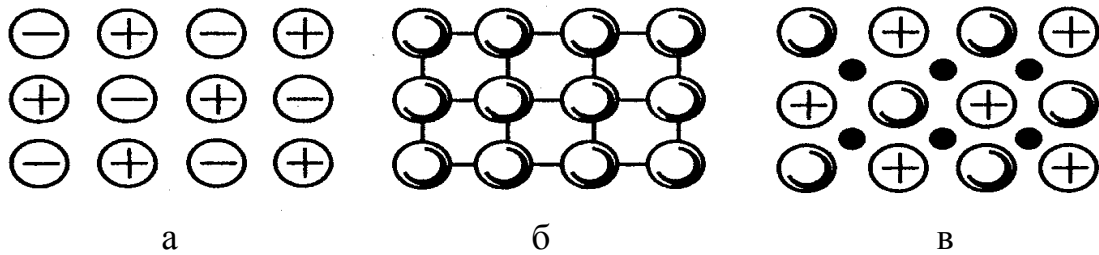


Рис. 1 – Схеми ґраток залежно від типу хімічних зв'язків:
а – іонний; б – атомний; в – металевий

Методи ідентифікації структурних складових композитів. Особливості анізотропних структур. Явище ізоморфізму та його використання в технологіях одержання композиційних будівельних матеріалів.

Мікрогетерогенні системи як основа в'язучих компонентів у структурі композиційних матеріалів: бетонної суміші, розчинів, лакофарбових сумішей, скляних розплавів тощо. Методи вивчення мікрогетерогенних систем. Особливості утворення просторових структур у системах на основі мінеральних в'язучих. Явища пептизації і тиксотропії. Вплив міцелярної будови колоїдних розчинів на їх властивості й властивості будівельних матеріалів.

Седиментаційно нестійкі системи: порошки, суспензії, емульсії, піни, пасты як компоненти для одержання композиційних матеріалів. Види структур капілярно-пористих композиційних матеріалів (рис. 2). Методи визначення пористості. Вивчення макроструктури композитів для визначення:

- 1) відносного вмісту в'язучого і заповнювача та їх взаємного розташування;
- 2) мінералогічного складу, розміру, форми й характеру поверхні зерен;
- 3) кількості й форми мікропор.

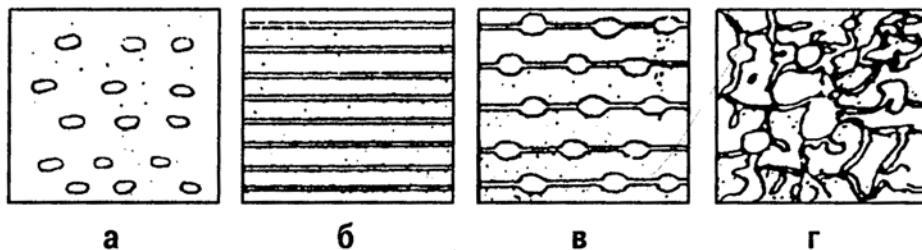


Рис. 2 – Схеми типів структур капілярно-пористих матеріалів:
а - з кулькоподібними порами; б - з циліндричними порами; в - перемінного перерізу; г - схема структури цементного каменя.

Види конгломератних двокомпонентних структур (рис. 3). Різновиди дефектів структур, що впливають на деструкцію композиційних будівельних матеріалів.

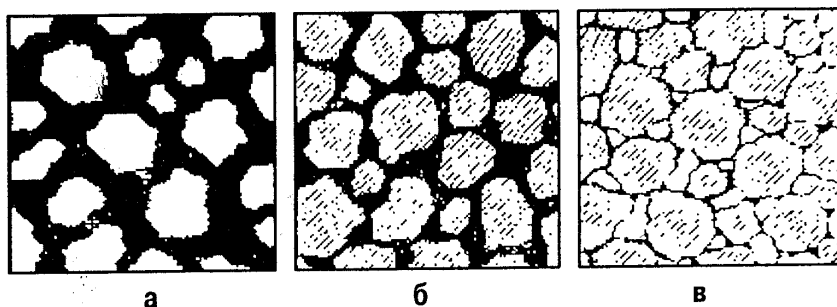


Рис. 3 – Схеми макроструктур конгломератного типу:
а – базальної цементації; б – порова; в – контактна.

1.2 Композиційні матеріали на основі мінеральних в'язучих

Характеристика цементних бетонів як композиційних матеріалів конгломератного типу. Склад цементного каменя і особливості його структури. Види гідратних фаз цементного каменя (рис. 4).

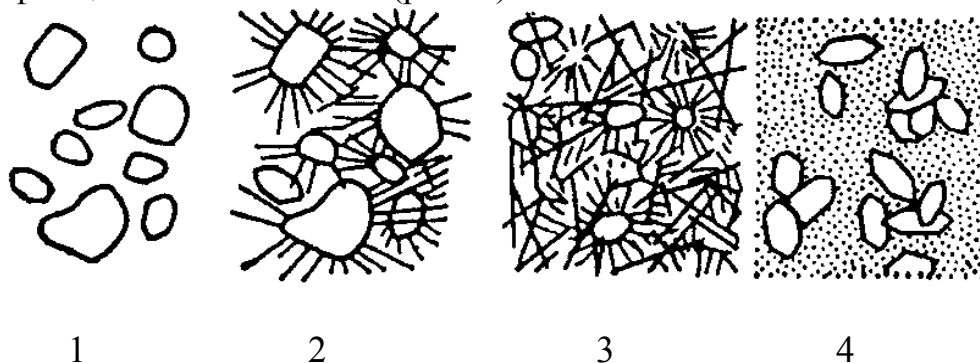


Рис. 4 – Схема послідовності виникнення гідратних новоутворень цементу:
1 – цементне тісто; 2 – після тужавлення; 3 – кристалічна структура;
4 – цементний камінь зі стабільними сполуками

Класифікація пор цементного каменя. Явище контракції. Фактори, що впливають на міцність цементної матриці у складі композиційних матеріалів. Основні види структур цементних бетонів (рис. 5).

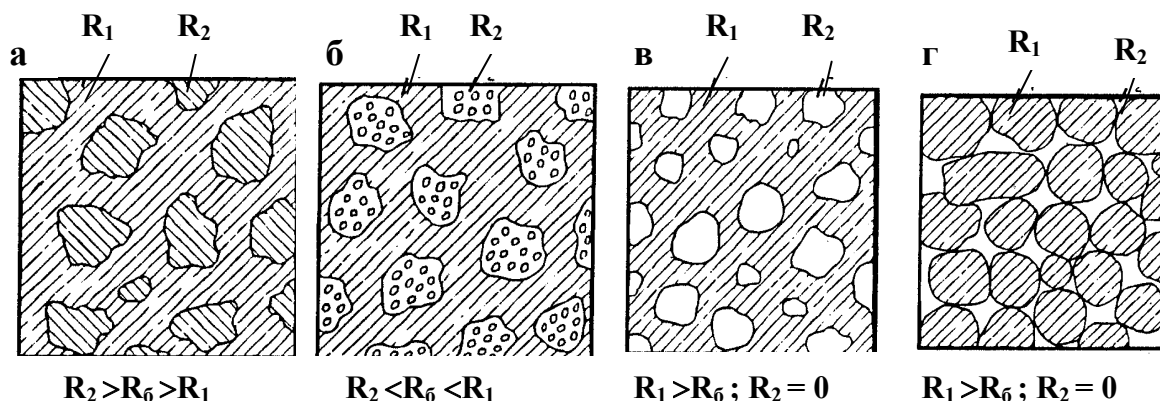


Рис. 5 – Основні види структур бетону: а – щільна; б – така ж з ніздрюватим заповнювачем; в – ніздрювата; г – зерниста.

Види взаємодії цементної матриці із заповнювачем: механічна, фізико-хімічна, змішана. Фактори, що впливають на розвиток тріщиноутворення бетонного каменя. Різновиди тріщин. Теорія міцності бетону. Фактори, що впливають на міцність бетону (рис. 6, 7).

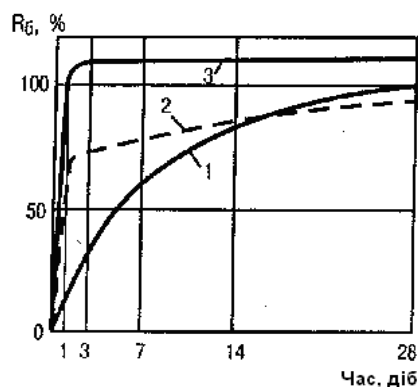


Рис. 6 – Зростання міцності бетону у часі: 1 – нормальні умови твердіння; 2 – пропарювання (звичайний тиск, температура 80 °С); 3 – запарювання в автоклаві (тиск 0,8 МПа, температура 179 °С).

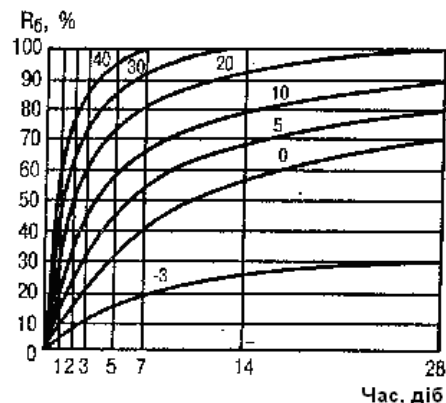


Рис. 7 – Зростання міцності бетону при температурах від – 3 до +40 °С.

Технологічні прийоми регулювання міцності бетонів. Взаємозв'язок властивостей бетону від показників його міцності (табл. 2).

Таблиця 2 – Розрахункові формули властивостей бетону, пов'язані з міцністю при стиску

№ п/п	Властивості бетону	Розрахункова формула
1	Міцність бетону на розтягнення при згині, $R_{p.z.}$	$R_{p.z.} = 0,08(10 R_{сж})^{2/3}$
2	Міцність бетону на розтягнення при розколюванні, $R_{p.p.}$	$R_{p.p.} = 0,055(10 R_{сж})^{2/3}$
3	Міцність бетону при осьовому розтягненні, $R_{o.p.}$	$R_{o.p.} = 0,046(10 R_{сж})^{2/3}$
4	Міцність бетону при зрізі, $R_{зр.}$	$R_{зр.} = 0,093(10 R_{сж})^{2/3}$
5	Міцність бетону при сколюванні, $R_{ск.}$	$R_{ск.} = 0,162(10 R_{сж})^{2/3}$

Особливості поведінки бетону при динамічних навантаженнях: коефіцієнт динамічного зміцнення, межа втомленості й витривалості:

$$K_b = \delta_y / R_{ст}, \quad (1)$$

де K_b – коефіцієнт витривалості; δ_y – межа втомленості; $R_{ст}$ – межа міцності при стиску.

Гіпотези механізму морозного руйнування цементних бетонів: 1) гідростатичного тиску; 2) гідравлічного тиску; 3) термічної несумісності компонентів. Фактори, що впливають на морозостійкість бетону та способи підвищення морозостійкості з метою забезпечення довговічності (табл. 3).

Таблиця 3 – Рекомендовані марки бетону за морозостійкістю залежно від умов експлуатації

Характеристика вологісного режиму	Марки бетону (при температурі зовнішнього повітря, °C)			
	-40	-20...-40	-5...-20	-5 і >
У водонасиченому стані	300	200	150	100
В умовах епізодичного зволоження	200	100	75	50
В умовах повітряно-вологого стану	150	75	50	35

Прогнозування морозостійкості будівельних матеріалів, поняття коефіцієнта морозостійкості:

$$K_{\text{мрз}} = R_{\text{мрз}} / R_{\text{контр.}}, \quad (2)$$

де $R_{\text{мрз}}$ – міцність бетону після прийнятої кількості циклів випробувань;

$R_{\text{контр.}}$ – міцність контрольних зразків (до випробувань).

Опір бетонів дії високих температур. Позитивний вплив температурного фактора на прискорення росту міцності бетону. Оптимальний режим впливу температури: пропарювання та автоклавна обробка. Причини виникнення термічних напружень в бетоні. Способи підвищення вогнестійкості бетонів. Способи надання бетону жаротривкості.

Модифікування бетонів з метою направленою регулювання його властивостей. Класифікація та різновиди хімічних додатків у бетон. Використання суперпластифікаторів, їх класифікація та ефективність дії (рис. 8).

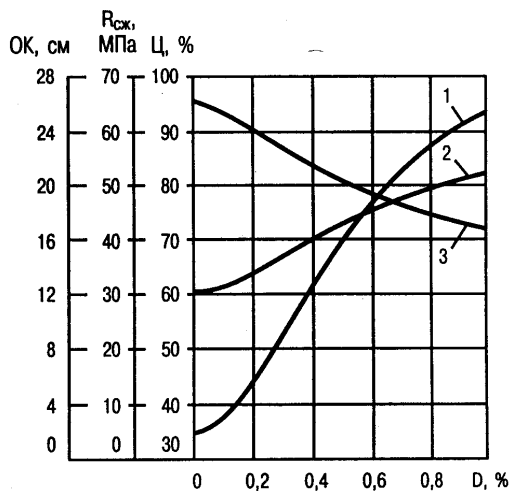


Рис. 8 – Вплив вмісту суперпластифікатора на властивості бетону і бетонної суміші: 1 – зміни рухливості при постійних витратах цементу і води; 2 – зростання міцності бетону при постійній рухливості й скороченні кількості води; 3 – зменшення витрат цементу при рівномірних бетонах і однаковій рухливості.

Механізм дії суперпластифікаторів. Класифікація поліфункціональних модифікаторів (ПФМ). Види мінеральних модифікаторів, їх ефективність і механізм дії.

Бетони підвищеної міцності, їх переваги в порівнянні зі звичайними бетонами (табл. 4).

Таблиця 4 – Порівняльні показники звичайного і високоякісного бетонів

Показники	Звичайний бетон	Високоякісний бетон
Межа міцності, МПа	40-50	100-120
Водонепроникність, аті	6-8	>16
Коефіцієнт фільтрації води, см/с ($\times 10^{-10}$)	30-40	0,5-2
Повітропроникність, см ² /с ($\times 10^{-4}$)	300-400	30-70
Коефіцієнт дифузії вуглекислого газу, см ² /с ($\times 10^{-4}$)	3,5-4,5	2-2,5
Пенетрація води під тиском 6 аті протягом 24 годин	8-10	1-3
Морозостійкість (при – 20 °С), цикл	300-400	700-1000

Способи й прийоми підвищення міцності бетонів: механохімічна обробка наповнювачів; модифікація бетонів полімерами (спосіб просичення); застосування вібротолків для активації цементу; активація бетонної суміші при турбулентному перемішуванні; активація цементного тіста ультразвуковою обробкою; електромагнітні методи активації.

Бетони на безклінкерному в'язучому як різновиди мінеральних композиційних будівельних матеріалів. Силікатні бетони, їх властивості. Фактори, що впливають на міцність силікатних бетонів. Способи армування силікатних бетонів, їх міцність, водостійкість, морозостійкість. Шлакові й зольні бетони, оцінка сировини для їх виробництва:

$$\text{модуль основності} - M_o = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}; \quad (3)$$

$$\text{коефіцієнт якості} - \text{коли } MgO < 10 \% : K = \frac{CaO + Al_2O_3 + MgO}{SiO_2 + TiO_2}; \quad (4)$$

$$\text{коли } MgO > 10 \% : K = \frac{CaO + Al_2O_3 + 10}{SiO_2 + TiO_2 + (MgO - 10)}. \quad (5)$$

Легкі й дрібнозернисті шлакові бетони, їх властивості і застосування. Шлаколузні бетони, їх особливості й застосування.

Різновиди композиційних матеріалів на основі деревини. Клеєна деревина: шарувата, масивна, комбінована. Переваги й недоліки клеєної деревини, її властивості.

Матеріали на основі подрібненої деревини: деревноволокнисті плити, п'єзотермопластики, деревностружкові плити, деревнотирсові плити, арболіт та фіброліт, цементно-стружкові плити, тирсобетони. Властивості і недоліки матеріалів на основі подрібненої деревини. Підвищення їх біо- та вогнестійкості.

Використання композиційних матеріалів на основі деревини: конструкційні, конструкційно-опоряджувальні, опоряджувальні, теплоізоляційні, звукоізоляційні.

1.3 Композиційні матеріали на основі органічних в'язучих

Класифікація і властивості композиційних дьогтеві-бітумних в'язучих. Оптимізація їх властивостей. Паста і емульсії на бітумах та дьогтях, їх властивості, різновиди й застосування для виробництва композиційних асфальтових будівельних матеріалів. Загальна характеристика асфальтових матеріалів (рис. 9).

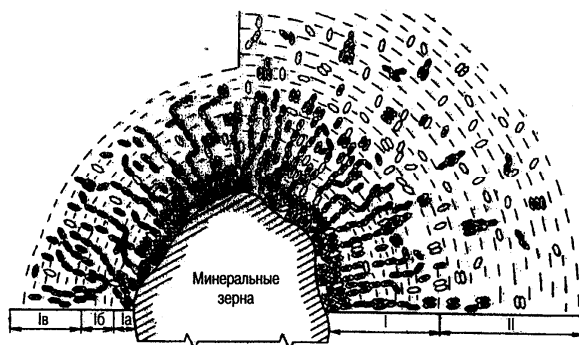


Рис. 9 – Будова плівки бітуму на мінеральному зерні:
I – орієнтований шар; II – об'ємний бітум

Різновиди асфальтових композиційних матеріалів. Асфальтові мастики: гарячі, холодні, дахові, дьогтеві. Класифікація асфальтобетонів, їх структура та фізико-механічні властивості (рис. 10, 11, 12).

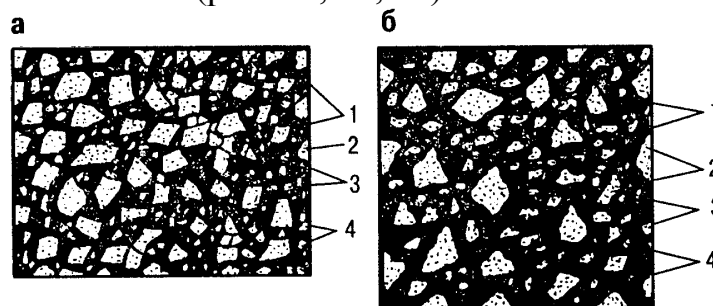


Рис. 10 – Структура асфальтобетонів: а – багатощобневого; б – малощобневого; 1 – асфальтове в'язуче; 2 – щобінь; 3 – пісок; 4 – пори

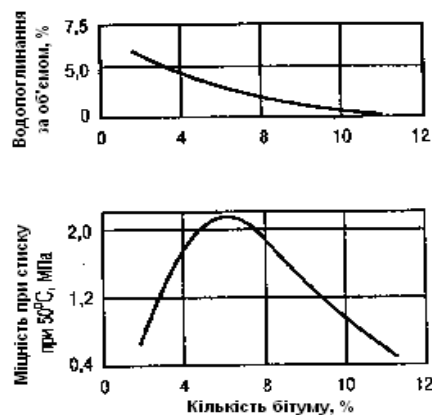


Рис. 11 – Вплив вмісту бітуму на властивості асфальтового бетону

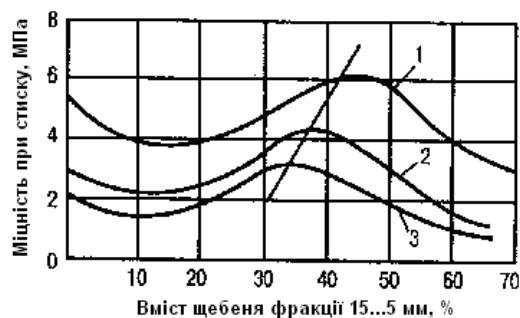


Рис. 12 – Взаємозв'язок міцності асфальтобетону при стиску від кількості щобеню: 1 – для бітуму БНД 40/60; 2 – БНД 130/200; 3 – БНД 200/300

1.4 Принципи армування композиційних матеріалів

Різновиди армуючих елементів композиційних матеріалів залежно від їх складу, форми й розмірів, ступеня орієнтації в матричній фазі.

Композиційні матеріали, армовані безперервними волокнами, їх різновиди і властивості. Види арматури: гнучка й жорстка, робоча, конструктивна, монтажна. Механічні й реологічні властивості арматури.

Залізобетонні конструкції: збірні, монолітні, звичайні та попередньо напружені (рис. 13, 14).

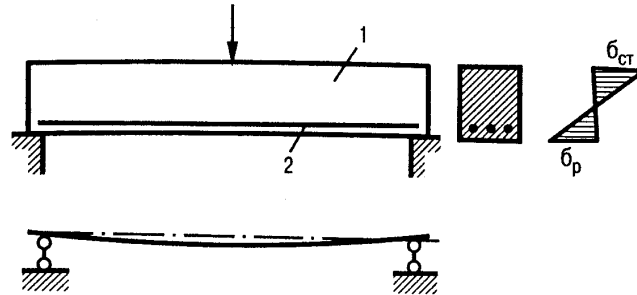


Рис. 13 – Схема роботи арматури в залізобетонній конструкції:

1 – бетон; 2 – арматурний елемент

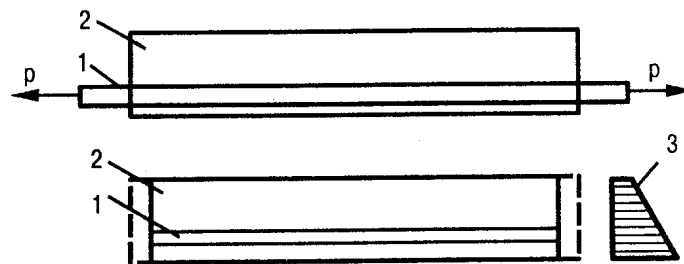


Рис. 14 – Схема попередньо напруженої арматури:

1 – арматура; 2 – бетон; 3 – епюра напружень

Фактори, що обумовлюють роботу залізобетону як єдиного композиційного матеріалу. Переваги й недоліки залізобетонних конструкцій.

Дисперсно-армовані композиційні матеріали. Переваги й недоліки дискретного армування. Різновиди фібри і види її орієнтації в матричній фазі на прикладі фібро- та сталевібробетону (рис. 15). Залежність властивостей фібробетону від концентрації фібри у складі композиційного матеріалу. Ефективність роботи фібробетонів у конструкціях: зменшення трудовитрат на арматурні роботи, скорочення витрат сталі й бетону, підвищення довговічності, зниження витрат на ремонтні роботи, сумісництво технологічних операцій приготування бетонної суміші й армування.

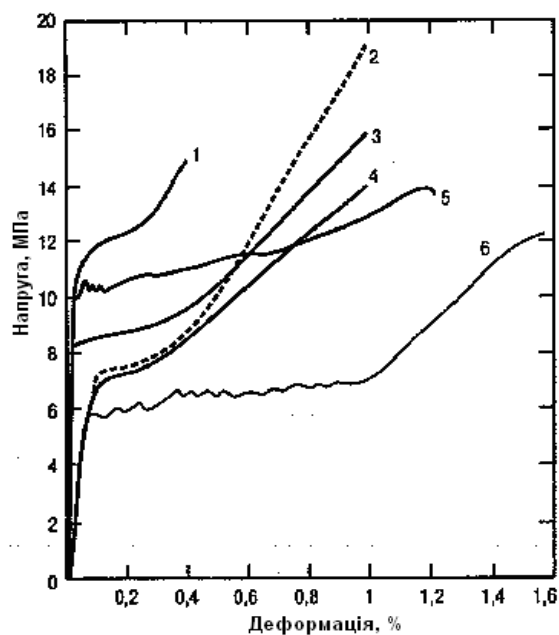


Рис. 15 – Взаємозв'язок напруження – деформація для армованих цементних композитів: 1 – п/ц – сталевий дріт, 1,5 об. %; 2 – те саме, 1 об. %; 3 – високоалюмінатний цемент – скловолокно; 4 – п/ц – цирконієве скловолокно, 5 % за масою; 5 – п/ц - поліамідне волокно, 1,93 об. %; 6 – гіпс – скловолокно, 1 об. %

Композиційні матеріали з волокнистим армуванням: склоцементні, склопластики, азбестоцементи. Класифікація матричних в'язучих і армуючих матеріалів. Способи армування: направлене і хаотичне (табл. 5).

Таблиця 5 – Вплив способу армування на міцність скловолокнистих матеріалів

Розподіл волокон	Міцність, %
Однонаправлене	100
Сітчасте	45-50
Двомірне хаотичне	30-37
Тримірне хаотичне	0-20

Властивості склопластичних композиційних матеріалів. Їх різновиди: склотекстоліти, листові склопластики, скловолокнисті анізотропні матеріали (СВАМ).

Особливості вихідних компонентів для виробництва азбестоцементу, і їх властивості. Продукція азбестоцементної промисловості. Особливості поводження азбестоцементу при водонасиченні й сушінні. Азбестоцемент, його структура та основні властивості (табл. 6).

Таблиця 6 – Механічні характеристики азбестоцементу

Показники	Азбестоцемент у листах (з азбестом 5-го та 6-го сортів)	
	$\rho_0 = 1,5 \text{ г/см}^3$	$\rho_0 = 1,8 \text{ г/см}^3$
Межа міцності при вигині, МПа	17,1	21,6
Межа міцності при розтягненні, МПа	8,8	11,2
Модуль деформації при розтягненні, МПа	$1,08 \cdot 10^4$	$1,47 \cdot 10^4$
Граничне розтягнення	$(120 \dots 160) \cdot 10^{-5}$	$(80 \dots 110) \cdot 10^{-5}$
Межа міцності при зсуві в площині листа, МПа	12	15
Межа міцності при сколюванні	2,8	3,5

1.5 Лакофарбові композиційні матеріали

Основні функції лакофарбових композиційних матеріалів. Складові компоненти лакофарбових матеріалів: в'язуче, пігменти, наповнювачі, розчинники, інгібітори корозії, піногасники, протигнилісні добавки. Реологічні властивості: тиксотропність, в'язкість. Види в'язучих у складі композиційних лакофарбових матеріалів. Водорозчинні в'язучі: природні, синтетичні. Класифікація малярних сумішей (табл. 7).

Таблиця 7 – Види лакофарбових покриттів за умовами експлуатації

№	Назва суміші	Призначення за умовами експлуатації
1	2	3
1	Атмосферостійкі	Відкриті майданчики у різному кліматі
2	Обмежено-атмосферостійкі	Експлуатація під навісом, в неопалюваних та опалюваних приміщеннях
3	Консерваційні	Для тимчасового захисту поверхні під час виробництва, зберігання і транспортування виробів. Стійкі до дії прісної води, її парів і морської води
4	Спеціальні	Стійкі до рентгенівського та інших випромінювань, світні, терморегулюючі, протиобрастаючі, для покриття гуми, пластмаси, тощо
5	Маслобензостійкі	Стійкі до дії мінеральних масел, бензину, гасу та інших нафтопродуктів, що вміщують не більш 20 % ароматичних речовин
6	Хімічно стійкі	Стійкі до дії кислот, лугів та інших рідких хімічних реагентів та їх парів
7	Термостійкі	Стійкі до високих температур
8	Електроізоляційні	Для покриттів, на які може діяти електрична напруга, електрична дуга та поверхневі розряди

Різновиди дефектів лакофарбових покриттів: чорні плями, бульки, наліт, віспини, відшарування, смугастість, нерівномірний блиск, випотівання, зморщування, бронзування тощо.

1.6 Сухі будівельні суміші

Сухі будівельні суміші (ССС) як різновиди композиційних будівельних матеріалів. Світовий досвід використання ССС, їх ефективність та переваги використання у будівництві.

Класифікація сухих будівельних сумішей: за призначенням, видом в'язучого, ступенем модифікації, за найбільш характерною властивістю в твердому вигляді, умовами використання.

Основні матеріали для приготування сухих будівельних сумішей: в'язучий компонент, заповнювачі, наповнювачі, хімічні добавки.

Теоретичні аспекти оптимізації складів ССС. Необхідні умови забезпечення монолітності системи підложка-ССС:

$$R_{\text{адг}} > R_{\text{ког}} \quad \text{або} \quad R_{\text{адг}} = R_1 + R_2, \quad (6)$$

де: R_1 – адгезійна міцність за рахунок фізико-хімічної взаємодії між підложкою та ССС;

R_2 – адгезійна міцність за рахунок механічного зчеплення підложки та ССС.

Способи виготовлення сухих будівельних сумішей із заданими властивостями. Класифікація сухих будівельних сумішей за призначенням: полімерні, гідроізоляційні, клеї для плитки та шпаклівки, штукатурні розчини, суміші для санації старих будівель і споруд, фарбові суміші, тощо.

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ

1. В чому полягають особливості аморфних і кристалічних структур?
2. Надати характеристику нестійких седиментаційних систем.
3. Які фактори впливають на міцність метриці цементних бетонів?
4. Які фактори впливають на міцність композиційних матеріалів?
5. Навести види взаємодії цементної матриці бетону із заповнювачами.
6. Навести гіпотези механізму морозного руйнування композиційних матеріалів на прикладі бетону.
7. Які фактори впливають на морозостійкість бетону?
8. В чому полягає позитивний вплив підвищених температур на міцність бетону?
9. Привести класифікацію хімічних добавок до композиційних матеріалів.
10. Які модифікатори можна віднести до полі функціональних?
11. В чому полягає механізм їх дії мінеральних модифікаторів?
12. Які особливості мають силікатні композиційні матеріали і залізобетон на їх основі?
13. За якими властивостями оцінюють шлакову і зольну сировину для виробництва композиційних матеріалів?
14. Навести приклади композиційних асфальтових матеріалів.
15. Навести приклади композиційних матеріалів з безперервним армуванням.
16. Навести приклади композиційних матеріалів з дисперсним армуванням.
17. Навести приклади композиційних матеріалів з волокнистим армуванням.
18. В чому полягають переваги використання високоміцних бетонів?
19. Навести способи підвищення міцності бетону без застосування спеціальних прийомів та обладнання.
20. Навести способи підвищення міцності бетону із застосуванням спеціальних прийомів та обладнання.
21. Навести переваги використання сухих будівельних сумішей.
22. Дати класифікацію сухих будівельних сумішей за призначенням.
23. Дати класифікацію сухих будівельних сумішей за умовами експлуатації.
24. В чому полягають теоретичні аспекти оптимізації складів сухих будівельних сумішей.
25. Навести недоліки композиційних матеріалів на основі деревини.
26. Дати класифікацію малярних сумішей за умовами експлуатації лакофарбових покриттів.

II. ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Заняття 1

Неруйнуючі методи випробувань композиційних будівельних матеріалів

Механічні способи випробувань композиційних будівельних матеріалів дозволяють контролювати однорідність та процес твердіння бетону в поверхневому шарі. Існує декілька способів таких випробувань, наприклад, метод відбитку, метод відскоку, метод відриву, тощо. Для використання методів ударних випробувань (відскоку та відбитку) треба дотримуватися однакових умов. По-перше, на поверхні бетону треба вибирати такі ділянки, на яких можливі підвищені напруження або зовнішній вигляд поверхні дає підставу про наявність різного роду дефектів структури. Але не можна проводити випробування в тих зонах поверхні, де вже є руйнування або явні дефекти. Бетонні поверхні мають бути сухими. Треба також позбутися різних забруднень або нерівностей поверхні шляхом обробки наждачним диском. Площа кожної ділянки для випробувань повинна дорівнювати не менше 40000 мм² (200x200 мм) і включати до 10–12 точок вимірювання. Сусідні точки повинні мати відстань одна від одної мінімум 20 мм і бути розташованими приблизно на 40 мм від краю зразка або конструкції.

Одержані значення оцінюють за середніми величинами.

Метод відбитку. Для таких випробувань використовують еталонний молоток Кошкаррова (КМ). Молоток має дві ступені енергії, тому межі його використання досить значні. Передня його частина має напівкруглу форму і насаджена на ударник. Вона проникає в бетон і залишає на його поверхні відбиток. Глибина відбитку є характеристикою твердості цементного каменя, тобто його пластичних властивостей. Пружинний молоток при випробуваннях виставляють перпендикулярно до бетонної поверхні і стискають з постійним зусиллям до його фіксування. Результатом випробувань є діаметр відбитку на поверхні бетону, який залишає кулька приладу. Щоб точніше визначити діаметр відбитку використовують вимірювальну лупу. Діаметр вимірюють в двох взаємно перпендикулярних напрямках з похибкою $\pm 0,1$ мм, діаметр кульки повинен дорівнювати приблизно 3,5–6,5 мм.

Зразки з бетону, які готують для випробувань, повинні відповідати за складом тому бетону, який є в конструкціях. При цьому треба дотримувати таких умов:

- кількість цементу в бетоні на 1 м³ мусить складати 250–400 кг;
- вік бетону к моменту випробувань має складати 25–90 діб;
- крупність заповнювача в бетоні повинна складати не більше 32 мм.

Для визначення міцності при стиску бетону в конструкціях необхідно провести калібровку. Мінімальна кількість кубиків з довжиною ребра 100 мм повинна складати 20 штук. Коли проведення калібровочних випробувань неможливе, то оцінку міцності при стиску проводять за табличними даними. Що наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Відповідність діаметра відбитку приладу міцності при стиску

Міцність бетону при стиску (з 5% забезпеченістю), МПа	Діаметр відбитку, мм	Міцність бетону при стиску (з 5% забезпеченістю), МПа	Діаметр відбитку, мм
7,5	6,30	25	5,00
10,0	6,05	35	4,70
15,0	5,55	45	4,45
20,0	5,25	55	4,25

Узагальнення досвіду використання цього методу показує, що гарантоване значення міцності при стиску можна одержати тільки за нижньою межею міцності бетону даної марки.

Заняття 2

Проектування складу арболіту

Арболіт – різновид легких бетонів, виготовлений з суміші мінерального в'язучого (портландцементу), органічних целюлозних заповнювачів (відходи деревообробки, тощо) хімічних добавки і води.

При підборі складу арболіту основними вимогами є одержання заданих властивостей (класу за міцністю та середньої густини) при мінімально можливих витратах цементу.

Середня густина арболіту залежить від марки арболіту, виду заповнювача і береться за табл. 9.

Таблиця 9 – Характеристики арболіту

Вид арболіту	Клас за міцністю	Марка за міцністю	Середня густина, кг/м ³	
			подрібнена деревина	коstriця, льон
Теплоізоляційний	B0,35	M5	400–500	400–500
	B1	M15	500	500
Конструкційний	B1,5	M50	500–600	550–650
	B3,5		700–850	–

Послідовність виконання розрахунків

При проектуванні складу встановлюють або задають характеристики вихідних матеріалів для виготовлення арболіту:

- активність цементу $R_{ц}$, кг/см²;
- середня густина цементу $\rho_{оц}$, кг/м³;
- істинна густина цементу $\rho_{ц}$, кг/м³;
- вид заповнювача;
- насипна густина заповнювача $\rho_{нз}$, кг/м³;
- вид добавки.

Потім за табл. 10 призначають витрати матеріалів для заданого класу арболіту за міцністю.

Таблиця 10 – Орієнтовні витрати компонентів, кг на 1 м³ арболіту

Вид компоненту	Марка арболіту					
	5	10	15	25	35	50
Цемент, кг	240/290	250/310	280/330	330/380	360/390	390/420
Подрібнена деревина (суха), кг	140/180	160/280	180/200	220/240	240/250	250/280
Хлористий кальцій, кг	6	6-7	7	8	8	9
Вода, л	260/310	380/330	300/360	380/430	400/460	420/480

Примітка: 1. У числівнику – витрати компонентів для деревини хвойних порід, у знаменнику – для змішаних порід. 2. Замість хлористого кальцію можливо використовувати інші додатки.

Отримані дані занести до табл. 11.

Таблиця 11 – Витрати компонентів арболіту на 1 м³

Вид компоненту	Витрати на 1 м ³	Витрати на лабораторний заміс	Фактичні витрати на 1 м ³
Портландцемент, кг			
Подрібнена деревина, кг			
Хлористий кальцій, кг			
Вода, л			

За одержаними даними розрахунків готують пробний заміс з арболітобетонної суміші, потім проводять уточнення густини в ущільненому стані. Потім розраховують фактичні витрати матеріалів на 1 м³ ущільненої суміші.

Сума витрат всіх матеріалів для дослідного замісу складає

$$\Sigma P = Ц + З + В + ХД . \quad (10)$$

Для приготування арболіту ΣP (кг) витрачено цементу $Ц_1$ (кг). Для приготування 1 м³ арболіту треба витратити цементу:

$$Ц / \Sigma P = Ц \cdot \rho_{арб.}; \quad (11)$$

$$Ц = \frac{\rho_{арб.} \cdot Ц_1}{\Sigma P}, \text{ кг.} \quad (12)$$

Аналогічно розраховують витрати органічного заповнювача, води й хімічної добавки на 1 м³ бетонної суміші

$$З = \frac{\rho_{арб.} \cdot З_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (13)$$

$$В = \frac{\rho_{арб.} \cdot В_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (14)$$

$$ХД = \frac{\rho_{арб.} \cdot ХД_1}{\Sigma P}, \text{ кг.} \quad (15)$$

Фактичні витрати компонентів на 1 м³ бетону треба занести до графі фактичних витрат компонентів арболітобетону.

Контрольні запитання

1. Що таке арболіт, до якої групи композиційних матеріалів він належить?
2. Надати класифікацію виробів з арболіту та їх призначення.
3. Привести вихідні компоненти, необхідні для виготовлення арболіту.
4. Навести класи та марки арболіту за міцністю.

Заняття 3

Проектування складу легкого бетону на мінеральному заповнювачі

До числа композиційних матеріалів відноситься група легких бетонів з середньою густиною 500-1800 кг/м³ на пористих заповнювачах мінерального походження, таких як керамзит, аглопорит, шлакова пемза, туфи, тощо.

Легкі бетони класифікують за призначенням на три групи:

- функціональні (з густиною до 500 кг/м³);
- конструкційно-функціональні (з густиною 500–1400 кг/м³);
- конструкційні (з густиною 1400–1800 кг/м³).

За густиною в сухому стані для легких бетонів встановлено 19 марок (з інтервалом 100 кг/м³): Д 200...Д 2000. Існують також класи за міцністю (МПа) від В2 до В 40.

Послідовність виконання розрахунків. Склад керамзитобетону визначають розрахунково-експериментальним методом на 1 м³ керамзитобетону.

Вихідні дані:

Марка керамзитобетону за густиною (Д) кг/м³;

Клас керамзитобетону за міцністю (В) МПа;

Насипна густина керамзиту ($\rho_{н.к.}$) кг/м³;

Насипна густина піску ($\rho_{н.п.}$) кг/м³;

Граничний розмір гранул керамзиту (d) мм;

Пустотність керамзиту, %

1. Залежно від класу керамзитобетону за міцністю (В) і граничної величини керамзитового гравію визначають витрати цементу на 1 м^3 за табл. 12.

Таблиця 12 – Витрати цементу залежно від міцності керамзитобетону

Розмір гранул керамзиту	Витрати цементу, кг залежно від класу керамзитобетону за міцністю, МПа		
	7,5	10	15
10	–	200–240	250–280
20	200–220	235–260	275–310
40	220–235	240–290	300–340

2. Виходячи із заданої марки керамзитобетону за густиною, визначають загальні витрати за масою крупного і дрібного заповнювачів на 1 м^3

$$\Pi + K = \rho_o - 1,15 \text{ Ц}, \quad (16)$$

де Π – маса піску;

K – маса керамзиту;

Ц – маса цементу;

ρ_o – густина керамзитобетону;

1,15 – коефіцієнт, який враховує частку хімічно зв'язаної води.

3. Для конструкційних та конструкційно-теплоізоляційних бетонів вміст піску в суміші заповнювачів (r) складає 0,45–0,55 на 1 м^3 керамзитобетону при витратах цементу 175–400 кг. Таким чином, враховуючи r і пустотність керамзиту, встановлюємо густину бетонної суміші

$$\rho_{б.с.} = \frac{0,9[r \cdot \rho_n + (1-r) \cdot \rho_k]}{1 - V_{нуст} (1-r)}, \quad (17)$$

де $\rho_{нп}$ – насипна густина піску, кг/м^3 ;

$\rho_{нк}$ – насипна густина керамзиту, кг/м^3 ;

$\rho_{б.с.}$ – густина бетонної суміші, кг/м^3 .

4. Знаходимо витрати суміші піску та керамзитового гравію за об'ємом

$$V_{\Pi} + V_K = \frac{G_{\Pi+K}}{\rho_{б.с.}}, \quad (18)$$

де $G_{\Pi+K}$ – маса суміші піску та гравію, кг;

$V_{\Pi+K}$ – об'єм суміші піску та гравію, м^3 ;

1. Визначаємо витрати керамзитового гравію та піску за масою

$$\Pi = (V_{\Pi} + V_K) \cdot r \cdot \rho_{\Pi}; \quad (19)$$

$$K = G_{\Pi+K} - \Pi \quad (20)$$

2. Орієнтовні витрати води знаходимо за табл. 13.

Таблиця 13 – Витрати води залежно від характеристик керамзитобетону

Характеристики керамзитобетонної суміші		Витрати води (л) на 1 м^3 керамзитобетону при заданій густині керамзитового гравію (кг/м^3)			
		500	800	500	800
Рухливість, см	Жорсткість, с	на кварцовому піску		на керамзитовому піску	
-	60-80	175-180	155-170	240-215	190-205
-	30-50	185-200	175-190	240-215	230-250
-	15-25	195-210	185-200	265-290	255-280
3-5	-	205-220	195-210	290-315	270-305
6-8	-	215-230	205-220	315-340	305-330
9-12	-	225-240	215-230	350-375	330-355

3. Отримані дані звести до табл. 14.

Таблиця 14 – Зведена таблиця витрат компонентів керамзитобетону на 1 м³

Вид компонента	Витрати компонентів
Портландцемент	
Керамзитовий щебінь	
Пісок	
Вода	

Заняття 4

Проектування складу полімербетону

Полімербетоном називають композиційний будівельний матеріал, який виготовлений з поліефірних смол (в'язучого компонента) і сухих мінеральних наповнювачів.

Основні властивості полімербетону:

- міцність при стиску (90,0– 110,0 МПа);
- міцність на розтягнення при згині (18,0–35,0 МПа);
- коефіцієнт теплопровідності (0,8–2 ккал/м·год·°С);
- середня густина (2300– 2400 кг/м³);
- водопоглинання (1 %).

Області використання полімербетону:

- промислове й цивільне будівництво;
- гідроінженерні й підземні комунікації;
- електроінженерні й телекомунікації;
- сантехнічні вироби;
- оформлення інтер'єрів.

Оцінка якості полімербетону за зовнішнім виглядом

Поверхню виробів з полімербетону, виходячи з призначення виробів, умов їх монтажу і експлуатації, розділяють на: видиму (функціональну) та невидиму (монтажну).

Вироби залежно від показників зовнішнього вигляду (деформації, жолоблення) поділяють на три сорти. Зовнішній вигляд видимих функціональних поверхонь виробів повинен відповідати вимогам, які наведено в табл. 15.

Таблиця 15 – Вимоги до поверхонь за зовнішнім виглядом

№ п/п	Вид дефекту	Дефекти за сортами		
		I сорт	II сорт	III сорт
1	2	3	4	5
1	Нерівності (хвилястість без порушення гелкоут -шару [*])	не допуск.	допуск.	допуск.
2	Спучення гелкоутшару [*]	не допуск.	не допуск.	не допуск.
3	Тріщини	не допуск.	не допуск.	не допуск.
4	Точкові вклучення: - іншого коліру; - засмічення	не допуск. не допуск.	допуск. розсіяне	допуск. розсіяне
5	Матовість у вигляді плям	не допуск.	допускаються. плями (сумарною площею > 30 см ²)	допуск.

Продовження табл. 15

1	2	3	4	5
6	Відколи до 3 мм з наступним покриттям гелькоут шаром: – глибиною до 2 мм, довжиною до 10 мм, не більше, шт.; – глибиною до 3 мм, довжиною до 30 мм, не більше, шт.; – глибиною до 5 мм по всій довжині, не більше, шт.;	1 не допуск. не допуск.	3 2 не допуск.	5 3 1

*) *гелькоутшар – гелева оболонка, яку наносять на полімербетонні вироби в розсіюючій кабіні для надання глянцю і створення можливості полірування поверхні.*

Загальна кількість допустимих дефектів на одному виробу не повинна бути більше:

одного – на виробах I сорту;

п'яти – на виробах II сорту;

семи – на виробах III сорту.

При виконанні роботи треба встановити якість полімербетону, враховуючі вимоги, перелічені в табл. 8.

Визначення середньої густини

Середню густину полімербетону визначають за формулою

$$\rho_o = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (7)$$

де m – маса зразка з полімербетону, г;
 V – об'єм зразка з полімербетону, см^3 .

Визначення міцності при стиску

Міцність полімербетону при стиску визначають за формулою

$$R_{\text{ст}} = \frac{P}{S}, \text{ кг/см}^2 \text{ (МПа)}, \quad (8)$$

де P – руйнуюче навантаження, кг;
 S – площа зразка, см^2 .

Визначення коефіцієнта конструктивної якості

Коефіцієнт конструктивної якості визначають за формулою

$$K.K.Y. = \frac{R_{\text{ст}}}{d}, \quad (9)$$

де $R_{\text{ст}}$ – межа міцності при стиску, кг/см^2 (МПа);
 d – відносна густина, яку визначають як відношення фактичної густини до густини води при 4 °С.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення полімербетону.
2. Які матеріали виконують в полімербетоні функції матриці й зміцнювача?
3. Назвати основні властивості полімербетонів.
4. Навести області застосування полімербетонів у будівництві.
5. Назвати вимоги до зовнішнього вигляду виробів з полімербетонів.

ІІІ. ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ КОНТРОЛЬНОЇ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

При виконанні розрахунково-графічної роботи з курсу «Композиційні будівельні матеріали» студенту необхідно відповісти на теоретичне запитання за темами лекційного курсу, виконати два розрахункових завдання за темами практичних занять і навести графічну схему одержання композиційного будівельного матеріалу з наданням до неї необхідних коментарів. Варіант завдання кожен студент обирає відповідно останньої цифри номера його залікової книжки.

Теоретичні запитання

1. Дати характеристику різних видів структур композиційних будівельних матеріалів, показати їх переваги і недоліки.
2. Навести різновиди армованих композиційних матеріалів. Дати класифікацію компонентів, які виконують функції арматури.
3. Дати характеристику різновидів мінеральних в'язучих матеріалів для виготовлення композитів і навести їх основні властивості.
4. Дати порівняльну характеристику сухих будівельних сумішей гідроізоляційної дії.
5. Дати характеристику різновидів органічних в'язучих матеріалів для виготовлення композитів і навести їх основні властивості.
6. Дати характеристику склопластиковим композиційним будівельним матеріалам. Навести області і переваги їх застосування.
7. Дати характеристику композиційних будівельних матеріалів, в яких застосовані відходи деревини. Навести їх різновиди і порівняти властивості.
8. Дати загальну характеристику сухим будівельним сумішам, їх переваги та ефективність використання.
9. Дати характеристику модифікаторів, які підвищують щільність композиційних будівельних матеріалів.
10. Дати характеристику модифікаторів, які підвищують морозостійкість композиційних будівельних матеріалів.

Розрахункові завдання

Завдання 1. Оцінка функціональних властивостей композиційних матеріалів

Розрахувати ефективну теплопровідність композиту відповідно від виду, товщини композиційного матеріалу та властивостей теплоносія.

Варіанти вихідних даних для розрахунків наведені в табл. 16.

Таблиця 16 – Вихідні дані для розрахунку ефективної теплопровідності

№ варіанта	Теплопровідність волокна (λ), Вт/м·°С	Теплопровідність газу (λ_0), Вт/м·°С	Істинна густина (ρ), кг/м ³	Товщина виробу (d), мм	Маса 1м ² (m), кг
1	0,19	0,028	1410	1,75	699·10 ⁻³
2	0,25	0,021	1395	3,01	705·10 ⁻³
3	0,18	0,025	1440	2,06	701·10 ⁻³
4	0,24	0,027	1295	2,53	700·10 ⁻³

Продовження табл. 16

5	0,20	0,028	1355	1,85	$681 \cdot 10^{-3}$
6	0,23	0,024	1437	3,42	$724 \cdot 10^{-3}$
7	0,21	0,022	1445	1,79	$701 \cdot 10^{-3}$
8	0,17	0,020	1285	1,53	$675 \cdot 10^{-3}$
9	0,26	0,030	1510	3,43	$733 \cdot 10^{-3}$
10	0,28	0,029	1300	2,78	$702 \cdot 10^{-3}$

Послідовність проведення розрахунків.

1. Визначаємо середню густину композиційного матеріалу:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{1 \cdot S}; \quad (25)$$

2. Знаходимо пористість композиційного матеріалу:

$$\Pi = \frac{1 - \rho_o}{\rho}; \quad (26)$$

3. Для волокнистих матеріалів з впорядкованою структурою співвідношення коефіцієнтів теплопровідності армуючого волокна і газу, який заповнює порожнечу між волокнами визначаємо за формулою (2):

$$v = \lambda_o / \lambda, \quad (27)$$

де λ_o – теплопровідність газу, Вт/м·°С;

λ – теплопровідність волокна, Вт/м·°С.

4. Визначаємо величину ефективної теплопровідності композиційного матеріалу за формулою

$$\lambda_{\text{еф.}} = \lambda \{ (1 - \Pi)^2 + v \cdot \Pi^2 + [4 v \cdot \Pi \cdot (1 - \Pi)] / (1 + v) \}; \quad (28)$$

Завдання 2. Визначення міцності бетонополімерних виробів

Міцність бетонополімеру залежить від якості заповнювачів, умов полімеризації композиційного матеріалу і співвідношення питомих об'ємів цементного каменю та заповнювачів. Вихідні дані для проведення необхідних розрахунків наведені в табл. 17.

Таблиця 17 – Вихідні дані для завдання 2

№ п/п	Активність цементу, кг/см ²	Питомий об'єм цементного каменю V _ц , м ³	Матеріал заповнювача	Міцність заповнювача R, МПа	Питомий об'єм заповнювача V _з , м ³	Коефіцієнт зчеплення β
1	410	0,15	Діорит	150-300	0,77	0,57; 0,67
2	415	0,17	Андезит	140-250	0,75	0,59; 0,69
3	420	0,18	Базальт	110-500	0,74	0,54; 0,64
4	425	0,19	Граніт	120-250	0,73	0,51; 0,61
5	430	0,2	Діорит	160-290	0,72	0,52; 0,62
6	435	0,21	Андезит	145-240	0,71	0,53; 0,63
7	440	0,22	Базальт	115-490	0,7	0,56; 0,66
8	445	0,23	Граніт	125-240	0,69	0,58; 0,68
9	395	0,24	Діорит	135-235	0,68	0,6; 0,7
10	380	0,11	Андезит	154-290	0,81	0,51; 0,61

Послідовність розрахунків.

Міцність бетону, насиченого полімером, при стиску визначають за формулою

$$R_{\text{бп}} = R_{\text{ц}} \cdot V_{\text{ц}} + A \cdot R_{\text{з}} \cdot \beta \cdot V_{\text{з}}, \quad (21)$$

де $R_{\text{бп}}$ - міцність бетону, насиченого полімером, кг/см²;

$R_{\text{ц}}$ - активність цементу, кг/см²;

A - емпіричний коефіцієнт ($A = 0,35$);

$V_{\text{ц}}$ - питомий об'єм цементного каменя, м³;

$R_{\text{з}}$ - міцність заповнювача, МПа ;

$V_{\text{з}}$ - питомий об'єм заповнювача, м³;

β - коефіцієнт, який враховує міцність зчеплення цементного каменя із заповнювачем.

Відповідно до даних табл. 17 за своїм варіантом знайти міцність бетоно-полімерного виробу.

Завдання для графічної схеми одержання композиційних матеріалів

Для виконання цієї частини розрахунково-графічної роботи необхідно накреслити технологічну схему одержання композиційного будівельного матеріалу з описанням послідовності процесу, його тривалості у часі та послідовності виконання технологічних операцій. Також треба навести всі характеристики (температура, тиск тощо), які необхідно дотримуватись при наведеній технології.

1. Технологія виготовлення сухої будівельної суміші для штукатурних робіт.
2. Одержання азбесто-цементних хвилястих листів.
3. Одержання труб з склополімерів.
4. Виготовлення полімербетону.
5. Одержання полімерних лакофарбових складів на прикладі алкідних емалей.
6. Технологія виготовлення бетонополімерів.
7. Технологія виробництва залізобетонних виробів стендовим способом.
8. Технологія одержання фіброліту на основі магнезійних в'язучих.
9. Навести технологічну схему і дати опис одержання фібробетону.
10. Технологія виготовлення арболіту.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали / П. В. Захарченко, Е. М. Долгий, Ю. О. Галаган та ін. – К. : Інтертехнологія, 2005. – 511 с.
2. Композиционные материалы: Справочник / В. В. Васильев и др. – М. : Машиностроение, 1990. – 512 с.
3. Композиционные материалы: Справочник / Под ред. В. В. Васильева, Ю. М. Тарнапольского. – М. : Машиностроение, 1990.
4. Соломатов В. И. Полимерные композиционные материалы в строительстве / В. И. Соломатов, А. Н. Бабрышев, К. Г. Химер. – М. : Стройиздат, 1988.
5. Наназашвили И. Х. Строительные материалы, изделия и конструкции / И. Х. Наназашвили. – М. : Высшая школа, 1990.
6. Орлова О. В. Технология лаков и красок / О. В. Орлова, Т. Н. Фомичев. – М. : Химия, 1990.
7. Корнеев В. И. Что есть что в сухих строительных смесях / В. И. Корнеев, П. В. Зозуля. – С.-Петербург, 2004. – 165 с.
8. Воробьев В. А. Технология полимеров / В. А. Воробьев, Р. А. Андрианов. – М. : Высшая школа, 1980. – 303 с.
9. Рамачандран В. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / В. Рамачандран, Р. Фельдман, Дж. Бодуэн: Пер с англ. – М. : Стройиздат, 1986. – 278 с.
10. Сойфулин Р. С. Неорганические композиционные материалы / Р. С. Сойфулин. – М. : Химия, 1987. – 152 с.
11. Неразрушающие методы испытания бетона / О. В. Лужин, В. А. Волохов и др. – М. : Стройиздат, 1985. – 234 с.
12. Ахвердов И. Н. Основы физики бетона / И. Н. Ахвердов. – М. : Стройиздат, 1981. – 464 с.

Навчальне видання

Методичні вказівки
для виконання практичних занять,
розрахунково-графічної та самостійної робіт
з дисципліни
«Композиційні будівельні матеріали»
(для студентів 5 курсу заочної форми навчання
спеціальності 7.06010103 «Міське будівництво та господарство»
освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр напряму підготовки
6.060101 «Будівництво» і слухачів другої вищої освіти)

Укладачі **КОНДРАЩЕНКО** Олена Володимирівна,

Відповідальний за випуск *О. В. Кондращенко*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 62 М

Підп. до друку 15.03.2011

Друк на різнографі

Зам. №

Формат 60x84/16

Ум. друк. арк. 1,5

Тираж 30 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК №4064 від 12.05.2011 р.