

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: "Будівельних, дорожніх машин і будівництва"

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт

з дисципліни:

Практикум з будівельного матеріалознавства

для студентів спеціальності
192 - Будівництво та цивільна інженерія
усіх форм навчання

ЦНТУ
2020

Кафедра: "Будівельних, дорожніх машин і будівництва"

Методичні вказівки

до виконання практичних робіт

з дисципліни:

Практикум з будівельного матеріалознавства

для студентів спеціальності
192 - Будівництво та цивільна інженерія
усіх форм навчання

"Ухвалено"

на засіданні кафедри:

"Будівельних, дорожніх машин і будівництва"

Протокол № 2 від 15.09.2020 р.

Методичні вказівки до виконання практичних робіт : з дисципліни "Практикум з будівельного матеріалознавства" для студ. спец. 192 - Будівництво та цивільна інженерія усіх форм навчання / [уклад. : В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік, О.А. Плотніков, В.В. Пукалов] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. будівельних, дорожніх машин і будівництва. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 40 с.

Рецензент:

В.В. Яцун – канд. техн. наук, доцент

© Практикум з будівельного матеріалознавства
/Укладачі: В.В. Дарієнко, І.О. Скриннік,
О.А. Плотніков, В.В. Пукалов. 2020.

© РВЛ ЦНТУ, тиражування, 2020 р.

ВСТУП

Методичні вказівки призначені для самостійної підготовки студентів будівельної спеціальності до практичних занять з курсу „ Практикум з будівельного матеріалознавства”. Вони включають основні положення лекційного матеріалу з цієї дисципліни, завдання для практичних занять, контрольні запитання для самостійної перевірки знань за темами занять і список літератури.

Основні положення лекційного курсу містять перелік тем і окремих питань, що розглядаються в даній темі з необхідними рисунками та таблицями.

Завдання для практичних занять пов'язані з темами лекцій і направлені на поглиблене засвоєння виучуваного матеріалу і наближення теоретичних знань до їх реального використання.

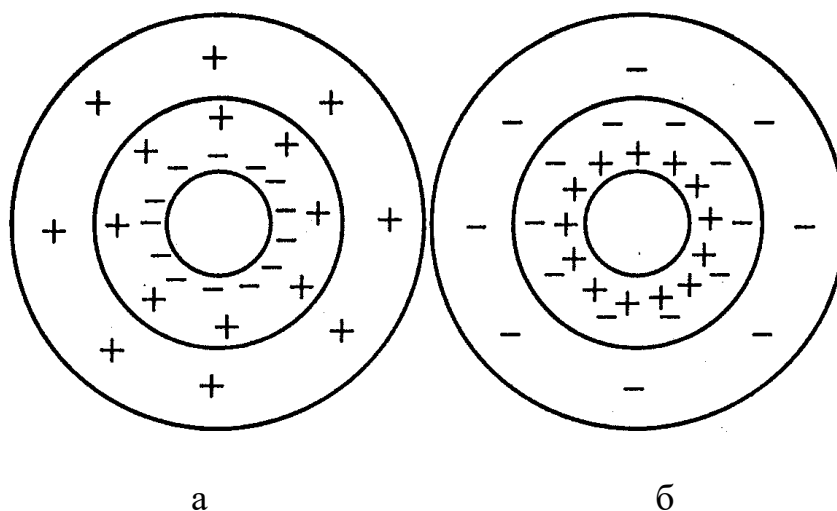
Для виконання практичних занять і самостійного поглибленого вивчення курсу наведено список літератури.

З метою контролю знань і ступеня засвоєння матеріалу курсу „ Практикум з будівельного матеріалознавства ” студенти проходять тестування за контрольними запитаннями. Позитивні результати тестів і захищені роботи практичних занять дають студентам право на отримання заліку.

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 (рис. 2).



а
б
Рис. 2 - Будова міцели:
а – негативно заряджена частка;
б- позитивно заряджена частка.

Седиментаційно нестійкі системи: порошки, суспензії, емульсії, піни, пасти як компоненти для одержання композиційних матеріалів. Види структур капілярно-пористих композиційних матеріалів (рис. 3). 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.

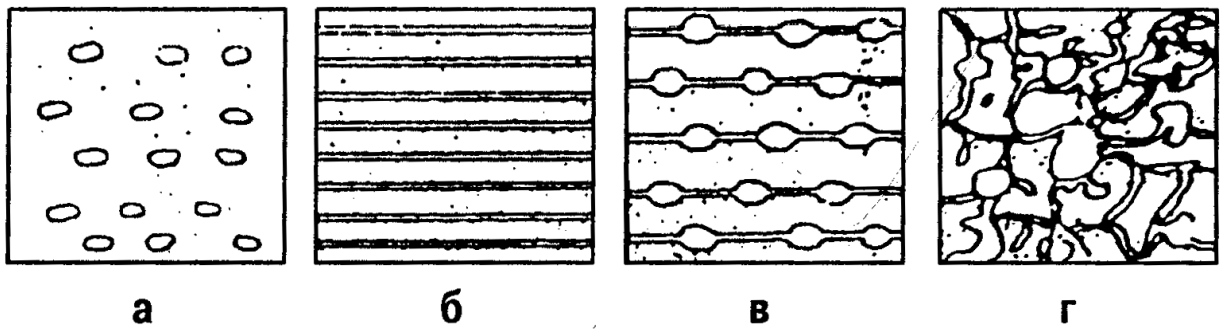


Рис. 3 - Схеми типів структур капілярно-пористих матеріалів:

а - з кулькоподібними порами; б – з циліндричними порами; в – перемінного перерізу; г – схема структури цементного каменя

Види й особливості двокомпонентних структур (рис. 4). Види конгломератних двокомпонентних структур (рис. 5). Різновиди дефектів структур, що впливають на деструкцію композиційних будівельних матеріалів.

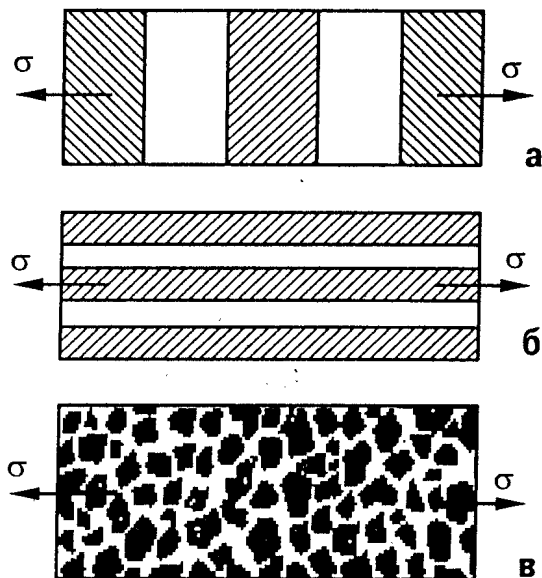


Рис. 4 - Схеми структур:
а – складена послідовно;
б – складена паралельно;
в – конгломератна

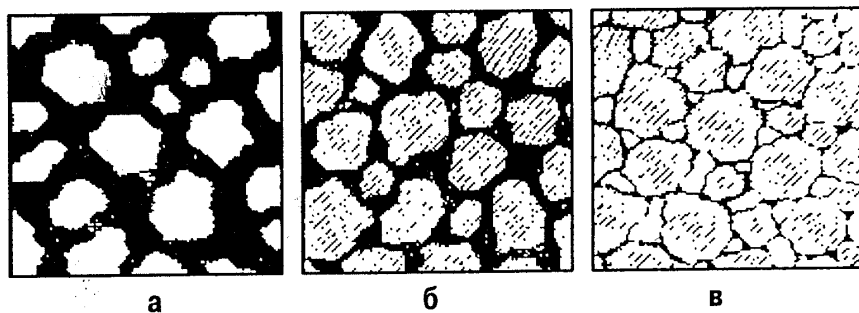


Рис. 5 - Схеми макроstruktur конгломератного типу:
а – базальної цементації; б – порова; в – контактна

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. 6).

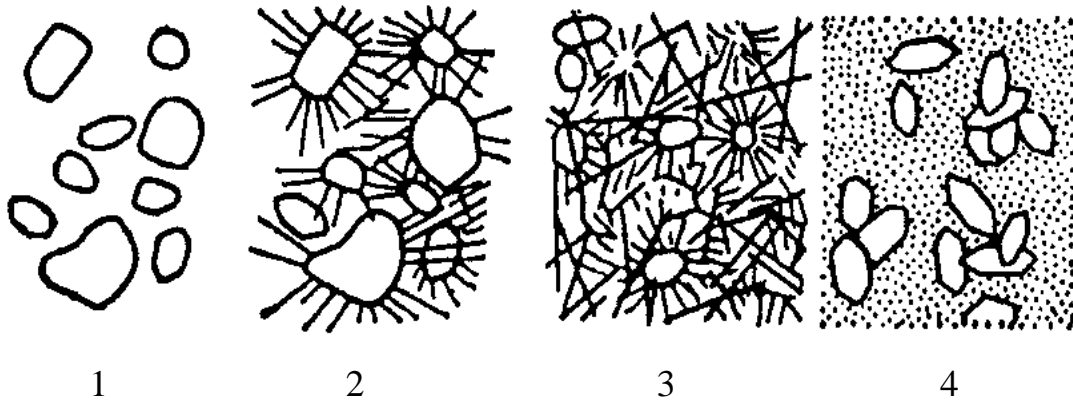


Рис. 6 - Схема послідовності виникнення гідратних новоутворень цементу:
 1 – цементне тісто; 2 – після тужавлення; 3 – кристалічна структура;
 4 – цементний камінь зі стабільними сполуками

Класифікація пор цементного каменя. Явище контракції. Фактори, що впливають на міцність цементної матриці у складі композиційних матеріалів. Основні види структур цементних бетонів (рис. 7).

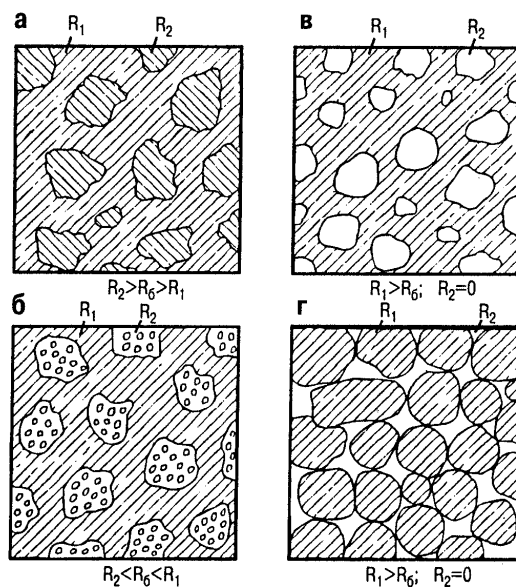


Рис. 7 - Основні види структур бетону:

- 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. 8, 9).

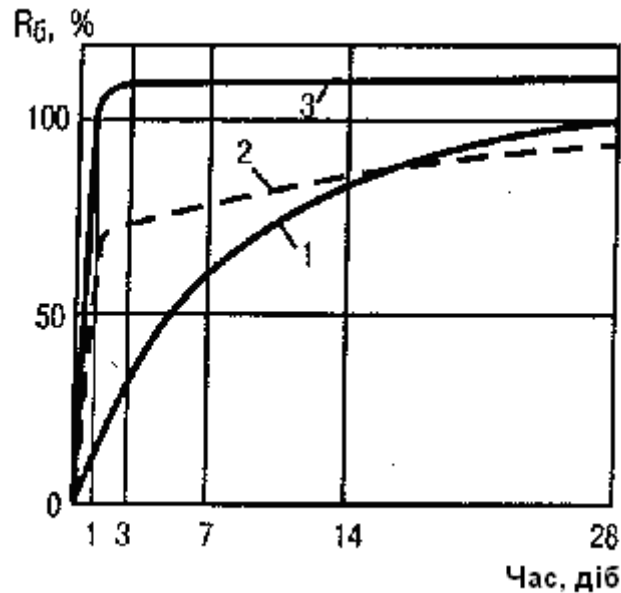


Рис. 8 - Зростання міцності бетону у часі:

1 – нормальні умови твердіння; 2 – пропарювання (звичайний тиск, температура 80 °С); 3 – запарювання в автоклаві (тиск 0,8 МПа, температура 179 °С)

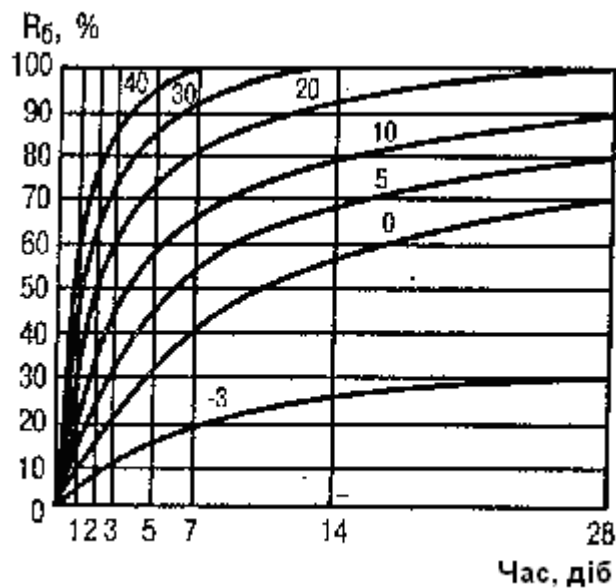


Рис. 9 - Зростання міцності бетону при температурах від – 3 до +40 °С

Технологічні прийоми регулювання міцності бетонів. Взаємозв'язок властивостей бетону від показників його міцності (табл. 1).

Таблиця 1 - Розрахункові формули властивостей бетону, пов'язані з міцністю при стиску

№	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. 2).

Таблиця 2 - Рекомендовані марки бетону за морозостійкістю залежно від умов експлуатації

Характеристика вологісного режиму	Температура 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. 10).

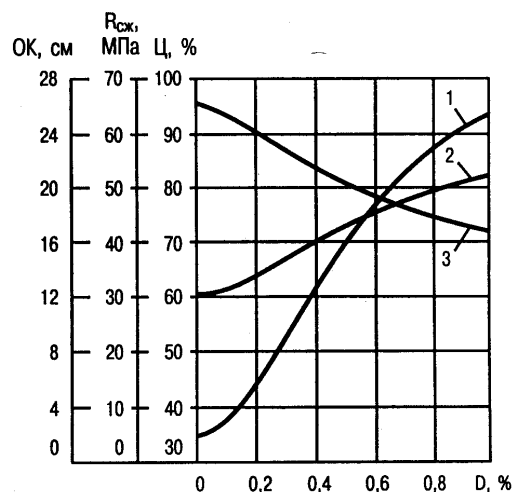


Рис. 10 - Вплив вмісту суперпластифікатора на властивості бетону і бетонної суміші: 1- зміни рухливості при постійних витратах цементу і води; 2 - зростання міцності бетону при постійній рухливості й скороченні кількості води; 3 - зменшення витрат цементу при рівноміцних бетонах і однакої рухливості

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. 3).

Таблиця 3 - Порівняльні показники звичайного і високоміцного бетонів

Показники	Звичайний бетон марок 400-500	Високоякісний бетон
Межа міцності, МПа	40-50	100-120
Водонепроникність, аті	6-8	>16
Коефіцієнт фільтрації води, $\times 10^{-10}$ см/с	30-40	0,5-2
Повітропроникність, $\times 10^{-4}$ см ² /с	300-400	30-70
Коефіцієнт дифузії вуглекислого газу, $\times 10^{-4}$ см ² /с	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 вібротлинів 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:

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

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

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

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

3. Бетони на органічних в'язучих

Класифікація і властивості композиційних дьогтево-бітумних в'язучих. Оптимізація їх властивостей. Пасті і емульсії на бітумах та дьогтях, їх властивості, різновиди й застосування для виробництва композиційних асфальтових будівельних матеріалів. Загальна характеристика асфальтових матеріалів (рис. 11).

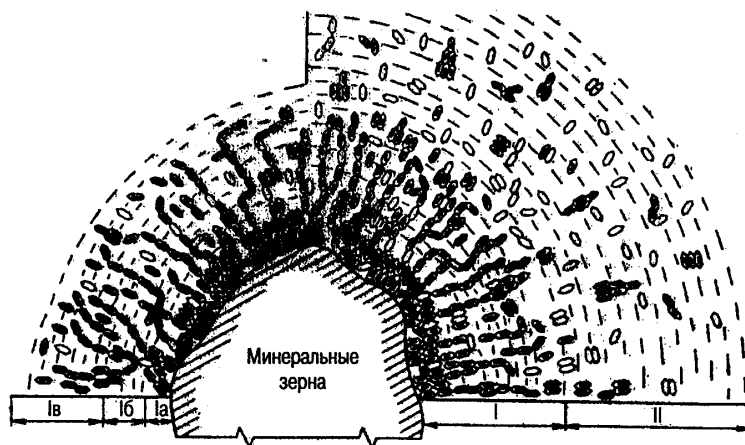


Рис. 11 - Будова плівки бітуму на мінеральному зерні:

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.12, 13, 14).

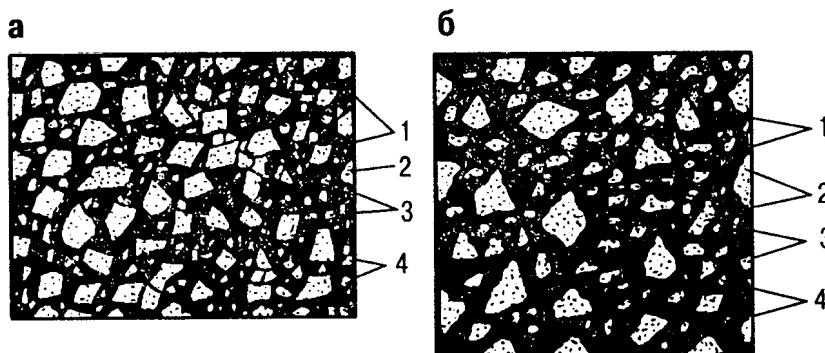


Рис. 12 - Структура асфальтобетонів: а – багатощєбневого; б – малощєбневого; 1 – асфальтове в'язуче; 2 - щєбінь; 3 – пісок; 4 – пори.

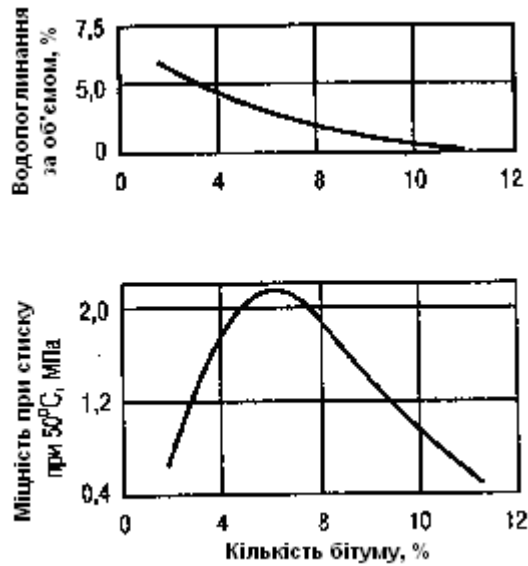


Рис. 13 - Вплив вмісту бітуму на властивості асфальтового бетону

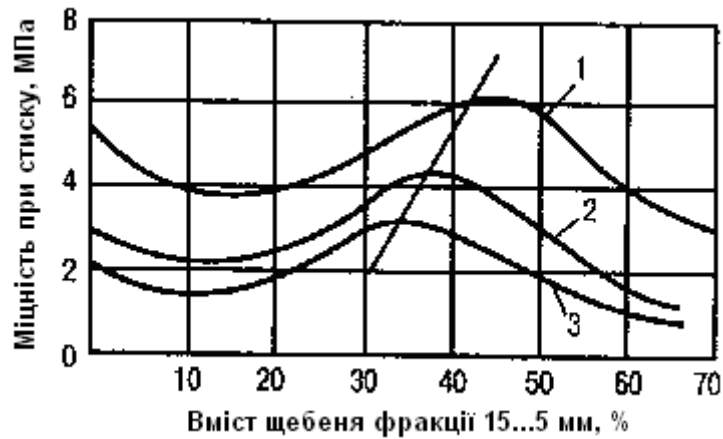


Рис. 14 - Взаємозв'язок міцності асфальтобетону при стиску від кількості щебеня: 1 – для бітуму БНД 40/60; 2 – БНД 130/200; 3 – БНД 200/300

4. Армовані композиційні матеріали

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. 15, 16).

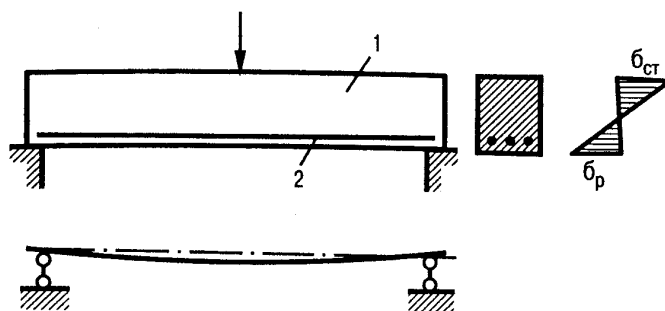


Рис. 15 - Схема роботи арматури в залізобетонній конструкції:

1 – бетон; 2 – арматурний елемент

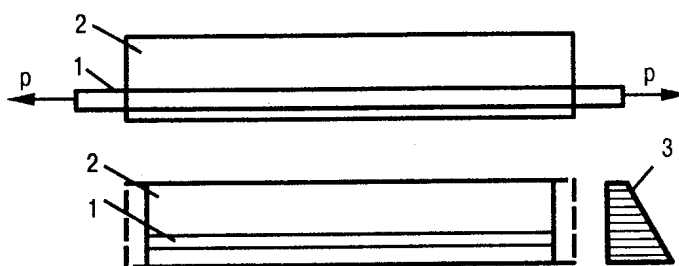


Рис. 16 - Схема попередньо напруженої арматури:

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. 17). 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.

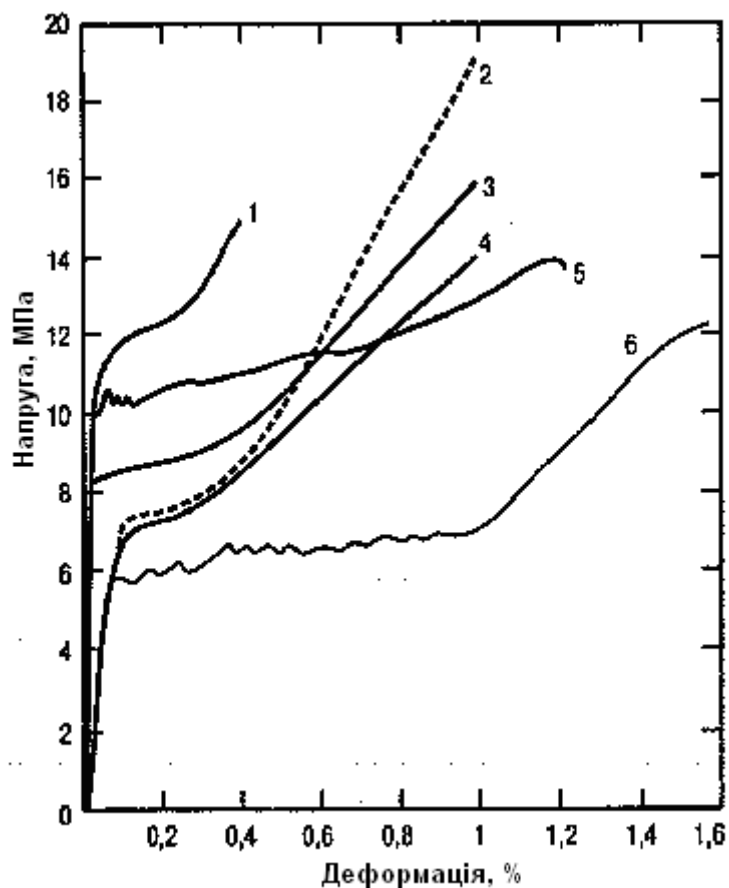


Рис. 17 - Взаємозв'язок напруження – деформація для армованих цементних композитів: 1 - п/ц – сталевий дріт, 1,5 об. %; 2 - те саме , 1 об. %; 3 - високоалюмінатний цемент – скловолокно; 4 - п/ц – цирконієве скловолокно, 5 % за масою; 5 - п/ц – поліамідне волокно, 1,93 об. %; 6 - гіпс – скловолокно, 1 об. %.

Композиційні матеріали з волокнистим армуванням: склоцементні, склопластики, азбестоцементі. Класифікація матричних в'язучих і армуючих матеріалів. Способи армування: направлене і хаотичне (табл. 4).

Таблиця 4 - 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. 5).

Таблиця 5 - 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 згині, 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

5. Композиційні матеріали на основі деревини

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'езотермопластики, 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.

6. 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. 6).

Таблиця 6 - Види лакофарбових покриттів за умовами експлуатації

№	Назва суміші	Призначення за умовами експлуатації
1	Атмосферостійкі	Для відкритих майданчиків у різних кліматичних умовах
2	Обмежено-атмосферостійкі	Для експлуатації під навісом, в неопалюваних та опалюємих 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.

7. 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.

8. Контрольні запитання для самостійної перевірки знань

1. Особливості аморфних і кристалічних структур.
2. Методи вивчення мікрогетерогенних систем.
3. Характеристика нестійких седиментаційних систем.
4. Необхідність вивчення макроструктури бетону.
5. Фактори, що впливають на міцність цементної матриці бетонів.
6. Фактори, що впливають на міцність бетону.
7. Характеристика видів взаємодії цементної матриці бетону із заповнювачами.

8. Гіпотези механізму морозного руйнування бетону.
9. Фактори, що впливають на морозостійкість бетону.
10. Позитивний вплив підвищених температур на міцність бетону.
11. Способи підвищення вогне- й жаротривкості бетонів.
12. Класифікація хімічних додатків до бетону.
13. Механізм дії суперпластифікаторів.
14. Класифікація поліфункціональних модифікаторів.
15. Мінеральні модифікатори і механізм їх дії.
16. Силікатні композиційні матеріали і залізобетон на їх основі.
17. Оцінка сировини для виробництва шлакових і зольних бетонів.
18. Різновиди композиційних асфальтових матеріалів.
19. Композиційні матеріали з безперервним армуванням.
20. Композиційні матеріали з дисперсним армуванням.
21. Композиційні матеріали з волокнистим армуванням.
22. Переваги використання високоміцних бетонів.
23. Способи підвищення міцності бетону без застосування спеціальних прийомів та обладнання.
24. Способи підвищення міцності бетону із застосуванням спеціальних прийомів та обладнання.
25. Ефективність та переваги використання сухих будівельних сумішей.
26. Класифікація сухих будівельних сумішей за призначенням.
27. Класифікація сухих будівельних сумішей за умовами експлуатації.
28. Теоретичні аспекти оптимізації складів сухих будівельних сумішей.
29. Класифікація композиційних матеріалів на основі деревини, їх недоліки.
30. Класифікація малярних сумішей за умовами експлуатації покриттів.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Заняття 1

Знайомство з колекцією композиційних будівельних матеріалів

Метою даної роботи є ознайомлення з колекцією композиційних будівельних матеріалів різної структури, різновидами матричних матеріалів та видами армуючих компонентів.

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

Основна термінологія заняття:

- *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.

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 деяких композиційних матеріалів наведено в табл. 7.

Таблиця 7 - Основні характеристики композиційних матеріалів

Назва матеріалу	ρ , кг/м ³	$R_{ст}$, МПа	R_p , МПа	Морозостійкість, цикли	Водопоглинання за 24 год, %
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

Контрольні запитання

1. Дайте визначення композиційних матеріалів.
2. Дайте визначення матриці та арматури, наведіть приклади.
3. Які існують способи зміцнення композиційних матеріалів?
4. Назвіть різновиди композиційних матеріалів.
5. Назвіть основні ознаки композиційних матеріалів.

Заняття 2

Оцінка якості полімербетонних композиційних матеріалів

Полімербетоном називають композиційний 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);
- невидиму (монтажну).

Вироби залежно від показників зовнішнього вигляду (деформації, жолоблення) поділяють на три сорти. Зовнішній вигляд видимих функціональних поверхонь виробів повинен відповідати вимогам, які викладено в табл. 8.

Таблиця 8 - Вимоги до поверхонь за зовнішнім виглядом

№	Вид дефекту	Дефекти за сортами		
		I сорт	II сорт	III сорт
1	Нерівності (хвилястість без порушення гелькоут - шару*)	не допуск.	допуск.	допуск.
2	Точкові вклучення: - іншого коліру - засмічення	не допуск. не допуск.	допуск. розсіяне	допуск. розсіяне
3	Матовість у вигляді плям	не допуск.	допуск. плями (сумарною площею > 30 см ²)	допуск.
4	Відколи до 3 мм з наступним покриттям гелькоут шаром: глибиною до 2 мм, довжиною до 10 мм, не більше, шт.;	1	3	5
	глибиною до 3 мм, довжиною до 30 мм, не більше, шт.;	не допуск.	2	3
	глибиною до 5 мм по всій довжині, не більше, шт.;	не допуск.	не допуск.	1
5	Спучення гелькоутшару	не допуск.	не допуск.	не допуск.
6	Тріщини	не допуск.	не допуск.	не допуск.

*) 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 більш:

одного – на виробих I сорту;

п'яти - на виробих II сорту;

сіми – на виробих III сорту.

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

Визначення середньої густини

Середню густину полімербетону визначають за формулою

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (7)$$

де m – маса зразка з полімербетону, г;

V – об'єм зразка з полімербетону, см³.

Визначення міцності при стиску

Міцність полімербетону при стиску визначають за формулою

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

де P – руйнуюче навантаження, кг;

S – площа зразка, см².

Визначення коефіцієнта конструктивної якості

Коефіцієнт конструктивної якості визначають за формулою

$$К.К.Я. = \frac{R_{ст}}{d}, \quad (9)$$

де $R_{ст}$ – межа міцності при стиску, кг/см² (МПа);

d - відносна густина, яку визначають як відношення фактичної густини до густини води при 4 °С.

Контрольні запитання

1. Дайте визначення полімер бетону.
2. Які матеріали виконують в полімербетоні функції матриці й зміцнювача?
3. Основні властивості полімербетонів.
4. Застосування полімербетонів у будівництві.
5. Назвіть вимоги до зовнішнього вигляду виробів з полімербетонів.

Заняття 3

Проектування складу деревно-цементного композиційного матеріалу (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	В 0,35	М 5	400-500	400-500
	В 1	М 15	500	500
Конструкційний	В 1,5	М 50	500-600	550-650
	В 3,5		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 добавку.

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 добавки.

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 арболіто-бетонної суміші, потім провадять уточнення густини в ущільненому стані.

Потім розраховують фактичні витрати матеріалів на 1 м³ ущільненої суміші.

Сума витрат всіх матеріалів для дослідного замісу

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

Для приготування арболіту ΣP (кг) витрачено цементу Π_1 (кг). Для приготування 1 м^3 арболіту треба витратити цементу:

$$\Pi / \Sigma P = \Pi \cdot \rho_{\text{арб.}}$$

(11)

$$\Pi = \frac{\rho_{\text{арб.}} \cdot \Pi_1}{\Sigma P}, \text{ кг.} \quad (12)$$

Аналогічно розраховують витрати органічного заповнювача, води й хімічної добавки на 1 м^3 бетонної суміші

$$З = \frac{\rho_{\text{арб.}} \cdot Z_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (13)$$

$$В = \frac{\rho_{\text{арб.}} \cdot B_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (14)$$

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

Фактичні витрати компонентів на 1 м^3 бетону треба занести до графі фактичних витрат компонентів арболітобетону.

Контрольні запитання

1. Що таке арболіт? До якої групи композиційних матеріалів він відноситься?
2. Класифікація виробів з арболіту та їх призначення.
3. Вихідні компоненти, необхідні для виготовлення арболіту.
4. Класи та марки за міцністю арболіту.

Заняття 4

Проектування складу керамзитобетону

До числа композиційних матеріалів відноситься група легких бетонів з середньою густиною $500 - 1800 \text{ кг/м}^3$ 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/м^3);
- конструкційно-функціональні (з густиною $500-1400 \text{ кг/м}^3$);
- конструкційні (з густиною $1400-1800 \text{ кг/м}^3$).

За густиною в сухому стані для легких бетонів встановлено 19 марок (з інтервалом 100 кг/м^3): 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 м^3 керамзитобетону.

Вихідні дані:

Марка керамзитобетону за густиною (Д) кг/м^3 ;

Клас керамзитобетону за міцністю (В) МПа;

Насипна густина керамзиту ($\rho_{\text{н.к.}}$) кг/м^3 ;

Насипна густина піску ($\rho_{\text{н.п}}$) кг/м^3 ;

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	Класи 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;

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 пористість керамзиту, встановлюємо густина бетонної суміші

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

де ρ_n - насипна густина піску, $\text{кг}/\text{м}^3$;

ρ_k - насипна густина керамзиту, $\text{кг}/\text{м}^3$;

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

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;

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

5. Визначаємо витрати керамзитового гравію та піску за масою

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

$$K = G_{п+к} - П \quad (20)$$

6. 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

7. Отримані дані записати до табл. 14.

Таблиця 14 - Зведена таблиця витрат компонентів керамзитобетону на 1 м³

Вид компонента	Витрати компонентів
Портландцемент	
Керамзитовий щебінь	
Пісок	
Вода	

Заняття 5

Визначення міцності бетонополімерних виробів

Метою роботи є аналіз впливу на міцність бетонополімеру якості заповнювачів при різних умовах полімеризації композиційного матеріалу і впливу співвідношення питомих об'ємів цементного каменя та заповнювачів. Вихідні дані для проведення необхідних розрахунків наведені в табл. 15.

Таблиця 15 - Характеристики вихідних компонентів бетонополімеру

№	Активність цементу, кг/см ²	Питомий об'єм цементного каменя V _ц , м ³	Матеріал заповнювача	Міцність заповнювача R, МПа	Питомий об'єм заповнювача V _з , м ³	Коефіцієнт зчеплення β
1	401	0,12	Граніт	120-250	0,8	0,55;0,65
2	410	0,15	Діорит	150-300	0,77	0,57;0,67
3	415	0,17	Андезит	140-250	0,75	0,59;0,69
4	420	0,18	Базальт	110-500	0,74	0,54; 0,64
5	425	0,19	Граніт	120-250	0,73	0,51;0,61
6	430	0,2	Діорит	160-290	0,72	0,52;0,62
7	435	0,21	Андезит	145-240	0,71	0,53;0,63
8.	440	0,22	Базальт	115-490	0,7	0,56;0,66
9.	445	0,23	Граніт	125-240	0,69	0,58;0,68
10	395	0,24	Діорит	135-235	0,68	0,6;0,7
11	380	0,11	Андезит	154-290	0,81	0,51;0,61
12	375	0,16	Базальт	121-241	0,76	0,54;0,64
13	350	0,14	Граніт	120-251	0,78	0,59;0,69
14	405	0,23	Діорит	137-280	0,69	0,57;0,67
15	417	0,22	Андезит	141-252	0,7	0,55;0,65
16	428	0,19	Базальт	110-495	0,73	0,52;0,62
17	439	0,12	Граніт	120-250	0,8	0,56;0,66
18	447	0,17	Діорит	160-280	0,75	0,53;0,63
19	451	0,15	Андезит	147-245	0,77	0,58;0,68
20	431	0,2	Базальт	117-497	0,72	0,5;0,6

Приклад розрахунку наведено для варіанта № 1.

Міцність при стиску бетону, насиченого полімером, 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. 15 для варіанта № 1:

$$R_{\text{бп}} = 401 \cdot 0,12 + 0,35 \cdot \beta \cdot R_{\text{з}} = 48,2 + 0,28 \beta \cdot R_{\text{з}}; \quad (22)$$

При $\beta = 0,55 \cdot R_{\text{бп}} = 48,2 + 0,1542 R_{\text{з}}$.

Приймаючи значення

$$R_{\text{з}} = 120, 140, 160, 200, 250 \text{ МПа}, \quad (23)$$

одержимо величину міцності матеріалу при стиску відповідно:

$$R_{\text{з}, 120} = 233,2 \text{ кг/м}^2; \quad R_{\text{з}, 140} = 264,3 \text{ кг/м}^2 \text{ і т д.} \quad (24)$$

Заняття 6

Оцінка функціональних властивостей композиційних матеріалів

1. Розрахунок ефективної теплопровідності композиту

Мета розрахунку - аналіз впливу товщини композиційного матеріалу, виду і властивостей теплоносія на теплопровідність матеріалу.

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
0	0,23	0,026	1320	3,28	711·10 ⁻³
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
5	0,20	0,028	1355	1,85	681·10 ⁻³
6	0,23	0,024	1437	3,42	724·10 ⁻³
7	0,21	0,022	1445	1,79	701·10 ⁻³
8	0,17	0,020	1285	1,53	675·10 ⁻³
9	0,26	0,030	1510	3,43	733·10 ⁻³
10	0,28	0,029	1300	2,78	702·10 ⁻³
11	0,23	0,086	1275	0,56	810·10 ⁻³
12	0,19	0,091	1455	0,97	790·10 ⁻³
13	0,28	0,097	1320	0,83	783·10 ⁻³
14	0,26	0,109	1395	0,72	760·10 ⁻³
15	0,17	0,115	1410	0,61	735·10 ⁻³
16	0,21	0,129	1295	0,63	690·10 ⁻³
17	0,23	0,131	1355	0,92	720·10 ⁻³
18	0,20	0,179	1437	0,53	680·10 ⁻³
19	0,24	0,111	1445	0,78	767·10 ⁻³
20	0,18	0,095	1510	0,99	731·10 ⁻³

Приклад розрахунку наведено для варіанта № 0 відповідно до табл. 16.

1. Визначаємо середню густину композиційного матеріалу:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{m}{1 \cdot S} = 711 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 3,28 \cdot 10^{-3} = 217 \text{ кг/м}^3; \quad (25)$$

2. Знаходимо пористість композиційного матеріалу:

$$\Pi = \frac{1 - \rho_o}{\rho} = (1 - 217) / 1320 = 0,836; \quad (26)$$

3. Для волокнистих матеріалів з упорядченою структурою визначаємо співвідношення коефіцієнтів теплопровідності самого волокна і газу, який заповнює порожнечу між волокнами:

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

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

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

$$v = 0,026 / 0,23 = 0,115$$

4. Визначаємо величину ефективної теплопровідності композиційного матеріалу за формулою

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

$$\lambda_{\text{еф.}} = 0,23 \{ (1 - 0,836)^2 + 0,115 \cdot 0,836^2 + [4 \cdot 0,115 \cdot 0,836 \cdot (1 - 0,836)] / (1 + 0,115) \} = 0,037 \text{ (Вт/м·°С)}.$$

Заняття 7

Неруйнуючі механічні методи випробувань бетону

Механічні способи 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 Кашкарова (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 додержувати 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 необхідне 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 (див. табл. 17).

Таблиця 17 – Відповідність діаметра відбитку 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.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Ахвердов И.Н. Основы физики бетона. – М.: Стройиздат, 1981.- 464 с.
2. Васильев В.В. и др. Композиционные материалы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990. - 512 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. Минеральные вяжущие вещества.- М.: Стройиздат, 1979.- 476 с.
4. Воробьев В.А., Андрианов Р.А. Технология полимеров. – М.: Высшая школа, 1980.- 303 с.
5. Горчаков Г.Н., Баженов Ю.М. Строительные материалы.- М.: Стройиздат, 1986.- 697 с.
6. Гусев Б.В. Бетон и железобетон.- М.: Стройиздат, 1998.- 250 с.
7. Композиционные материалы: Справочник /Под ред. Браутмана и Р. Крона.- М.: Мир, 1970.
8. Композиционные материалы: Справочник /Под ред. В.В.Васильева, Ю.М. Тарнапольского. – М.: Машиностроение, 1990.
9. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов.- М.: Стройиздат, 1988.- 304 с.
10. Наназашвили И.Х. Строительные материалы, изделия и конструкции. – М.: Высшая школа, 1990.
11. Попов Л.Н. Лабораторные испытания строительных материалов и изделий. – М.: Высшая школа, 1984.
12. Рамачандран В., Фельдман Р., Бодуэн Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение / Пер с англ. – М.: Стройиздат, 1986.- 278 с.
13. Сойфулин Р.С. Неорганические композиционные материалы. – М.: Химия, 1987.- 152 с.
14. Соломатов В.И., Бабрышев А.Н., Химер К.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве. – М.: Стройиздат, 1988.
15. Лужин О.В., Волохов В.А. и др. Неразрушающие методы испытания бетона. – М.: Стройиздат, 1985. – 234 с.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
Основні положення курсу	5
1. Загальні поняття і структура композиційних матеріалів.....	6
2. Композиційні матеріали на основі мінеральних в'язучих.....	8
3. Бетони на органічних в'язучих.....	13
4. Армовані композиційні матеріали.....	14
5. Композиційні матеріали на основі деревини.....	17
6. Лакофарбові композиційні матеріали.....	18
7. Сухі будівельні суміші.....	19
8. Контрольні запитання для самостійної перевірки знань.....	19
Практичні заняття.....	21
1. Знайомство з колекцією композиційних будівельних матеріалів.....	21
2. Оцінка якості полімербетонних композиційних матеріалів.....	23
3. Проектування складу деревно-цементного композиційного матеріалу (арболіту).....	26
4. Проектування складу керамзитобетону.....	29
5. Визначення міцності бетонополімерних виробів.....	32
6. Оцінка функціональних властивостей композиційних матеріалів.....	34
7. Не руйнуючі механічні методи випробувань бетону.....	36
Список літератури.....	38

Навчально-методичне видання

«Практикум з будівельного матеріалознавства»

Методичні вказівки до виконання практичних робіт : з дисципліни "Практикум з будівельного матеріалознавства" для студ. спец. 192 - Будівництво та цивільна інженерія усіх форм навчання / [уклад. : В. В. Дарієнко, І. О. Скриннік, О.А. Плотніков, В.В. Пукалов] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. будівельних, дорожніх машин і будівництва. - Кропивницький : ЦНТУ, 2020. - 40 с.

Редактор *В.О.Омельяненко*

Комп'ютерний набір та верстка *М.О. Федотова*.

Тиражування на різнографі *В.О.Омельяненко*.

Здано до друку "___".___2020. Підписано до друку "___"___2020. Формат 64x84 1/16 (A5). Папір газетний. Умов. друк. арк. _____. Тираж 150 прим. Зам. № ____ / 2020.

РВЛ ЦНТУ. м. Кропивницький, пр. Університетський, 8-А. Тел.: 390-541, 559-245.