

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

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до організації самостійної роботи та проведення практичних занять  
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ І КЕРУВАННЯ**  
**ЯКІСТЮ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ**

*(для аспірантів 1 курсу підготовки доктора філософії денної форми навчання  
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2020**

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи та проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Сучасні технології одержання і керування якістю будівельних матеріалів» (для аспірантів 1 курсу підготовки доктора філософії денної форми навчання за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова : уклад. О. В. Кондращенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 39 с.

Укладач д-р техн. наук, проф. О. В. Кондращенко

Рецензенти:

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

**А. А. Жигло**, кандидат технічних наук, доцент кафедри технології будівельного виробництва і будівельних матеріалів Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою технології будівельного виробництва та будівельних матеріалів, протокол № 2 від 19.09.2019.*

## ЗМІСТ

Вступ	4
Заняття 1 Характеристика вихідних матеріалів для сучасних композитів відповідно до вимог нормативних документів.....	5
Заняття 2 Оцінка якості сучасних композитів та виробів на їх основі.....	14
Заняття 3 Методи розрахунків бетонів різної структури та різного призначення.....	20
Заняття 4 Порівняльна оцінка якості бетонів різної структури та призначення.....	31
Питання до самостійної роботи.....	35
Список рекомендованих джерел.....	38

## ВСТУП

Властивості матеріалів і виробів, техніко-економічна ефективність їх виробництва визначаються значною мірою особливостями використаної технології, яка є сукупністю різних процесів, спрямованих на отримання з вихідної сировини готової продукції.

Утворення природних і штучних будівельних матеріалів є результатом комплексу фізико-хімічних процесів, з яких найважливіші – процеси розчинення, гідратації, коагуляції, полімеризації, кристалізації, спікання. Залежно від виду матеріалу вирішальними стають ті або інші процеси. Наприклад, для штучних кам'яних матеріалів, отриманих при твердінні мінеральних в'язучих, основними є процеси гідратації і кристалізації новоутворень, а для органічних в'язучих – полімеризації і поліконденсації.

Вимоги до застосовуваних будівельних матеріалів формують політику в галузі будівництва. З одного боку, властивості визначають область їх застосування, з іншого, умови експлуатації будівель, споруд та навіть окремих приміщень. В результаті формується складний комплекс архітектурно-будівельних вимог, які можна поділити на три основні групи: функціональні, естетичні і економічні. У свою чергу серед функціональних можна виділити:

- загально-будівельні вимоги (визначаються зручністю транспортування, зберігання, технологічністю застосування та ін.);
- експлуатаційні вимоги (вони визначають придатність БМВ до застосування в даних умовах експлуатації);
- санітарно-гігієнічні вимоги (визначаються в першу чергу екологічністю як в нормальних, так і екстремальних, наприклад, під час пожежі, умовах експлуатації).

Підвищення її якості – надійний шлях більш повного задоволення потреб країни в необхідних виробках. Невідповідність виробів сучасним вимогам, явний брак виробів варто розглядати – як розкрадання матеріальних ресурсів, національного надбання. Продукція належної якості забезпечує високу надійність і довговічність у пліні всього періоду експлуатації.

У забезпеченні високої якості велика роль належить стандартизації, яка базується на упорядкуванні правил проектування виробництва і застосування продукції, в установленні високих вимог до якості, надійності і довговічності продукції та приведення їх до відповідності з міжнародним ринком.

## Заняття 1

### ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ СУЧАСНИХ КОМПОЗИТІВ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ

На сьогодні до числа композиційних матеріалів прийнято відносити достатньо велику групу матеріалів, зокрема бетони, полімери, деревно-композиційні матеріали, склопластики, композиційні матеріали на основі кераміки та інші. Відмінність більшості композиційних матеріалів від традиційних полягає в тому, що процес їх отримання може бути поєднаний з процесом виготовлення виробу.

Бетони належать до найпоширеніших композиційних матеріалів. В наш час існує велика номенклатура бетонів, які відрізняються за складом і властивостями. Сучасні бетони виготовляють з використанням як на традиційних мінеральних в'язучих, так і на полімерних.

До складу бетонів належать в'язучі речовини (найчастіше цемент), великий заповнювач (щебінь або гравій), дрібний заповнювач (пісок) і вода.

До кожного з компонентів композиційних матеріалів висувають конкретні вимоги.

#### Цемент

Від властивостей цементу істотно залежить сфера застосування і призначення бетону. Завдяки різним маркам цементів, бетонам можна надати абсолютно специфічні властивості, невластиві звичайним бетонів.

Класифікацію цементів надано за такими ознаками:

1) *за речовинним складом* (без урахування добавок, що містять кальцій сульфат) цементы поділяють на п'ять типів:

I – портландцемент;

II – портландцемент з мінеральними добавками від 6 до 35 %;

III – шлакопортландцемент (від 36 до 95 % гранульованого доменного шлаку);

IV – пуцолановий цемент (від 21 до 55 % мінеральних добавок);

V – композиційний цемент (від 36 до 80 % мінеральних добавок).

Цементи типів II, IV, V поділяють за вмістом компонентів на підтипи А і Б, а типу III – на підтипи А, Б і В.

2) *за стандартною міцністю* цементы поділяють на марки 300, 400 і 500.

За ранньою міцністю цементы марок 400 і 500 поділяють на два види:

– цемент із звичайною ранньою міцністю (без позначки);

– цемент з високою ранньою міцністю (швидкотверднучий), позначений Р.

Для ідентифікації цементів їх позначки повинні включати:

- найменування цементу, позначку даного стандарту і позначку цементу;
- марку цементу;
- позначку Р за наявності високої ранньої міцності цементу;
- за наявності в складі цементу пластифікуючих ПЛ або гідрофобізуючих ГФ добавок;
- позначку Н для цементу на основі клінкеру нормованого складу.

Знайти необхідну інформацію можна за ДСТУ Б В.2.7-112-2002 Будівельні матеріали. Цементи. Загальні технічні умови та ДСТУ Б В.2.7-46:2010. Цементи загально-будівельного призначення.

### **Заповнювачі**

#### ***Дрібний заповнювач***

Використання дрібного заповнювача необхідно для зменшення пористості між частинками великого заповнювача. Від того, наскільки вдало будуть розташовані частки, буде залежати міцність бетону. Дрібний заповнювач складається з зерен піску з розміром 0,16–5 мм, і має густину– 1,8 г/см<sup>3</sup>. Пісок існує двох типів: природний – який утворився в наслідок руйнування гірських порід і штучний – одержаний шляхом подрібнення гірських порід. Найчастіше використовують природний пісок наступних видів: кварцевий пісок, кальцит, польовий шпат, слюда.

Для визначення якості піску необхідно звертати увагу на такі характеристики:

- мінеральний та зерновий склад;
- наявність шкідливих домішок (вміст пилоподібних і глинистих часток та органічних домішок);
- радіаційно-гігієнічна характеристика.

Зерновий склад заповнювача визначають за допомогою набору сит з різними розмірами вічка сита. Крупних зерен у його складі повинно бути не більше 5 % , крім того, в ньому не повинні знаходитися частки більше 10 мм. Модуль крупності зернового складу піску ( $M_k$ ) обчислюють з точністю до 0,1 за формулою:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14})/100, \quad (1.1)$$

де  $A_{2,5}$ ,  $A_{1,25}$ ,  $A_{0,63}$ ,  $A_{0,315}$ ,  $A_{0,14}$  – повні залишки на ситах, %.

Таким чином, можна зробити висновок, що крупність заповнювача бетону є важливим показником, що впливає на якість бетону. Тому слід ретельно стежити за відсотковим співвідношенням частинок за розміром. Дрібні пилюваті частинки не повинні складати більше 3 %, а фракції розміром 0,16 – не більше 10 %. Важливо контролювати вміст глини у піску, яка спроможна зменшити морозостійкість бетонної конструкції. Тому пісок перед використанням

бажано промивати. При використанні природного піску треба звертати увагу на наявність органічних домішок, що може призвести в майбутньому до руйнування цементу в бетоні. Щоб знизити усадочні явища в бетоні до них додають фібру.

Для бетону бажано застосовувати крупні піски. Однак пісок, який містить надлишок великих частинок, має більший обсяг пустот (до 40 %), який доводиться заповнювати цементним тістом, що збільшує витрату цементу. Найкращі результати отримують, застосовуючи в бетоні піски, що містять великі, середні і дрібні зерна в оптимальному співвідношенні, забезпечуючи мінімальну пустотність піску. У добротному піску пустотність не повинна перевищувати 38 %, в піску оптимального зернового складу вона зменшується до 30 %.

Насипна густина піску залежить від його істинної густини, пустотності і вологості. Пісок, призначений для бетону марки М 200 і вище або для бетону, що зазнає дію низьких температур в насиченому водою стані, піски повинні мати насипну густину не нижче  $1550 \text{ кг/м}^3$ , в інших випадках – не нижче  $1400 \text{ кг/м}^3$ . Найбільший обсяг пісок займає при вологості 5...7 %, з підвищенням або зниженням вологості обсяг піску зменшується. Цю властивість піску слід враховувати при об'ємному дозуванні.

У бетоні кількість великої та дрібної фракції визначається виходячи з найменшої пустотності їх в бетонній суміші (найменша витрата цементного тіста). Практика показує, що кількість піску складає 30...35 % від загальної кількості заповнювача.

Пісок за показником ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів відповідно до ДБН В. 1.4-1.01 поділяють на класи: – 1 клас – використовується в усіх видах будівництва без обмежень; – 2 клас – використовується для дорожнього і промислового будівництва.

### ***Крупний заповнювач***

Щебінь – це сипкий матеріал, що одержують шляхом дроблення вивержених, осадових або метаморфічних гірських порід, або відходів різних виробництв.

Гравій – це сипкий матеріал, що утворився в результаті природного руйнування (вивітрювання) твердих гірських порід і складається з зерен окатаної форми. Гравій може бути гірським, річковим і морським. Він може бути як рядовим так і фракціонованим.

Міцність заповнювача визначається міцністю гірської породи, з якої він отриманий. Заповнювачі з міцних гірських порід (граніту, діабазу) мають високу міцність (80 МПа і вище). Заповнювачі з осадових порід, наприклад, з вапняку, мають міцність 30 МПа і вище. Міцність легких пористих заповнювачів залежить від їх густини і становить 2...20 МПа

Залежно від характеру заповнювачів змінюється водовміст бетонної суміші, що є одним з вирішальних факторів, які впливають на міцність бетонів. Міцність бетону на пористих заповнювачах лише до певної межі залежить від міцності цементнопіщаного розчину. При подальшому підвищенні міцності розчину міцність бетону практично не підвищується, вона обмежується низькою міцністю заповнювачів. Заміна звичайних важких заповнювачів пористими дозволяє істотно змінити властивості бетонів в бажаному напрямку: зменшити густину, поліпшити теплоізоляційні властивості і т. д. У той же час достатня міцність ряду пористих заповнювачів забезпечує можливість отримання на їх основі конструкційних легких бетонів високої міцності. Запаси природних пористих заповнювачів в нашій країні обмежені. Застосування пористих заповнювачів – відходів промисловості також носить локальний характер: поблизу підприємств, що видають такі відходи.

Крупний заповнювач мало впливає на міцність бетону, якщо його міцність більш ніж на 20 % вище міцності бетону. Однак в заповнювачі можуть зустрічатися окремі слабкі зерна, тому для більшої надійності рекомендується, щоб міцність вихідної гірської породи була у 1,5...2 рази вище міцності бетону. На деякі види виробів марка щебеню нормується. Так для тротуарної плитки марка щебеню за міцністю на стиск повинна бути: 1200 – для щебеню із вивержених порід; 800 – для щебеню з осадових порід.

У нормативній документації на щебінь обмежується вміст фракцій, які збільшують пустотність заповнювача. У звичайному заповнювачі вміст таких зерен не повинна перевищувати 35 %, в щебені з поліпшеною формою зерен – 25 %, з кубовидною формою зерен – 15 %.

Оскільки виготовити зразки для випробувань з щебеню або гравію важко, то міцність заповнювача визначають непрямим шляхом – за подрібнюваністю. Зразки щебеню поміщають в сталевий циліндр і прикладають певне навантаження. Потім зразки просівають через сито і за втратою маси судять про дробимість. Для щебеню фракції 5...20 мм використовують циліндр діаметром 75 мм з навантаженням 50 кН. Для фракції більше 20 мм випробування проводять в циліндрі діаметром 150 мм з навантаженням 200 кН. Дробимість щебеню визначають за формулою:

$$D_p = (m_1 - m_2) / m_1 \cdot 100, \quad (1.2)$$

де  $m_1$  – маса щебеню (гравію) до випробування в кг;

$m_2$  – залишок на ситі після просіювання роздробленого в циліндрі щебеню (гравію), в кг.

Марку щебеню визначають залежно від показника подрібнюваністю і виду вихідної породи. Наприклад, марка щебеню 800 з вивержених ефузивних і осадових порід відповідає показнику за дробимістю 13...15. Для орієнтовної



оцінки можна користувати наступні значення марок щебеню залежно від їх подрібнюваністю: Др8 – понад 1000 кг/см<sup>2</sup>; Др 12–800...1000 кг/см<sup>2</sup>; Др 16–600...800 кг/см<sup>2</sup>; Др 24–400...600 кг/см<sup>2</sup>.

Для приготуванні бетонів рекомендується використовувати такі марки щебеню (гравію):

Марка бетону	Марка заповнювача
М 400 і вище	Др 8
М 300	Др 12
М 200	Др 16
М 150 і нижче	Др 24

Великий вплив на міцність і економічність бетону має чистота заповнювачів. Пілоподібні і особливо глинисті домішки створюють на поверхні зерен заповнювача плівку, що перешкоджає зчепленню їх з цементним каменем. В результаті міцність бетону значно знижується (до 30 %), тому в стандартах на заповнювачі вказано гранично допустимий вміст у них забруднюючих домішок. У щебені з магматичних порід допускається вміст домішок, які визначаються відмулюванням, не більше 1 %, а з осадових порід – 2...3 %. Вміст глини в грудках не більше 0,25 %.

За морозостійкістю щебінь поділяють на марки: 15, 25, 50, 100, 200, 300. Крім того, нормуються такі показники у щебеню, як марка щебеню до опору удару і стирання на поличному барабані.

Важливе значення має зерновий склад щебеню і його крупність. У бетоні доцільно використовувати щебінь або гравій максимально допустимої крупності, так як такий заповнювач має меншу питому поверхню. Для належного укладання і ущільнення бетонної суміші застосовують заповнювач не крупніше ¼ частини мінімального розміру конструкції (в інших джерелах – 1/3). Щебінь виготовляють наступних фракцій: 5...10 мм; 10...20 мм; 20...40 мм; 40...70 мм.

### ***Різновиди крупного заповнювача***

*Керамзитовий гравій* отримують шляхом випалу гранул, виготовлених з спучених глин. Це легкий і міцний заповнювач насипною густиною 250...800 кг/м<sup>3</sup>. У зламі гранула керамзиту має структуру застиглої піни. Спечена оболонка, що покриває гранулу, надає їй високу міцність. Керамзит є основним видом пористого заповнювача. Керамзитовий пісок (зерна до 5 мм) отримують при виробництві керамзитового гравію (правда, у невеликій кількості), а також за методом киплячого шару, випалюванням глиняних гранул в підвішеному стані. Крім того, його можна отримувати дробленням зерен гравію.

*Шлакову пемзу* виготовляють шляхом швидкого охолодження розплаву металургійних (зазвичай доменних) шлаків, що приводить до їх поризації. Шматки шлакової пемзи дроблять і розсіюють, отримуючи пористий щебінь.

Виробництво шлакової пемзи поширене в районах з розвинутою металургією. Тут собівартість шлакової пемзи нижче ніж керамзиту.

*Аглопорит* отримують при випалюванні гліновмісної сировини (з добавкою 8...10 % палива) на решітках агломераційних машин. Кам'яне вугілля вигорає, а частки сировини спікаються. Застосовують місцеву сировину: легкоплавкі глинисті породи, а також відходи промисловості золи, паливні шлаки і вуглевмісні шахтні породи. Аглопорит випускають у вигляді пористого піску, щебеню та гравію.

*Спучений перліт* виготовляють шляхом випалу водомістких вулканічних склоподібних порід (перлітів, обсидіану). При температурі 950...1200 °С вода виділяється і перліт збільшується в об'ємі у 10...20 разів. Спучений перліт застосовують, для виробництва легких бетонів і теплоізоляційних виробів.

*Спучений вермикуліт* – матеріал, який використовується як тепло- і звукоізоляційний заповнювач бетону, як суха насипна ізоляція у стінах і перекриттях. Шар вермикулітової засипки в стіни товщиною 20 см за опором теплопередачі дорівнює 2 метрам бетону. Сипучий утеплювач висотою до 10 см на горизонтальному перекритті знижує вихід енергії з приміщення на 92 %. Завдяки пористій структурі і наявності замкнених повітряних прошарків матеріал дозволяє значно зменшити втрати тепла. Головною відмінністю вермикуліту від керамзиту та перліту є відсутність механічної усадки.

Вермикуліт має незвичайні властивості: при нагріванні до 250 °С він починає набухати, при цьому його об'єм збільшується у 25 разів. Після випалу вага одного кубометра змінюється від 1 930 кг до 158 кг. Насипна густина дрібного зерна становить до 200 кг/м<sup>3</sup>, а великого – до 65 кг/м<sup>3</sup>. Коефіцієнт теплопровідності становить: фракція 0,5 мм – 0,056 Вт/м·К; фракція 2 мм – 0,051 Вт/м·К; фракція 8 мм – 0,046 Вт/м·К.

Шарувата структура вермикуліта ефективно поглинає звукові хвилі. Висока пористість не послабляє матеріал, він характеризується досить високою міцністю, яка дозволяє пресувати з вермикуліту плити. Утеплювач не дає усадку, не піддається біологічного впливу комах і гризунів, добре витримує дію агресивних хімічних речовин (луги та кислоти).

До недоліків спученого вермикуліту відноситься його значна гігроскопічність, що вимагає при укладанні утеплювача використовувати дифузну мембрану. Таке полотно забезпечує захист від вологи і вільного відведення пари. Також до недоліків відноситься досить висока вартість. Але довговічність експлуатації і відмінні характеристики цілком усе виправдовують.

Спучений вермикуліт входить до складу багатьох штукатурок і сухих будівельних сумішей. За теплозберігаючими властивостями цементно-вермикулітові розчини в 5 разів перевершують звичайні. Також його викорис-

товується як заповнювач при виробництві легких гіпсових і цементних бетонів і теплогідроізоляційних мастик. Високий рівень термостійкості дозволяє використовувати вермикуліт в виготовленні вогнезахисних плит, його температура плавлення дорівнює близько 1 250...1 350 °С.

Пористі заповнювачі залежно від розмірів зерен поділяються на щебінь (гравій) від 5 до 40 мм і пісок – до 5 мм. Крупні пористі заповнювачі поділяються на фракції 5...10, 10...20, 20...40 мм. Пористі піски поділяються на рядові (з зернами розміром 0...5 мм.), Великі (з зернами розміром 1,25...5мм.), дрібні (з зернами розміром менше 1,25 мм).

Залежно від насипної густини в сухому стані пористі заповнювачі поділяються на марки: 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200. Для крупного заповнювача фракції 5...40 мм насипна густина не повинна перевищувати 1000 кг/м<sup>3</sup>. Для щебеню з пористих гірських порід фракції 5...10 мм допускається марка 1200, а для піску – марка 1400.

За міцністю великий пористий заповнювач підрозділяється на наступні марки: П 25, П 35, П 50, П 75, П 100, П 150, П 200, П 250, П 300, П 350. Залежно від марки бетону рекомендується застосовувати такі марки заповнювача за міцністю:

Марка бетону	Марка заповнювача
М 35	25–75
М 50	35–100
М 75	50–125
М 100	75–150
М 150	75–200
М 200	100–250
М 250	125–300
М 300	150–350
М 400	250–350

Пористі заповнювачі мають значне водопоглинання і в бетонній суміші всмоктують з цементного розчину частину води. Найбільш інтенсивно цей процес відбувається в перші 10...15 хв під час приготування бетонної суміші. Тим самим істотно змінюються реологічні властивості бетонної суміші, тобто зменшується її рухливість.

Кількість води, що поглинається заповнювачем, залежить від складу бетонної суміші: вона збільшується в литих і рухливих сумішах при високих значеннях водоцементного співвідношення і зменшується в жорстких бетонних сумішах при низьких значеннях В/Ц. Щоб компенсувати вплив водопоглинання пористого заповнювача і зберегти рухливість бетонної суміші, необхідно збіль-

шувати витрату води. Пористий щебінь і пісок складаються із зерен неправильної форми з сильно розвиненою поверхнею і мають внаслідок цього збільшений об'єм міжзернових порожнин. Для заповнення цих пустот і створення достатнього зчеплення між зернами заповнювача з метою отримання бетонних сумішей, які не будуть розшаровуватися та збережуть легкоукладальність, потрібно в 1,5–2 рази більше цементного тіста, ніж при використанні щільних, важких заповнювачів.

Основні відомості про заповнювачі можна отримати з:

ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. – К. : Держбуд України, 1999.

ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. – К. : Держбуд України, 1996.

### **Вода**

При виготовленні бетонів вода не повинна містити будь-які сторонні домішки – жири, будь-які кислоти, сульфати тощо, які будуть перешкоджати нормальному процесу затвердіння бетонів і його якості. Тому використання неочищених стічних вод, промислових або болотних не рекомендується.

На воду діє ДСТУ Б В.2.7-273:2011 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.

### **Методи випробувань**

Загальна схема технології виробництва будівельних матеріалів включає видобуток сировини, підготовку робочої суміші, формування виробів, їх обробку для отримання необхідних якісних показників. Готові вироби транспортують на склад готової продукції, де їх утримують до відправки споживачеві. Технологічні процеси можна класифікувати на:

- механічні – подрібнення, помел, просіювання, фракціонування, змішування, формування, ущільнення і т. п.;
- хімічні – окислення, гідрофобізація, і т. п.;
- теплові – сушка, випалювання, випарювання, пропарювання, автоклавівування і т.п.

Для розробки технологічних процесів отримання матеріалів із заданими властивостями потрібно знати характерні умови поведінки досліджуваних систем. Так, наприклад, збільшення механічної міцності будівельних матеріалів на основі в'язучих речовин, в процесі твердіння обумовлено утворенням кристалічних зростків, які розвиваються в два етапи (за П. А. Ребіндером):

- формування каркаса кристалічної структури з утворенням контактів зрощення;
- обростання каркаса без виникнення нових контактів.

У багатьох випадках технологічні процеси є комплексними. Наприклад, теплові процеси часто супроводжуються масообмінними і хімічними реакціями.

Розглянемо процеси, які найбільш часто використовуються в технології будівельних матеріалів.

1. Визначення гранулометрії матеріалів шляхом розсіву.

2. Найбільш поширений і енергоємний спосіб обробки сировини для виготовлення будівельних матеріалів – подрібнення. Подрібнюють сировинні матеріали перед випалюванням, наприклад, для отримання вапна, цементу. Також доводять до необхідних розмірів частинки великого та дрібного заповнювачів для бетону, розчину або сухих будівельних сумішей. Необхідно знати гранулометричні розміри глин при отриманні керамічних матеріалів і в'язучих матеріалів.

3. У багатьох технологічних процесах подрібнення використовується в комплексі зі сортуванням за крупністю: механічне (просіювання), повітряне (сепарація), гідравлічне та електромагнітне. При механічному сортуванні сипкі матеріали поділяють за допомогою грохотів з ґратками або ситами.

4. Зазвичай визначають вологість матеріалів, яка не повинна перевищувати 6...12 %.

## Заняття 2

# ОЦІНКА ЯКОСТІ СУЧАСНИХ КОМПОЗИТІВ ТА ВИРОБІВ НА ЇХ ОСНОВІ

Під поняттям *якість* розуміють складну властивість, що є сукупністю всіх функціональних і естетичних властивостей матеріалу або виробу з нього, які обумовлюють його здатність задовольняти певні вимоги відповідно до його призначення. Розрізняють також поняття *інтегральної якості*, що є найбільш складною властивістю матеріалу (виробу), яка визначається сукупністю його якості та економічністю.

За властивостями матеріалів визначають область їх застосування, умови експлуатації будівель, споруд та навіть окремих приміщень, формують вимоги до застосовуваних матеріалів.

Ці вимоги поділяються на три групи: функціональні, естетичні і економічні. У свою чергу серед функціональних можна виділити:

- загально-будівельні вимоги (визначаються зручністю транспортування, зберігання, технологічністю застосування та ін.);
- експлуатаційні вимоги (вони визначають придатність БМВ до застосування в даних умовах експлуатації);
- санітарно-гігієнічні вимоги (визначаються в першу чергу екологічністю як в нормальних, так і екстремальних, наприклад, під час пожежі, умовах експлуатації).

*Естетичні вимоги* висувають до форми, кольору, малюнку і фактурі поверхні. Економічні вимоги визначають техніко-економічну ефективність виробництва і застосування тих чи інших будівельних матеріалів та виробів. Техніко-економічна ефективність включає два основних аспекти – технічний і економічний. Економічний аспект регламентує кошторис, що складається з архітектурно-будівельному проекту, а технічний аспект визначається довговічністю будівельних об'єктів, що залежить від їх стійкості до різних чинників довкілля або експлуатаційних впливів.

Необхідно призначати раціональні значення властивостей матеріалів, бо їх заниження призведе з часом до витрат на ремонт будівлі або споруди, а завищення – до невиправданих витрат на виготовлення самого матеріалу або виробу.

Важливо розуміти, що довговічність матеріалу піддається строго певних дій, обумовлених стандартами на методи їх випробування відповідно до ДСТУ, ТУ або інших нормативних документів.

Тому матеріал характеризується стійкістю до будь-яких окремих впливів – вологи, морозу, тепла і т. п., і характеризується своїми властивостями, відповідно, вологостійкістю, морозостійкістю, вогнестійкістю тощо.

*Екологічні властивості* матеріалів характеризують ступінь їх впливу не тільки на навколишнє середовище, але і на живі організми.

Для екологічної оцінки якості будівельних матеріалів використовують гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин, що забруднюють навколишнє середовище. Прийнято вважати, якщо концентрації токсичних речовин, що виділяються матеріалом, не перевищують значень ГДК, то він є екологічно чистим.

*Радіоактивність* будівельних матеріалів обумовлена природними довгоживучими радіонуклідами, переважно радієм-226, торієм-232 і калієм-40. Ці радіоактивні елементи присутні практично у всіх гірських породах, які використовуються в якості мінеральної сировини для виготовлення більшості неорганічних будівельних матеріалів.

Основною характеристикою радіоактивності будівельних матеріалів є ефективна сумарна питома активність природних радіонуклідів (ПРН). Її величину  $A_{ef}$ , Бк/кг (Бк – одиниця, що характеризує 1 розпад радіонукліда в 1 с, була названа Беккерель (на честь французького фізика А. Беккереля), визначають як зважену суму питомої активності радію-226 ( $A_{Ra}$ ), торію-232 ( $A_{Th}$ ) і калію-40 ( $A_k$ ) за формулою:

$$A_{ef} = A_{Ra} + 1,31A_{Th} + 0,085A_k \quad (2.1)$$

де 1,31 і 0,085 – відповідно розрахункові коефіцієнти активності торія-232 і калію-40 щодо радію-226.

За величиною сумарної питомої активності  $A_{ef}$  будівельні матеріали ділять на класи, за якими визначають можливі області їх використання (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Класифікація будівельних матеріалів за величиною  $A$

Клас	$A_{ef}$ , Бк/кг	Області використання
I	Не більше 370	Для всіх видів будівництва без обмеження
II	370...740	Для об'єктів дорожнього і промислового будівельництва
III	740...1 350	Для об'єктів промислового призначення, де виключено перебування людей; для об'єктів дорожнього призначення за межами населених пунктів; для об'єктів дорожнього призначення в межах населених пунктів при умові покриття їх шаром ґрунта або іншого матеріала товщиною не менше 0,5 м

Будівельні об'єкти поділяють на дві категорії: обов'язкового і рекомендованого радіаційного контролю.

Обов'язковому радіаційному контролю підлягають деякі види матеріалів: природного (пісок, глина, гравій, крейда, сланці, технічна вода) і штучного (заповнювачі всіх видів, в тому числі щебінь; в'язучі речовини) походження, арматура і конструкційна сталь; відходи промислового виробництва (зола, шлак, порожня порода тощо).

До об'єктів рекомендованого радіаційного контролю відносять будівельні вироби і конструкції, оздоблювальні матеріали та вироби (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Середня радіоактивність будматеріалів

Будматеріал	Радіоактивність, Бк/кг
Деревина	1...3
Пісок, гіпс, гравій	20...35
Портландцемент	40...50
Граніт	100...200
Попіл	300...400
Фосфогіпс	500...600
Металургійні шлаки	2 000 і більше

*Токсичність* – це здатність матеріалу в процесі виготовлення і особливо експлуатації за певних умов виділяти шкідливі для здоров'я людини (отруйні) речовини. Деякі будівельні матеріали не дозволяється використовувати в житлових приміщеннях і дошкільних установах. Зокрема, це стосується матеріалів, виготовлених на основі де-яких синтетичних полімерів, а також пігментів, які містять сполуки свинцю, міді, миш'яку, цинку.

Для екологічної оцінки якості будівельних матеріалів використовують гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин, що забруднюють навколишнє середовище. Прийнято вважати, якщо концентрації токсичних речовин, що виділяються матеріалом, не перевищують значень ГДК, то він є екологічно чистим.

*Технологічні властивості* характеризують здатність матеріалів до сприйняття певних технологічних операцій, що виконуються з метою зміни їх форми, розмірів, характеру поверхні, щільності і т. п.

Ці властивості проявляються в процесі виробництва і експлуатації матеріалів і виробів на їх основі. Технологічні властивості будівельних матеріалів оцінюють візуально або за допомогою спеціальних приладів і методів випробувань. До них відносять формуємость, подрібненість, розпілуваність, гвоздимість, поліруємість і ін.

*Формуємість* характеризує здатність матеріалу приймати певну форму в результаті різних механічних впливів (вібрація, пресування, видавлювання, прокатування).



*Подрібненість* – здатність матеріалу до диспергації в результаті механічної дії переважно ударних навантажень, що призводять до утворення зернистого матеріалу у вигляді щебеню і піску.

*Розпилюваність* – здатність матеріалу піддаватися розпилюванню без істотного порушення структури. Прикладами матеріалів, які піддаються розпилюванню, є деревина і вироби з неї, м'які гірські породи і т. п.

*Гвоздимість* – це здатність матеріалу утримувати цвяхи і шурупи за певних умов висмикування. Ця властивість особливо важлива для стінових матеріалів в житловому будівництві. Гарною гвоздимістю відрізняються деревина і пористий бетон.

*Здатність до полірування* – властивість матеріала при обробці абразивами набувати гладку блискучу поверхню, що значно покращує його декоративні властивості.

Найчастіше поліруванню придатні кам'яні матеріали (мармур, граніт, кварцит і ін.) при виготовленні облицювальних виробів.

*Міцність* – здатність матеріалу чинити опір руйнуванню від дії внутрішніх напружень, що виникають внаслідок навантаження або інших чинників.

Для оцінки якості бетону визначають наступні види міцності: 1) на стиск, 2) на осьовий розтяг, 3) при вигині, 4) при розтягненні або розколюванні.

Фактори, що впливають на міцність бетону:

1) *статистичні*, які враховують неоднорідність структури бетону (навіть з однієї серії зразків). Через це вводять такі характеристики, як довірчий інтервал, область нормального розподілу, коефіцієнт варіації;

2) *технологічні*, які пов'язані з геометричними параметрами зразків (паралельність граней, їх рівність і шорсткість, умови виготовлення та зберігання);

3) *методичні*, які враховують залежить міцності від конструкції і особливостей преса, швидкості навантаження, умов взаємодії зразка і преса, вологості бетону перед випробуванні.

Відомо, що міцність бетону при стиску більше в 10 разів ніж при вигині і розтягуванні. Це пов'язано з тим що бетон анізотропний матеріал. Міцність при стиску визначається на контрольних зразках. Для важких, легких і пористих бетонів – еталон зразка кубу (15×15×15) см. Міцність при вигині на зразках-балочках (15×15×60) см. Міцність при розтягуванні на зразках вісімках.

При випробуванні бетону на міцність треба пом'ятати, що неоднорідність його структури обумовлює неоднорідність міцності бетону по всьому об'єму.

ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010.

ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Будівельні матеріали. Бетони. Правила контролю міцності. – К. : Мінрегіонбуд України, 2010.

## Неруйнуючі методи випробувань

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 додержуватися 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 мм<sup>2</sup> (200×200 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 Кошкарова (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 м<sup>3</sup> 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 немож-

ливе, то оцінку міцності при стиску проводять за табличними даними, що наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – 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 3

## МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ МІНЕРАЛЬНИХ БЕТОНІВ РІЗНОЇ СТРУКТУРИ

Неоднорідність структури і властивостей бетонів вимагає застосування до його оцінки ймовірно-статистичних методів і повинна враховуватися при проектуванні складу бетону та організації виробництва бетонних і залізобетонних конструкцій.

За середньою густиною розрізняють дві основні категорії – важкі 2300...2600 кг/м<sup>3</sup> і легкі 500...2200 кг/м<sup>3</sup>.

Важкий бетон найчастіше застосовується в практиці будівництва для зведення підземних і надземних несучих конструкцій і споруд (фундаменти, стіни, колони, балки, ферми, плити покриття та перекриття тощо). Як крупний заповнювач для такого бетону використовується щебінь щільних гірських порід (граніт, вапняк, діабаз та ін.).

До групи легких належать бетони на пористих заповнювачах природного або штучного походження, а також ніздрюваті бетони (без заповнювачів) зі значною кількістю штучно створених замкнутих пір в структурі бетону.

За сферою застосування розрізняють такі види бетону.

*Конструкційні* – застосовуються в конструкціях, що сприймають зовнішні силові навантаження. Визначальними властивостями таких бетонів є міцність і деформативні характеристики, а також морозостійкість при роботі конструкцій в умовах знакозмінних температур. Це фундаменти, колони, балкові конструкції, плити покриття та перекриття та ін.

*Конструкційно-теплоізоляційні* – застосовуються в конструкціях (зовнішні стіни, покриття). Такі бетони повинні забезпечувати не тільки несучу здатність конструкцій, але і їх теплозахисні властивості.

*Теплоізоляційні* – призначені забезпечувати необхідний термічний опір огорожувальних конструкцій при порівняно малій товщині, в той час як несучу здатність конструкцій забезпечує звичайний бетон (в дво- і тришарових конструкціях).

*Гідротехнічні* – наряду з характеристиками міцності і деформативними характеристиками повинні мати підвищену щільність, водонепроникність, морозостійкість, а також стійкість до агресивного впливу навколишнього середовища – води.

*Дорожні* – для верхніх покриттів доріг, злітно-посадочних смуг аеродромів. Повинні мати підвищену міцність, високу зносостійкість, добре опиратися знакозмінному впливу температури і вологи.

*Хімічно стійкі* – поряд з необхідними показниками технічних властивостей повинні протягом тривалого періоду витримувати без руйнування і зниження експлуатаційних властивостей вплив концентрованих розчинів солей, кислот і лугів та їх випарів.

*Жаростійкі* – зберігають в заданих межах свої фізико-механічні властивості при тривалій дії високих температур. Застосовуються для промислових агрегатів і будівельних конструкцій, що піддаються в процесі експлуатації нагріванню до високих температур.

*Декоративні* – виконують оздоблювальну функцію на лицьових поверхнях будівельних виробів або конструкцій. Такі бетони повинні мати досить високу атмосферостійкість і відповідати вимогам щодо кольору, фактури тощо.

Розглянуті вище види бетонів, незважаючи на значні відмінності в своїх властивостях, повинні відповідати загальним закономірностям, які загальним принципам формування їх структури.

### **Проектування складу важкого бетону**

Існує багато методів підбору складу бетону, але в основу кожного покладено принцип «абсолютних об'ємів». Суть принципу полягає у припущенні, що сума об'ємів компонентів бетону в абсолютно ущільненому стані становить  $1 \text{ м}^3$ , що записується як рівняння

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + \frac{В}{\rho_{в}} = 1 \text{ м}^3, \quad (3.1)$$

де Ц, П, Щ, В – витрати відповідно цементу, піску, щебеню, води, кг на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші;  $\rho_{ц}$ ,  $\rho_{п}$ ,  $\rho_{щ}$ ,  $\rho_{в}$  – істинна густина цих компонентів,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Розрахунок виконують на  $1 \text{ м}^3$  бетонної суміші. Витрати компонентів визначають за масою, всі характеристики компонентів й вихідні дані беруть з проектної документації. Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані

Найменування показників, одиниця виміру	Позначення показника
1	2
Клас бетону, МПа	С
Легкоукладальність суміші, см	ОК
Об'єм бетонозмішувача, $\text{м}^3$	$V_б$
Властивості в'язучого: – активність цементу – істинна густина, $\text{кг}/\text{м}^3$ – насипна густина, $\text{кг}/\text{м}^3$	$R_{ц}$ $\rho_{ц}$ $\rho_{н.ц.}$

Продовження таблиці 3.1

1	2
Властивості дрібного заповнювача: – модуль крупності піску – істинна густина піску, кг/м <sup>3</sup> – насипна густина піску, кг/м <sup>3</sup> – вологість піску, %	$M_k$ $\rho_{п}$ $\rho_{н.п.}$ $W_{п}$
Властивості крупного заповнювача – крупність зерна, мм – істинна густина, кг/м <sup>3</sup> – насипна густина, кг/м <sup>3</sup> – вологість, %	$\rho_k$ $\rho_{н.к.}$ $W_k$

Клас бетону – гарантована міцність, де можлива похибка вже врахована. Його ввели для уточнення характеристик цементного каменю, оскільки розкид показників в межах однієї марки виявився занадто істотним.

Середню міцність бетону кожного класу визначають при нормативному коефіцієнті варіації, рівному  $v = 13,5 \%$  для конструктивних бетонів і  $v = 18 \%$  для теплоізоляційних бетонів за формулою

$$R = \frac{B}{0,0980665(1 - 1.64 * v)} , \quad (3.2)$$

де  $B$  – показник класу бетону, МПа;  $0,0980665$  – перехідний коефіцієнт від МПа до кг/см<sup>2</sup>.

*Витрату води* ( $B$ ) визначають орієнтовно за таблицею 3.2 або за графіком проф. Миронова, складеним за експериментальними даними, залежно від заданої легкоукладальності бетонної суміші і крупності зерен крупного заповнювача (Щ).

Таблиця 3.2 – Водопотреба бетонної суміші

Характеристика бетонної суміші		Витрати води, л/м <sup>3</sup> при найбільшій крупності щебеню, 1 мм		
Осадка конуса, см	Жорсткість, с	10	20	40
	40...50	160	150	135
	15...20	175	165	150
2...4	–	200	190	175
5...7	–	210	200	185
8...10	–	215	205	190
10...12	–	225	215	200
12...16	–	230	220	207

Примітки:

1. Витрати води для суміші на портландцементі з НГЦТ 26-28 % і на піску з  $M_{кр} = 2,5$ .
2. При зміні НГЦТ на кожний процент витрати води змінюються на  $3 \dots 5 \text{ л/м}^3$ .
3. При зміні модуля крупності піску на кожні 0,5 в меншу або більшу сторону витрати води відповідно зменшуються або збільшуються на  $3 \dots 5 \text{ л}$ .

*Витрату цементу* знаходять з цементно-водного відношення при вже відомій кількості води:

$$Ц = V_{од} (Ц/V_{од}), \quad (3.3)$$

де  $V_{од}$  – витрати води, л;

$Ц/V_{од}$  – цементно-водне відношення, визначають за формулою міцності бетону Болломея–Скрамтаєва (3.3), (3.4):

$$R_{б^T} = R_{ц} \cdot A(Ц/V - 0,5) \quad \text{при } Ц/V < 2,5; \quad (3.4)$$

$$R_{б^T} = R_{ц} \cdot A_1(Ц/V + 0,5) \quad \text{при } Ц/V > 2,5, \quad (3.5)$$

де  $R_{б^T}$  – необхідна міцність бетону у віці 28 діб, МПа;

$R_{ц}$  – активність цементу, МПа;

$A, A_1$  – коефіцієнти, що залежать від якості складових матеріалів (визначають за табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти якості заповнювачів

Характеристика матеріалів	A	A <sub>1</sub>
Високоякісні	0,65	0,43
Звичайні	0,60	0,40
Низької якості	0,55	0,37

*Витрату крупного заповнювача* знаходять відповідно до емпіричної залежності

$$Щ = \frac{1000}{\frac{V_{пуст} \cdot K_{разд}}{\rho_{н.щ.}} + \frac{1}{\rho_{щ}}}, \quad (3.6)$$

де  $V_{пуст}$  – відносний об'єм пустот (пустотність) крупного заповнювача;

$K_{разд}$  – коефіцієнт розсунення зерен щебеню (визначається за таблицею 3.4) залежно від витрати цементу і В/Ц.

Для вибору коефіцієнта  $K_{разд}$  використовують дані таблиці 3.4. Залежно від кількості цементу треба обирати два найбільш близькі значення коефіцієнту і потім взяти середньо арифметично від їх суми.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт розсування зерен щебеню

Витрати цементу, кг/м <sup>3</sup>	K <sub>разд</sub> , при В/Ц				
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
250	–	–	–	1,26	1,32
300	–	–	1,30	1,36	1,42
350	–	1,32	1,38	1,44	–
400	1,31	1,40	1,46	–	–
500	1,52	1,56	–	–	–

Витрату піску визначають з рівняння методу абсолютних об'ємів:

$$П = \left[ 1000 - \frac{Ц}{\rho_{ц}} - В - \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right] \cdot \rho_{п}. \quad (3.7)$$

Сума отриманих значень (Ц, П, Щ, В) буде розрахунковою густиною бетонної суміші:

$$\rho_{об} = (Ц + П + Щ + В), \text{ кг/м}^3. \quad (3.8)$$

Склад бетону можна представити і у відносних одиницях:

$$1: В/Ц : П/Ц : Щ/Ц.$$

Оскільки розрахунки проводили за емпіричними формулами, необхідно перевірити рухливість і міцність бетону за допомогою пробних замісів (об'єм 10 л). За рухливістю бетонної суміші коригують витрати води при збереженні водоцементного відношення.

Для перевірки відповідності фактичної міцності бетону необхідній з пробного замісу виготовляють 3 стандартних зразки-куби з ребром 15 см і випробовують їх відповідно до ДСТУ.

У зв'язку з тим, що заповнювачі в реальних умовах зберігаються просто неба, вони мають вологість, яку треба враховувати при розрахунках кількості води замішування. Тому при визначенні виробничого складу бетону розраховують кількість води, яку містять заповнювачі:

$$В_{щ} = W_{щ} \cdot Щ / 100; \quad (3.9)$$

$$В_{п} = W_{п} \cdot П / 100, \quad (3.10)$$

де  $W_{щ}$ ,  $W_{п}$  - вологість щебеню і піску, %.

Кількість води замішування треба зменшити на величину кількості води у заповнювачах:

$$В_{вз} = В - (В_{щ} + В_{п}). \quad (3.11)$$

Відповідно збільшуються витрати заповнювачів.



### **Розрахунок вихідних матеріалів на реальний заміс у бетонозмішувачі**

При заповненні бетонозмішувача вихідними матеріалами сума сипких об'ємів твердих складових бетонної суміші дорівнює об'єму барабану змішувача:

$$V_{бз} = V_{ц} + V_{п} + V_{щ}. \quad (3.12)$$

При перемішуванні об'єм суміші зменшується шляхом заповнення міжзернових порожнин. Відношення об'єму бетонозмішувача до суми об'ємів вихідних компонентів у сипкому стані називається коефіцієнтом виходу бетону, який характеризує ефективність роботи бетонозмішувача:

$$\beta = \frac{1}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}} = \frac{1}{\frac{Ц}{\rho_{онц}} + \frac{П}{\rho_{онп}} + \frac{Щ}{\rho_{онщ}}} = 0,55-0,75 \quad (3.13)$$

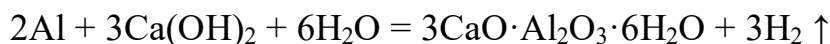
Таким чином, об'єм бетону з одного бетонозмішувача можна визначити за формулою

$$V_{б} = \beta \cdot V_{бз}. \quad (3.14)$$

### **Проектування складу легкого цементного газобетону**

*Ніздрюватими бетонами* називають штучні кам'яні матеріали, які одержують внаслідок твердіння попередньо спученої суміші, що складається з в'язучої речовини, кремнеземистого компоненту і води.

Газобетони одержують з додаванням газоутворювача, наприклад, алюмінієвої пудри за реакцією:



Показником якості ніздрюватих бетонів є класи за середньою густиною (D 300–500 – для теплоізоляційних; D 600–900 – для конструкційно-теплоізоляційних; D 1000–1200 для конструкційних).

Вихідні дані для проведення розрахунків наведені в таблиця 3.5.

Таблиця 3.5 – Вихідні дані

Найменування показників, одиниця виміру	Позначення показника
1	2
Клас бетону за густиною, кг/м <sup>3</sup>	D
Клас бетону за міцністю	B
Властивості в'язучого:	
– активність цементу	R <sub>ц</sub>
– істинна густина, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>ц</sub>
– насипна густина, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>н.ц.</sub>
Властивості кремнеземистого компоненту:	
– істинна густина піску, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>п</sub>
– насипна густина піску, кг/м <sup>3</sup>	ρ <sub>н.п.</sub>

Продовження таблиці 3.5

1	2
Алюмінієва пудра: – газоутворююча здатність, кг/л	Н

1. Встановлюють співвідношення між кількістю в'язучого і кварцового піску в залежності від середньої густини ніздрюватого бетону за таблицею 3.6.

Таблиця 3.6 – Зведена таблиця для вибору коефіцієнтів при розрахунках складових газобетону

Властивості бетону	Середня густина бетону, кг/м <sup>3</sup>									
	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200
Співвідношення цементу та піску а:b	1:1	1:1,2	1:1,4	1:1,6	1:1,8	1:2	1:2,2	1:2,3	1:2,4	1:2,5
Водо-тверде співвідношення, В/Т	0,08	0,64	0,62	0,58	0,56	0,54	0,50	0,48	0,46	0,43
K <sub>1</sub>	1,12			1,10			1,08		1,07	
K <sub>2</sub>	0,77			0,83			0,85		0,90	

2. Встановлюють витрату цементу, кг

$$\text{Ц} = \frac{\rho_o}{K_1(a+b)}, \quad (3.15)$$

де  $\rho_o$  – середня густина газобетону, кг/м<sup>3</sup>;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує частину зв'язаної води в бетоні (приймають за таблицею 3.6);

$a, b$  – частини співвідношення в'язучого і кварцового піску (визначають за таблицею 3.6).

3. Визначають витрату кварцового піску, кг

$$\text{П} = \text{Ц} \cdot b, \dots \dots \dots (3.16)$$

де  $b$  – частина кварцового піску (з табл. 3.6).

4. Визначають витрату води на 1 м<sup>3</sup> газобетону за формулою

$$B = \frac{\rho_o}{K_1} \cdot V/T, \quad (3.17)$$

де  $V/T$  назначають залежно від середньої густини газобетону за таблицею 3.6.

5. Витрату газоутворювача на 1 м<sup>3</sup> газобетону назначають залежно від середньої густини бетону і газоутворюючої здатності газоутворювача (Н):

$$A = \frac{V_n}{K_2 \cdot H}, \quad (3.18)$$

де  $A$  – витрата газоутворювача, кг;

$K_2$  – коефіцієнт використання робочої здатності газоутворювача (визначають за таблицею 3.6);

$H$  – газоутворююча здатність газоутворювача (визначають за таблицею 3.7);

$V_n$  – об'єм пор газобетону, л.

Таблиця 3.7 – Газоутворююча здатність газоутворювача

Т, °С	0	40	45	50
Н, л/кг	1254	1390	1460	1480

Об'єм пор газобетону визначають за формулою

$$V_n = 1000 - \left[ \frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_n} + \frac{В}{\rho_в} \right] \quad (3.19)$$

де  $Ц, П, В$  – витрати відповідно в'язучого, піску і води на 1 м<sup>3</sup>, кг;

$\rho_{ц}, \rho_n, \rho_в$  – густина відповідних компонентів газобетону, кг/м<sup>3</sup>.

При виготовленні зразків або виробів з газобетону форми заливають не повністю, а так, щоб залишити вільний об'єм для спучування. Залежно від густини бетону висота спучування буде різною (табл. 3.7).

Таблиця 3.7 – Залежність висоти заповнення форми від густини газобетону

Властивість бетону	Густина, кг/м <sup>3</sup>							
	300–400	500	600	700	800	900	1000	1100...1200
Висота заповнення форми, h	0,4... 0,45	0,45... 0,55	0,55... 0,65	0,7... 0,75	0,75... 0,8	0,8... 0,85	0,85... 0,95	0,95... 1,00

Після спучування газобетону форму не можна переміщувати, щоб запобігти осіданню суміші. Залишок газобетонної маси (горбушку) через 3...4 год зрізають ножем. Для прискорення твердіння та збереження пористої структури рекомендується газобетоном пропарити при  $T = 90 \pm 5$  °С 14...18 год.

#### **Визначення властивостей цементного газобетону**

1. *Густину* газобетону визначають шляхом випробування зразків-кубів з довжиною ребра 10 см після витримання 28 діб при  $T = 25 \pm 10$  °С і відносній вологості повітря  $50 \pm 20$  %.

2. *Вологість газобетону* за масою визначають з похибкою до 0,1 %.

3. Міцність газобетону при стиску визначають при випробуванні серії зразків-кубів у кількості не менше 3 штук, висушених до постійної маси. Міцність визначають з точністю до 0,1 МПа за формулою

$$R = \alpha \cdot K_w \cdot \frac{F}{A}, \quad (3.20)$$

де  $\alpha$  – масштабний коефіцієнт:

при  $\rho_0 < 400 \text{ кг/м}^3$   $\alpha = 1,0$  незалежно від розмірів зразка;

при  $\rho_0 \geq 400 \text{ кг/м}^3$   $\alpha = 0,90$  для зразків з розмірами  $7,07 \times 7,07 \times 7,07 \text{ см}$ ;

при  $\rho_0 \geq 400 \text{ кг/м}^3$   $\alpha = 0,95$  для зразків з розмірами  $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$ ;

$F$  – руйнівне навантаження, кгс;

$A$  – площа перерізу зразка,  $\text{см}^2$ ;

$K_w$  – погоджувальний коефіцієнт для ніздрюватого бетону залежно від вологості зразка (приймають за даними таблиці 3.8).

Таблиця 3.8 – Коефіцієнт міцності ніздрюватого бетону  $K_w$

Вологість ніздрюватого бетону за масою, %	Погоджувальний коефіцієнт $K_w$
0	0,8
5	0,9
10	1,0
15	1,05
20	1,10
25 і більше	1,15

### Проектування складу легкого бетону на пористому заповнювачі

До складу легких бетонів на пористих заповнювачах мінерального походження входять такі як керамзит, аглопорит, шлакова пемза, туфи, тощо.

За густиною в сухому стані для легких бетонів встановлено 19 марок (з інтервалом  $100 \text{ кг/м}^3$ ): Д 200...Д 2000. Існують також класи за міцністю (МПа) від В 2 до В 40.

Склад керамзитобетону визначають розрахунково-експериментальним методом на  $1 \text{ м}^3$  керамзитобетону.

Вихідні дані:

- марка керамзитобетону за густиною (Д)  $\text{кг/м}^3$ ;
- клас керамзитобетону за міцністю (В) МПа;
- насипна густина керамзиту ( $\rho_{н.к.}$ )  $\text{кг/м}^3$ ;
- насипна густина піску ( $\rho_{н.п}$ )  $\text{кг/м}^3$ ;
- 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  $1\text{ м}^3$  за таблицею 3.9.

Таблиця 3.9 – 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  $1\text{ м}^3$

$$\Pi + K = \rho_o - 1,15 \text{ Ц}, \quad (3.21)$$

де  $\Pi$  – маса піску;

$K$  – маса керамзиту;

$\text{Ц}$  – маса цементу;

$\rho_o$  – 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  $1\text{ м}^3$  керамзитобетону при витратах цементу 175...400 кг. Таким чином, враховуючи  $r$  і пустотність керамзиту, встановлюємо густина бетонної суміші

$$\rho_{б.с.} = \frac{0,9[r \cdot \rho_n + (1-r) \cdot \rho_k]}{1 - V_{нуст} (1-r)}, \quad (3.22)$$

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

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

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

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

$$V_{\Pi} + V_K = \frac{G_{n+k}}{\rho_{б.с.}}, \quad (3.23)$$

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

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

5. Визначаємо витрати керамзитового гравію та піску за масою

$$\Pi = (V_{\Pi} + V_K) \cdot r \cdot \rho_{\Pi}; \quad (3.24)$$

$$K = G_{\Pi+K} - \Pi \quad (3.25)$$

6. Орієнтовні витрати води знаходимо за таблицею 3.10.

Таблиця 3.10 – Витрати води залежно від характеристик керамзитобетону

Характеристики керамзитобетонної суміші		Витрати води (л) на 1 м <sup>3</sup> керамзитобетону при заданій густині керамзитового гравію (кг/м <sup>3</sup> )			
		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

Отримані дані занести до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Витрати компонентів керамзитобетону на 1 м<sup>3</sup>

Вид компонента	Витрати компонентів
Портландцемент	
Керамзитовий щебінь	
Пісок	
Вода	

## Заняття 4

### ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЯКОСТІ БЕТОНІВ РІЗНОЇ СТРУКТУРИ ТА ПРИЗНАЧЕННЯ

#### Оцінка якості арболіту

Арболіт – різновид легких бетонів, виготовлений з суміші портландцементу, органічних заповнювачів (відходи деревообробки, тощо), хімічної добавки і води.

При підборі складу арболіту основними вимогами є одержання заданих властивостей (класу за міцністю та середньої густини) при мінімально можливих витратах цементу. Середню густину арболіту обирають залежить від марки арболіту та виду заповнювача за даними таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Характеристики арболіту

Вид арболіту	Клас за міцністю	Марка за міцністю	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	
			подрібнена деревина	коstriця, льон
Теплоізоляційний	В 0,35...В 1	М 5...М 15	400...500 500	400...500 500
Конструкційний	В 1,5...В 3,5	М 50	500...600 700...850	550...650 –

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

- активність цементу  $R_c$ , кг/см<sup>2</sup>;
- середня густина цементу  $\rho_{oc}$ , кг/м<sup>3</sup>;
- істинна густина цементу  $\rho_c$ , кг/м<sup>3</sup>;
- вид заповнювача;
- насипна густина заповнювача  $\rho_{нз}$ , кг/м<sup>3</sup>;
- вид добавки.

Потім за таблицею 4.2 призначають витрати матеріалів для заданого класу арболіту за міцністю.

Таблиця 4.2 – Орієнтовні витрати компонентів, кг на 1 м<sup>3</sup> арболіту

Вид компоненту	Марка арболіту					
	5	10	15	25	35	50
1	2	3	4	5	6	7
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

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6	7
Хлористий кальцій, кг	6	6...7	7	8	8	9
Вода, л	260/310	380/330	300/360	380/430	400/460	420/480

1. У числівнику – витрати компонентів для деревини хвойних порід, у знаменнику – для змішаних порід.

2. Замість хлористого кальцію можливо використовувати інші добавки.

За одержаними даними розрахунків готують пробний заміс з арболітобетонної суміші, потім провадять уточнення густини в ущільненому стані. Потім розраховують фактичні витрати матеріалів на 1 м<sup>3</sup> ущільненої суміші.

Сума витрат всіх матеріалів для дослідного замісу складає

$$\Sigma P = Ц + З + В + ХД . \quad (4.1)$$

Для приготування арболіту  $\Sigma P$  (кг) витрачено цементу  $Ц_1$  (кг). Для приготування 1 м<sup>3</sup> арболіту треба витратити цементу:

$$Ц / \Sigma P = Ц \cdot \rho_{арб.}; \quad (4.2)$$

$$Ц = \frac{\rho_{арб} \cdot Ц_1}{\Sigma P}, \text{ кг.} \quad (4.3)$$

Аналогічно розраховують витрати органічного заповнювача, води й хімічної добавки на 1 м<sup>3</sup> бетонної суміші

$$З = \frac{\rho_{арб} \cdot З_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (4.4)$$

$$В = \frac{\rho_{арб} \cdot В_1}{\Sigma P}, \text{ кг;} \quad (4.5)$$

$$ХД = \frac{\rho_{арб} \cdot ХД_1}{\Sigma P}, \text{ кг.} \quad (4.6)$$

Фактичні витрати компонентів на 1 м<sup>3</sup> бетону треба занести до графі фактичних витрат компонентів арболітобетону.

### Оцінка якості 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/м<sup>3</sup>);



– 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 таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – 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	Спучення гелькоутшару*	не допуск.	не допуск.	не допуск.
3	Тріщини	не допуск.	не допуск.	не допуск.
4	Точкові включення: – іншого коліру; – засмічення	не допуск. не допуск.	допуск. розсіяне	допуск. розсіяне
5	Матовість у вигляді плям	не допуск.	допускаються. плями (сумарною площею > 30 см <sup>2</sup> )	допуск.
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 глянцею і створення можливості полірування поверхні.

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

- одного – на виробах I сорту;

- п'яти – на виробках II сорту;
- семи – на виробках III сорту.

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

*Визначення середньої густини*

Середню густину полімербетону визначають за формулою

$$\rho_o = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3, \quad (4.7)$$

де  $m$  – маса зразка з полімербетону, г;

$V$  – об'єм зразка з полімербетону,  $\text{см}^3$ .

*Визначення міцності при стиску*

Міцність полімербетону при стиску визначають за формулою

$$R_{ст} = \frac{P}{S}, \text{ кг/см}^2 \text{ (МПа)}, \quad (4.8)$$

де  $P$  – руйнуюче навантаження, кг;

$S$  – площа зразка,  $\text{см}^2$ .

*Визначення коефіцієнта конструктивної якості*

Коефіцієнт конструктивної якості визначають за формулою

$$К.К.Я. = \frac{R_{cm}}{d}, \quad (4.9)$$

де  $R_{ст}$  – межа міцності при стиску,  $\text{кг/см}^2$  (МПа);

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

## Питання до самостійної роботи

1. Назвіть основні елементи багатоповерхового житлового будинку.
2. Назвіть основні елементи промислової будівлі.
3. У чому відмінність (подібність) між термінами «виріб», «конструкція», «будівля», «споруда»? Наведіть приклади.
4. Наведіть схематично класифікацію будівельних матеріалів і виробів за походженням.
5. У чому відмінність (подібність) між органічними і неорганічними будівельними матеріалами? До якої групи відносять полімерні будівельні матеріали?
6. Які технологічні параметри відрізняють отримання будівельних матеріалів за обпалювальною, безобпалювальною і автоклавною технологіями?
7. Наведіть (схематично) класифікацію будівельних матеріалів і виробів за призначенням.
8. Назвіть основні архітектурно-будівельні вимоги, що висувають до будівельних матеріалів?
9. Наведіть загально-будівельні, експлуатаційні та санітарно-гігієнічні вимоги до будівельних матеріалів?
10. Які аспекти зачіпають економічні вимоги до будівельних матеріалів?
11. Охарактеризуйте взаємозв'язок між довговічністю і корозійною стійкістю будівельних матеріалів.
12. Дайте обґрунтування яким чином структурні особливості будівельних матеріалів впливають на їх гідрофізичні властивості.
13. Яким показником характеризується водостійкість будівельних матеріалів і як він впливає на довговічність?
14. Як визначають марку за морозостійкістю?
15. Назвіть основні критерії вибору матеріалів для забудови.
16. Навести класифікацію випалювальних будівельних матеріалів.
17. Дати характеристику матеріалів, які виготовляють доведенням до спікання.
18. Дати характеристику матеріалів, які виготовляють не доведенням до спікання.
19. Дати характеристику матеріалів, які виготовляють до отримання розплаву.
20. Які характеристика глини вивчають перед її використанням?
21. Які добавки до глини використовують у сучасному виробництві кераміки?

21. Які матеріали використовують для надання керамічним виробам декоративних властивостей?
22. Що таке глазур і навіщо її використовують у керамічній промисловості?
23. Чим технологія одержання глазури відрізняється від ангобу?
24. Наведіть технологічні етапи одержання керамічних виробів.
25. Назвіть види формування керамічних виробів.
26. Як склад сировини та структура впливають на властивості кераміки?
27. Навести класифікацію виробів будівельної кераміки.
28. Навести різновиди керамічних вогнетривів і де їх застосовують?
29. Навести види будівельного скла.
30. Назвати властивості будівельного скла.
31. Навести будівельні вироби зі скла.
32. Які види скляних виробів називають конструктивними?
34. Навести технологію одержання ніздрюватого скла.
35. Які добавки використовують при одержанні скла?
36. Надати характеристику ситалів та сфери їх застосування.
37. Навести технологію одержання кам'яного литва.
38. Які метали використовують у будівництві?
39. Назвіть класифікацію видів сталі.
40. Надати класифікацію кольорових металів для будівельних робіт.
41. В чому полягають основи захисту чорних металів від корозії?
42. Класифікація мінеральних в'язучих речовин.
43. Надати основні характеристики повітряних в'язучих речовин.
44. В чому полягає перевага гідравлічних в'язучих речовин?
45. Навести основні властивості будівельного гіпсу.
46. Чим відрізняються будівельний гіпс і ангідритовий цемент?
47. У чому відмінність технології одержання будівельного та високоміцного видів гіпсу?
48. Наведіть технологію одержання будівельних виробів із гіпсових в'язучих.
49. Чим відрізняються технології одержання повітряного та гідравлічного вапна?
50. Як використовують у будівництві будівельних гіпс?
51. Наведіть основи технології гіпсокартону та його класифікацію.
52. Чим відрізняється технологія гідравлічного вапна та портланд цементу?
53. Наведіть основні властивості портланд цементу.
54. Навести класифікацію видів цементу.
55. Чим відрізняються алітовий та белітовий цемент?
56. Як технологія одержання цементу впливає на його властивості?

57. Як добавки можуть змінювати види цементу та сфери його використання?
58. Навести види бетонів за густиною.
59. Надати порівняльну характеристику легких та важких бетонів.
60. Чим технологія одержання пінобетону відрізняється від технології газобетону?
61. Навести основні властивості важких бетонів.
62. Яким чином заповнювачі можуть впливати на властивості бетону?
63. Навести технологію приготування щебеню для бетону.
64. Які властивості щебеня треба враховувати для одержання високоміцного бетону?
65. Як впливає співвідношення дрібного та крупного заповнювачів на властивості бетону?
66. Чому треба враховувати рухливість бетонної суміші у технології виготовлення бетону і як її визначають?
67. Які існують передумови для одержання залізобетону?
68. Наведіть класифікацію залізобетонних конструкцій.
69. Наведіть технологію одержання монолітного залізобетону.
70. В чому переваги та недоліки збірного та монолітного залізобетону?
71. В чому полягають переваги використання сухих будівельних сумішей?
72. Наведіть класифікацію сухих будівельних сумішей за сферами використання та їх основні інгредієнти.
73. Які властивості у мурувальних сухих будівельних сумішей?
74. Наведіть класифікацію сучасних будівельних фарб.
75. За якими характеристиками обрають фарби для зовнішніх і внутрішніх робіт?
76. Як обирають плівкоутворювальні речовини в технології одержання будівельних фарб?
77. Які добавки застосовують в технології одержання фарб та при виготовленні допоміжних лакофарбових матеріалів?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.2.7-32-95 Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. – Чинний від 14.09.1995. – Київ : Держбуд України, 1996. – 16 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-75-98 Щебінь і гравій щільні природні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови. – Чинний від 01.01.1999. – Київ : Держбуд України, 1999. – 18 с.
3. ДСТУ БВ. 2.7-23-95) Розчини будівельні. Загальні технічні умови. – Чинний від 23.06.1995. – Київ : Держбуд України, 1997. – 10 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-214:2009 2010 Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – Чинний від 22.12.2009. – Київ : Держбуд України, 2010. – 41 с.
5. ДСТУ Б В.2.7-45:2010 СН 2706-80 Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. – Чинний від 01.11.2010. – Київ : Держбуд України, 2010. – 40 с.
6. Ицкович С. М. Заполнители для бетона / С. М. Ицкович. – Минск : Вышэйш. шк., 1983. – 214 с.
7. Фокин Г. С. Справочник строителя / Г. С. Фокин, Е. В. Кондращенко. – Харьков : Алеф Инфотрейд, 2008. – 425 с.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до організації самостійної роботи та проведення практичних занять  
із навчальної дисципліни

**«СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ І КЕРУВАННЯ ЯКІСТЮ  
БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ»**

*(для аспірантів I курсу підготовки доктора філософії денної форми навчання  
за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **КОНДРАЩЕНКО** Олена Володимирівна

Відповідальний за випуск *А. А. Жигло*  
*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *О. В. Кондращенко*

План 2020, поз. 13 М

---

Підп. до друку 28.02.2020  
Друк на ризографі  
Зам. №

Формат 60×84/16.  
Ум. друк. арк. 1,4  
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.