

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Методичні вказівки
до практичних занять
для студентів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія»
спеціалізації 192.04 «Технологія будівельних конструкцій, виробів і
матеріалів»

Київ 2023

УДК 66.011

В 99

Укладачі: О.П. Константиновський, канд. техн. наук, доцент;
В.В. Троян, д-р техн. наук, професор;
І.І. Руденко, д-р техн. наук, професор.

Рецензент: О.В. Ластівка, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.І. Гоц, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри технології будівельних
конструкцій і виробів, протокол № 9 від 2 червня 2022 року*

В авторській редакції

В 99В'яжучі речовини: методичні вказівки до практичних занять / уклад.
О.П. Константиновський, В.В. Троян, І.І. Руденко. – Київ: КНУБА,
2023. – 20 с.)

Розглянуто особливості розв'язання технологічних задач, пов'язаних
із розрахунками складів в'яжучих матеріалів

Призначені для студентів спеціальності 192
«Будівництво і цивільна інженерія» спеціалізації 192.04 «Технологія
будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Згідно з робочою програмою курсу «В'яжучі матеріали, будівельні розчини та бетони» студенти розв'язують хіміко-технологічні задачі на практичних заняттях.

Мета практичних занять – сприяти більш глибокому розумінню і засвоєнню теоретичного матеріалу курсу, прищепити студентам навички виконання експериментальних розрахунків та досліджень, застосування набутих навичок при розв'язанні технологічних задач у виробничих умовах.

Для розв'язку задач кожен студент отримує завдання згідно з вихідними даними. Аналогічні завдання розглядають разом з викладачем на практичних заняттях, задачі відповідно з варіантами студенти розв'язують самостійно.

Закінчену роботу студенти оформляють згідно з вимогами даних методичних вказівок і подають до захисту. Студент, який не захистив роботу, до складання іспиту не допускається.

В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ

Гіпсові в'яжучі речовини

Приклади

Приклад 1

Вихідні умови: коефіцієнт розм'якшення будівельного гіпсу дорівнює 0,35. Міцність зразків при стиску в водонасиченому стані дорівнює 3,8 МПа. Визначити міцність гіпсу в сухому стані.

Розв'язок.

Коефіцієнт розм'якшення визначається за формулою:

$$K_p = \frac{R_{ст}^{нас}}{R_{ст}^{сух}} \quad (1)$$

Визначаємо міцність гіпсу в сухому стані:

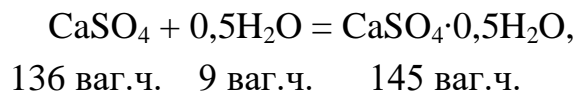
$$R_{ст}^{сух} = \frac{R_{ст}^{нас}}{K_p} = \frac{3,8}{0,35} = 10,86 \text{ МПа}$$

Приклад 2

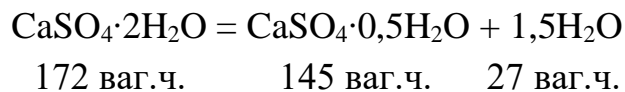
Вихідні умови: будівельний гіпс відразу після випалювання мав 12 % ангідриту, 8 % двоводного гіпсу, 3 % негідратуючих домішок і 77 % напівводного гіпсу. Після витримування в камері томління безводний сульфат кальцію не був виявлений у продуктах випалювання. Визначити, який вміст двогідрату залишився.

Розв'язок.

В камері томління при витримці гарячого гіпсу відбуваються наступні реакції гідратації



і дегідратації



Визначаємо вміст води, необхідний для гідратації зневодненого напівгідрату, в відсотках до маси продукту:

$$12 \cdot \frac{9}{136} = 0,794 \%$$

Визначаємо вміст води, який залишився в 8 % двогідрату:

$$8 \cdot \frac{27}{172} = 1,25 \%$$

Визначаємо вміст зв'язаної води в двогідраті після витрати частини її для гідратації зневодненого напівгідрату:

$$1,25 - 0,794 = 0,45 \%$$

Визначаємо залишок двогідрату, пропорційний цьому вмісту води:

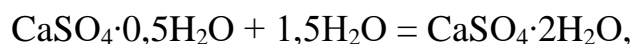
$$8 \cdot \frac{0,45}{1,25} = 2,88 \%$$

Приклад 3

Вихідні умови: визначити пористість затверділого будівельного гіпсу, якщо водогіпсове відношення В/Г становить 0,6. Істинна густина гіпсу 2,5 г/см³.

Розв'язок.

Визначаємо вміст хімічно зв'язаної води з рівняння гідратації напівводного гіпсу:



тобто 145 мас.ч. $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ відповідає 27 мас.ч. хімічно зв'язаної води.

$$B_{\text{х.зв.}} = \frac{27}{145} \cdot 100 = 18,6 \%$$

Визначаємо пористість затверділого гіпсу:

$$\Pi = \frac{\nu - \nu_A}{\nu} \cdot 100 = \frac{(1 + 2,5 \cdot 0,6) - (1 + 2,5 \cdot 0,186)}{1 + 2,5 \cdot 0,6} \cdot 100 = 41,4 \%$$

Приклад 4

Вихідні умови: потрібна густина гіпсового тіста становить 60 %. Визначити вміст гіпсу і води, необхідні для отримання 1 т гіпсового тіста заданої густоти.

Розв'язок.

Якщо позначити через «х» необхідний вміст гіпсу, то вміст води становить 0,6х.

$$x + 0,6x = 1 \text{ т}$$

$$m_{\text{Г}} = 1 = \frac{1}{1 + 0,6} = 0,625 = 625 \text{ кг.}$$

Визначаємо необхідний вміст води:

$$m_{\text{В}} = m_{\text{Г.т.}} - m_{\text{Г.}} = 1 - 0,625 = 0,375 = 375 \text{ кг.}$$

Задачі

Задача 1

Вихідні умови: визначити орієнтовну пористість литих гіпсових зразків, виготовлених із будівельного гіпсу наступного складу: $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ – 89 %, CaSO_4 – 6 %, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 5 % при водогіпсовому відношенні 0,6. Істинну густину зразків прийняти рівною 2,3 г/см³.

Задача 2

Вихідні умови: з тіста нормальної густоти, отриманого з в'язучої речовини, яка містить 70 % β -напівгідрату і 30 % α -напівгідрату, виготовили зразки. Після тверднення зразки висушили до постійної маси і визначили міцність на стиск, яка дорівнює 18 МПа. Визначити орієнтовну міцність використаного високоміцного гіпсу, якщо зразки будівельного гіпсу, виготовлені з тіста нормальної густоти, характеризуються міцністю на стиск 7,8 МПа.

Задача 3

Вихідні умови: пористість гіпсових виливків становить 42 % (без врахування залученого повітря). Визначить вихідне водогіпсове відношення, якщо будівельних гіпс становив з 10 % CaSO_4 , 86 % $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ і 4 % непрогідратованих домішок; істинну густину двогідрата прийняти 2300 кг/м^3 , непрогідратованих домішок – 2700 кг/м^3 .

Задача 4

Вихідні умови: визначити склад будівельного гіпсу, в якому поряд з напівгідратом і нерозклавшимся двогідратом містилось 4 % ангідриту і 4 % нерозклавшихся домішок, якщо на хімічну реакцію гідратації знадобилось 17 % води від маси гіпсу.

Задача 5

Вихідні умови: визначити міцність високоміцного гіпсу при нормальній густоті 42 %, якщо будівельний гіпс, нормальна густота якого становить 65 %, характеризується міцністю 11,0 МПа, а приріст міцності становить 1,0 МПа при зменшенні нормальної густоти на кожний відсоток.

Задача 6

Вихідні умови: будівельний гіпс після випалювання поряд з β -напівгідратом містить в своєму складі 5 % зневодненого напівгідрату, 3 % розчинного ангідриту, 2 % двогідрату і 3 % SiO_2 . Визначити втрату води з вихідної сировини при випалюванні.

Задача 7

Вихідні умови: при отриманні естріх-гіпсу з двоводного в складі кінцевого продукту містилось 75 % ангідриту, 4 % CaO , 12 % $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, 9 % метакаолініту. Визначити вміст сухої сировини (в відсотках до готового продукту).

Задача 8

Вихідні умови: визначити вихід будівельного гіпсу і ангідритового цементу з 1 т гіпсового каменю 1 сорту з вологістю 5 %, який містить 96 % $\text{CaS.O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Склад домішок, %: глина – 1, пісок – 2, органічні включення – 1.

Задача 9

Вихідні умови: визначити вміст зв'язаної води в 500 кг напівводного гіпсу. Визначити вміст води, необхідний для його повної гідратації, а також відсотковий вміст води в двоводному гіпсі.

Задача 10

Вихідні умови: визначити вміст гіпсового каменю, необхідний для отримання 1 т напівводного гіпсу.

Будівельне вапно. Магnezіальні в'язучі речовини.

Приклади

Приклад 1

Вихідні умови: Визначити вихід активних оксидів з магнезиту, кальциту і доломіту при повної її дисоціації.

Розв'язок.

Молекулярні маси кальциту (CaCO_3), магнезиту (MgCO_3) і доломіту ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$) становлять 100, 84 і 184, а відповідних продуктів дисоціації – 56, 40 і 9.

$$B_{\text{CaO}} = \frac{56}{100} \cdot 100 = 56 \% ,$$

$$B_{\text{MgO}} = \frac{40}{84} \cdot 100 = 47,62 \% ,$$

$$B_{\text{CaO}+\text{MgO}} = \frac{96}{184} \cdot 100 = 52,17 \% .$$

Приклад 2

Вихідні умови: визначити, яка кількість каустичного магнезиту (MgO) можна отримати з 500 кг магнезиту (MgCO_3), який містить 10 % за масою нерозклавшихся домішок.

Розв'язок.

Визначаємо домішок за масою в магнезиті:

$$\Pi = 0,1 \cdot 500 = 50 \text{ кг.}$$

Визначаємо вміст чистого магнезиту:

$$B_{\text{MgCO}_3} = 500 - 50 = 450 \text{ кг.}$$

Вміст оксиду магнію відповідно з реакцією дисоціації магнезиту становить:

$$B_{\text{MgO}} = \frac{40}{84} \cdot 450 = 214 \text{ кг.}$$

Визначаємо вміст каустичного магнезиту:

$$B_{\text{MgO}} + \Pi = 214 + 50 = 264 \text{ кг.}$$

Приклад 3

Вихідні умови: визначити, як змінюється об'єм твердої фази при випалюванні карбонату кальцію, якщо значення істинної густини CaCO_3 і CaO становлять 2730 і 3400 кг/м^3 .

Розв'язок.

Молекулярні маси вихідної речовини і продуктів реакції:



Молекулярні об'єми CaCO_3 і CaO :

$$V_{\text{CaCO}_3} = \frac{100}{2,73} = 36,63 \text{ см}^3,$$

$$V_{\text{CaO}} = \frac{56}{3,4} = 16,47 \text{ см}^3.$$

По відношенні до початкового об'єму речовини зменшиться:

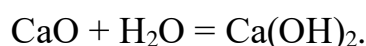
$$\frac{36,63}{16,47} = 2,22 \text{ рази.}$$

Приклад 4

Вихідні умови: визначити вміст сухого гашеного вапна, отриманого при гашенні 1 т негашеного з активністю 90 % (вміст активного CaO).

Розв'язок.

Процес гашення вапна описується рівнянням:



З 56 мас.ч. негашеного вапна отримується 74 мас.ч. гідратного.

Визначимо вміст негашеного вапна при активності 90 %:

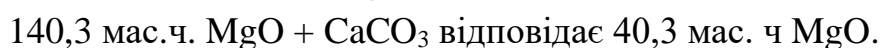
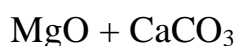
$$m_{\text{н.в.}} = 1000 \cdot \left(0,9 \cdot \frac{74}{56} + 0,1 \right) = 1289,3 \text{ кг.}$$

де $1000 \cdot 0,1 = 100$ кг – вміст домішок.

Приклад 5

Вихідні умови: визначити вміст каустичного доломіту з вмістом 5 % домішок, який необхідний замість 100 кг каустичного магнезиту для отримання в'язучої речовини однакової активності.

Розв'язок.



Вміст каустичного доломіту, який необхідний замість 100 кг каустичного магнезиту, визначимо за допомогою пропорції:

$$\begin{array}{l} 140,3 \text{ мас.ч. MgO} + \text{CaCO}_3 - 40,3 \text{ мас. ч MgO} \\ x \text{ кг} - 100 \text{ кг} \end{array}$$

$$x = \frac{100 + 5}{100} = 348 \text{ кг.}$$

Визначаємо вміст каустичного доломіту, який містить 5 % домішок:

$$m_{\text{к.д.}} = x \cdot \frac{100 + 5}{100} = 365,4 \text{ кг.}$$

Задачі

Задача 1

Вихідні умови: визначити вихід вапна і його активності, якщо сировина містить в своєму складі 65 % CaCO_3 , 26 % $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ і 9 % безводних домішок. Прийняти повною дисоціацію карбонатних порід.

Задача 2

Вихідні умови: визначити вихід і активність вапна, якщо вміст активних CaO і MgO в сировині в 7 разів перевищує вміст домішок. Вміст при прокалюванні з повною декарбонізацією становить 40 %. Ступінь декарбонізації прийняти рівною 95 %.

Задача 3

Вихідні умови: вапняк містить 85 % кальциту (CaCO_3), 5 % магнезиту (MgCO_3), 3 % каолініту ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) і 7 % кремнезему SiO_2 . Визначити вихід вапна з 1 т вапняку, активність вапна і втрати вапняку за масою за умови повної дисоціації карбонатної породи.

Задача 4

Вихідні умови: середня густина шматків кальцію, отриманих випалюванням хімічно чистого кальциту, становить 34 %. Визначити сумарний об'єм шматків вихідного кальциту (в відсотках до отриманого оксиду кальцію), якщо значення істинної густини CaCO_3 і CaO становлять 2730 і 3400 кг/м^3 . Прийняти повною термічну дисоціацію CaCO_3 .

Задача 5

Вихідні умови: об'єм шматку вапна дорівнює об'єму шматка вапняку до випалювання. Визначити пористість CaO в шматку, якщо хімічний склад вапняку, %: CaCO_3 – 80, MgCO_3 – 10, SiO_2 – 8, H_2O – 2 %. Густина SiO_2 становить 2650 кг/м^3 , MgCO_3 – 3500 кг/м^3 , CaO – 13400 кг/м^3 , известняка – 2700 кг/м^3 .

Задача 6

Вихідні умови: встановіть, як змінюється об'єм твердої фази (по відношенню до початкової) при гашенні вапна, якщо значення густини CaO і Ca(OH)_2 становлять 3400 і 2230 кг/м^3 .

Задача 7

Вихідні умови: визначити вміст води теоретично необхідно для гашення вапна-кипілки, яке характеризується активністю 85 %, при чому 15 % від маси вапна становить оксид магнію (MgO).

Задача 8

Вихідні умови: при гашенні 20 кг вапна з активністю 85 % в герметичній теплоізолюваній ємкості температура суміші підвищилась з 12 до 96 °С. Визначити (орієнтовно) вміст води замішування, якщо питома теплоємність Ca(OH)_2 дорівнює 1,46 кДж/кг , домішок – 0,75 кДж/кг при масі 6 кг. Теплоємність матеріалу ємкості прийняти 0,67 кДж/кг при масі 6 кг, усереднену температуру нагрівання ємкості – 72 °С.

Задача 9

Вихідні умови: визначити вміст твердої речовини і вміст води в вапняковому тісті, якщо його густина – 1400 кг/м^3 , а істина густина твердої речовини – 2200 кг/м^3 .

Задача 10

Вихідні умови: визначити вміст карбонату кальцію і вапна-кипілки з активністю 70 % необхідно взяти для отримання 1 т вапна активністю 32 %.

Задача 11

Вихідні умови: визначити активність вапна, отриманого з вапняку, який містить, %: CaO – 52, MgO – 1, SiO_2 – 8, Al_2O_3 – 2, в.п.п. – 37. Ступінь декарбонізації крейди при випалюванні становить 0,9.

Задача 12

Вихідні умови: розрахувати співвідношення між вапном з активністю 70 % і молотим піском (90 % SiO_2) для виготовлення вапняково-піщаного в'язучого автоклавного тверднення, приймаючи повне зв'язування кремнезему в низькоосновні гідросилікати кальцію типу $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Задача 13

Вихідні умови: визначити вміст негашеного вапна, отриманого при повному випалюванні чистого вапняку масою 1 т і вологістю 15 %.

Задача 14

Вихідні умови: визначити вміст чистого вапняку з вологістю 7 %, для отримання 100 кг негашеного вапна.

Задача 15

Вихідні умови: визначити вміст негашеного і гашеного вапна, отриманих з 1 т вапняку. Активність вапняку – 80 % (вміст CaCO_3), а природна вологість – 10 %.

Задача 16

Вихідні умови: необхідно отримати 70 т негашеного вапна (CaO) шляхом випалювання вапняку середньою густиною 1500 кг/м^3 в шахтній печі об'ємом 30 м^3 . Вміст палива в печі – 30 % від загального об'єму. Цикл випалювання становить 2 дня. Визначити час, необхідний для випалювання вапняку.

Задача 17

Вихідні умови: визначити об'єм печі, необхідний для отримання 5 т/добу негашеного вапна. Середня густина вапняку в шматках становить 1800 кг/м^3 , паливо становить близько 30 % загального об'єму печі. Цикл випалювання – 3 доби.

Задача 18

Вихідні умови: істинна густина порошкоподібного гідратного вапна $2,1 \text{ г/см}^3$. Визначити середню густина вапнякового тіста, якщо вміст води в ньому 40 %.

Задача 19

Вихідні умови: визначити вміст гідратного вапна і води, які містяться в 1 т вапнякового тіста з середньою густиною 1450 кг/м^3 . Істинна густина порошкоподібного гідратного вапна 2100 кг/м^3 .

Задача 20

Вихідні умови: для отримання магнезіального в'язучого витрачається 65 % каустичного магнезиту (MgO) і 35 % $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Визначити вміст каустичного магнезиту і водного розчину MgCl_2 , необхідні для отримання 5 т магнезіального в'язучого (в перерахунок на чисті компоненти). Каустичний магнезит містить 90 % активної MgO ($A = 0,9$), водний розчин MgCl_2 містить 400 г $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ в 1 л.

Задача 21

Вихідні умови: визначити вміст каустичного магнезиту, отриманого при випалюванні 10 т магнезиту, якщо вміст негідратованих домішок в магнезиті становить 5 %.

Портландцемент

Приклади

Приклад 1

Вихідні умови: сумарний вміст оксидів Fe_2O_3 і Al_2O_3 в портландцементному клінкері становить 8 %, а силікатний і глиноземистий модулі відповідно – 3 і 1,2. Визначити вміст CaO і основний модуль, якщо сумарний вміст основних оксидів – 96 %.

Розв'язок.

Визначаємо вміст SiO_2 :

$$B_{\text{SiO}_2} = 3 \cdot 8 = 24 \%,$$

$$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Al}_2\text{O}_3 - 8} = 1,2,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,36 \%,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 8 - 4,36 = 3,64 \%.$$

Визначаємо вміст CaO :

$$\text{CaO} = 96 - 24 - 3,64 - 4,36 = 64 \%,$$

$$\text{OM} = \frac{64}{32} = 2.$$

Приклад 2

Вихідні умови: визначити вміст головних оксидів в клінкері, якщо основний модуль становить 2,0, силікатний – 3,0, глиноземистий – 1,2. Сума всіх головних оксидів становить 96 %.

Розв'язок.

Відповідно зі значеннями основного, силікатного і глиноземистого модулів:

$$\text{OM} = \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 2,$$

$$\text{CM} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 3,$$

$$\text{ГМ} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} = 1,2.$$

Виразимо через Fe_2O_3 всі інші оксиди:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,2\text{Fe}_2\text{O}_3; \text{SiO}_2 = 6,6\text{Fe}_2\text{O}_3; \text{CaO} = 17,6\text{Fe}_2\text{O}_3.$$

Підставивши ці значення в рівняння:

$$\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + 6,6\text{Fe}_2\text{O}_3 = 96 \%,$$

отримаємо:

$$\text{CaO} = 64,0 \%,$$

$$\text{SiO}_2 = 24,0 \%,$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 4,36 \%,$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 3,64 \%.$$

Приклад 3

Вихідні умови: ступінь основності мінералів-силікатів в портландцементному клінкері становить 2,71. Вміст кремнезему – 21 %. Визначити вміст аліту і беліту.

Розв'язок.

Визначимо долю SiO_2 в C_3S – x , тоді доля SiO_2 в C_2S :

$$y = 21 - x.$$

Оскільки $\text{CO}_{\text{C}_3\text{S}} = 3$, $\text{CO}_{\text{C}_2\text{S}} = 2$, отримаємо:

$$3x + 2(21 - x) = 2,71 \cdot 21;$$

$$x = 14,91, y = 6,09.$$

В трикальцієвому силікаті 1 % SiO_2 зв'язується з 2,8 % CaO ($\frac{\text{Мол.маса}_{3\text{CaO}}}{\text{Мол.маса}_{\text{SiO}_2}} = 2,8$) і утворюється 3,8 C_3S .

В двокальцієвому силікаті 1 % SiO_2 зв'язується з 1,87 % CaO ($\frac{\text{Мол.маса}_{2\text{CaO}}}{\text{Мол.маса}_{\text{SiO}_2}} = 1,87$) і утворюється 2,87 C_2S .

Визначаємо:

$$\text{C}_3\text{S} = 3,8 \cdot 14,91 = 56,7 \%;$$

$$\text{C}_2\text{S} = 2,87 \cdot 6,09 = 17,5 \%.$$

Приклад 4

Вихідні умови: визначити коефіцієнт насичення портландцементного клінкеру, якщо вміст аліту і беліту відносяться як 2:1.

Розв'язок.

Визначаємо ступінь основності мінералів силікатів:

$$(1 + 2) \cdot CO = 3 \cdot 2 + 2 \cdot 1;$$

$$CO = \frac{6 + 2}{3} = 2,67;$$

Оскільки $CO = 3K_n$, то $K_n = 0,89$.

Приклад 5

Вихідні умови: при нормальній густоті 27,8 % цементний камінь характеризується міцністю 34,8 МПа. Визначити міцність цементного каменю при введенні в цемент 0,2 % добавки ЛСТ, яка знижує нормальну густоту на 1,0 %. Прийняти, що зміна нормальної густоти призводить до зворотно пропорційної зміни міцності.

Розв'язок.

Визначити, скільком одиницям міцності відповідає 1 % водопотреби цементу:

$$\frac{R}{В/Ц} = \frac{34,8}{27,8} = 1,25 \text{ МПа}.$$

Міцність цементного каменю при введенні ЛСТ:

$$34,8 + 1,25 = 36,05 \text{ МПа}.$$

Задачі

Задача 1

Вихідні умови: мергель для виробництва портландцементу характеризується хімічним складом (не враховуючи CO_2 і H_2O), %: CaO – 65, SiO_2 – 18, Al_2O_3 – 1,5; Fe_2O_3 – 6 %. Визначити модулі і встановити, яку коригуючу добавку необхідно ввести для отримання портландцементного клінкеру.

Задача 2

Вихідні умови: визначити вміст $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ і $3CaO \cdot Al_2O_3$, якщо в ньому міститься 4 % Al_2O_3 і 5 % Fe_2O_3 .

Задача 3

Вихідні умови: визначити ступінь основності мінералів-силікатів, якщо вміст аліту і беліту відповідно становить 51 і 25 %.

Задача 4

Вихідні умови: визначити співвідношення трикальцієвого і двокальцієвого силікатів в клінкері, якщо ступінь основності силікатів становить 2,75.

Задача 5

Вихідні умови: вміст основних мінералів в портландцементному клінкері становить 96 %, в тому числі 15 % становлять мінерали-плавні C_3A і C_4AF . Визначити вміст аліту і беліту, а також зв'язаного кремнезему, якщо ступінь їх основності становить 2,7.

Задача 6

Вихідні умови: визначити мінералогічний склад портландцементу, якщо вміст CaO , SiO_2 , Al_2O_3 і Fe_2O_3 становлять відповідно 66, 25, 6 і 0,2 %. Який портландцемент може отримати з такого клінкеру?

Задача 7

Вихідні умови: визначити вміст беліту в клінкері, якщо коефіцієнт насичення становить 0,82, а вміст аліту – 41 %. Як називається такий цемент?

Задача 8

Вихідні умови: визначити вміст утвореної високосульфатної форми гідросульфоалюмінату кальцію (в відсотках до маси C_3A), якщо вміст двоводного $CaSO_4$ становить 3 % (в перерахунок на SO_3) від маси C_3A .

Задача 9

Вихідні умови: визначити витрату цементу і води на 1 л цементного тіста, якщо останнє містить 12 % повітря (за об'ємом). Нормальна густина цементного тіста – 25 %, а істинна густина цементу – 3100 кг/м^3 .

Задача 10

Вихідні умови: визначити вміст хімічно зв'язаної води в цементному каменю, отриманого з портландцементу, хімічний склад якого, %: C_3S – 60, C_2S – 25, C_3A – 10, C_4AF – 5. Прийняти гідратацію мінералів повною.

Задача 11

Вихідні умови: визначити витрату матеріалів для приготування 3 л цементно-піщаного розчину складу 1:3 при відношенні В/Ц = 0,46. Значення істинної густини цементу і піску становлять 3100 і 2600 кг/м^3 . Насипна густина піску 1440 кг/м^3 . Порівняти, наскільки зміняться витрати матеріалів, якщо витрата розчину розрахувати підсумовуванням абсолютних об'ємів компонентів.

Задача 12

Вихідні умови: визначити орієнтовочну міцність цементного каменю через 90 діб, якщо через 28 діб міцність його становить 30 МПа. Якої активності цемент можна використати, якщо через 90 діб міцність повинна бути 30 МПа. Якою буде міцність цього цементу через півроку і рік? Для

розрахунку міцність каменю в будь-який термін n використовувати логарифмічним законом зростання міцності цементного каменю:

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28} \quad (2)$$

Задача 13

Вихідні умови: визначити В/Ц цементного тіста, якщо капілярна пористість отриманого цементного каменю через 28 діб тверднення становить 34 %, а контракційна пористість – 3 %. Прийняти, що кожний грам зв'язаної води утворив 0,2 см³ контракційних пор. Вміст залученого повітря – 3 % від об'єму цементного каменю. Істинна густина цементу становить 3100 кг/м³.

Задача 14

Вихідні умови: визначити повну пористість цементного каменю в термін 28 діб, якщо при замішуванні В/Ц становило 0,4, а вміст залученого повітря при перемішуванні становив 2 % від об'єму цементного каменю. Вважати, що за термін тверднення зв'язалось 16 % води від маси цементу, а кожний грам зв'язаної води утворив 0,2 см³ контракційних пор. Істинну густину цементу прийняти 3200 кг/м³.

Задача 15

Вихідні умови: визначити тепловиділення цементу на 28 добу тверднення, якщо мінералогічний склад клінкеру і тепловиділення мінералів у вказаний термін наступні (табл.1):

Таблиця 1

Мінералогічний склад клінкеру і тепловиділення мінералів

Мінерал	Вміст, %	Тепловиділення, кДж/кг
3CaO·SiO ₂	56	459
2CaO·SiO ₂	28	167
3CaO·Al ₂ O ₃	7	919
4CaO·Al ₂ O ₃ ·Fe ₂ O ₃	9	376

Задача 16

Вихідні умови: визначити повну пористість цементного каменю на 28 добу тверднення, якщо при замішуванні В/Ц становило 0,4, а при перемішуванні в тісто залучилось 2 % повітря від об'єму цементного каменю. Вважати, що за час тверднення зв'язалось 16 % води від маси

цементу, а кожний грам зв'язаної води утворив $0,2 \text{ см}^3$ контракційних пор. Істинна густина цементу – 3200 кг/м^3 .

Задача 17

Вихідні умови: при висушуванні і прокалюванні зразку цементного каменю його маса змінювалась наступним чином, г: до висушування – 120, після висушування – 102, після прокалювання – 92 г. Визначити сумарний вміст вільної і адсорбційної води, а також вміст хімічно зв'язаної води в відсотках. Встановити ступінь гідратації цементу, якщо при його повної гідратації вміст зв'язаної води становить 24 % від початкової маси.

Задача 18

Вихідні умови: нормальна густина пуцоланового цементу (вміст трепелу – 30 %) – 38 %, клінкерного цементу, з якого від отриманий, – 28 %. Визначити нормальну гулоту пуцоланового цементу з добавкою трепелу, вміст якого становить 20 %.

Задача 19

Вихідні умови: визначити вміст пластифікуючої добавки ЛСТ, необхідного для отримання 5 т пластифікованого портландцементу. Добавка ЛСТ містить 40 % твердої речовини і 60 % води. Встановлено, що вміст добавки повинен становити 0,2 % від маси цементу в перерахунку на суху речовину.

Задача 20

Вихідні умови: визначити активність пуцоланового цементу, який містить 20 % трепелу і 80 % портландцементного клінкеру з активністю 40 МПа. Вважати, що добавка трепелу впродовж 28 діб тверднення не приймає участь в формуванні міцності.

Задача 21

Вихідні умови: визначити вміст активного кремнезему, який необхідно взяти для отримання пуцоланового цементу, якщо виходити з умови повного зв'язування кремнезему портландитом, який утворюється алітом при повній гідратації. Вміст аліту в портландцементі – 64 %. Ca(OH)_2 , що виділяється білітом знехтувати. Прийняти, що в результаті реакції Ca(OH)_2 і SiO_2 утворюється $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Задача 22

Вихідні умови: порівняти пористість затверділих портландцементу і пуцоланового цементу, якщо значення водопотреби для вказаних цементів становлять 28 і 40 % відповідно. Вміст зв'язаної води був однаковим і становив 12 %. Істинна густина портландцементу і пуцоланового цементу

– 3100 і 2800 кг/м³. Вмістом залученого повітря і контракційними порами знехтувати.

Задача 23

Вихідні умови: модуль активності шлаку – 0,28, а вміст SiO₂ і активних CaO+MgO – 34 і 49 % відповідно. Вміст оксидів, %: MgO – ≤ 10, MnO – ≤ 1, TiO₂ – 0,8. Визначити модуль основності і коефіцієнту якості шлаку.

Задача 24

Вихідні умови: хімічний склад гідралічного в'язучого, %: Al₂O₃ – 45, CaO – 46, SiO₂ – 3, Fe₂O₃ – 0,6. Визначити, що це за в'язуча речовина. Назвіть основні мінерали визначеної речовини.

Задача 25

Вихідні умови: визначити вміст трепелу, доданого до портландцементу М500 для отримання 1 т пуцоланового портландцементу М400. Вважати, що трепел не приймає участь в формуванні цементного каменю до 28 діб.

Задача 26

Вихідні умови: хімічний склад цементного клінкеру, %: CaO – 64, SiO₂ – 22, Al₂O₃ – 6, Fe₂O₃ – 4,5, MgO – 2,5, SO₃ – 0,6, Na₂O – 0,4 %. Визначити мінералогічний склад клінкеру.

Задача 27

Вихідні умови: визначити вміст пластифікуючої добавки ЛСТ, необхідної для отримання 5 т пластифікованого портландцементу. Пластифікуюча добавка ЛСТ містить близько 40 % твердої речовини і 60 % води. Встановлено, що вміст добавки повинен становити 0,2 % від маси цементу, в перерахунок ЛСТ на суху речовину.

Задача 28

Вихідні умови: в якій пропорції слід взяти вапняк і глину для отримання портландцементного клінкеру з коефіцієнтом насичення КН = 0,8? Хімічний склад вапняку, %: CaO – 49, SiO₂ – 8, Al₂O₃ – 2, Fe₂O₃ – 1,6, MgO – 1, SO₃ – 0,4; втрати при прокалюванні вапняку (в.п.п.) становлять 38 %. Хімічний склад глини, %: CaO – 2, SiO₂ – 65, Al₂O₃ – 21, Fe₂O₃ – 4, MgO – 0,5, SO₃ – 0,5; в.п.п. – 7 %.

Задача 29

Вихідні умови: визначити вміст добавки трепелу (SiO₂ – 69 %), необхідного для повного зв'язування Ca(OH)₂, який утворюється при повній гідратації 100 кг портландцементу. Вміст портландцементу, %: клінкер – 90, гіпс – 10. Мінералогічний склад портландцементного клінкеру, %: C₃S – 60, C₂S – 21, C₃A – 6, C₄AF – 10.

Задача 30

Вихідні умови: мінералогічний склад портландцементу, %: C_3S – 56, C_2S – 26, C_3A – 7, C_4AF – 11. Визначити вміст хімічно зв'язаної води в цементному камені, отриманого з цього портландцементу за умови повної гідратації клінкерних мінералів.

Список літератури

1. В'яжучі речовини: підручник / Р.Ф. Рунова, Л.Й. Дворкін, О.Л. Дворкін, Ю.Л. Носовський. – К.: Основа, 2012. – 448 с.
2. Дворкин Л.Й. Строительные минеральные вяжущие материалы: учебное пособие / Л.Й. Дворкин, О.Л. Дворкин. – М.: Инфра-Инженерия, 2011. – 540 с.
3. Ушеров-Маршак А. Шлакопортландцемент и бетон: підручник / А. Ушеров-Маршак, З. Гергичны, Я. Малолепши – Харьков, «Колорит», 2004. – 160 с.
4. Саницький М.А. Модифіковані композиційні цементы: навч. посібник / М.А. Саницький, Х.С. Соболев, Т.Є. Марків – Львів: ЛП, 2010. – 132 с.
5. Зубехин А.П. Белый портландцемент: монографія / А.П.Зубехин, С.П.Голованова, П.В.Кирсанов. – Р.-на-Д.:2004. – 264 с.
6. Кузнецова Т.В. Глиноземистый цемент: монографія / Т.В. Кузнецова, Й. Талабер. – М.: Стройиздат, 1988. – 280 с.
7. Щелочные цементы: монографія / П.В. Кривенко, Р.Ф. Рунова, М.А. Саницкий, И.И. Руденко. – Киев: издательство ООО «Основа», 2015. – 448 с.
8. Солодкий С.Й. Трещиностійкість бетонів на модифікованих цементях: монографія / С.Й. Солодкий. – Львів: ЛП., 2008. – 143 с.
9. Рояк С.М. Специальные цементы: учеб. пособие / С.М. Рояк, Г.С. Рояк. – М., Госстройиздат. 1993. – 411 с.
10. Штарк Й. Цемент и известь: монографія / Й. Штарк, Б. Вихт Пер. с нем. – К.: 2008. – 469 с.
11. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение): справочник / Под общ. Ферронской А.В. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 488.
12. Тейлор Х.Ф.У. Химия цемента: монографія / Х.Ф.У. Тейлор. – М., Наука, 1998. – 600 с.

Навчально-методичне видання

В'ЯЖУЧІ РЕЧОВИНИ

Методичні вказівки
до виконання індивідуальної роботи
для студентів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія»
спеціалізації 192.04 «Технологія будівельних конструкцій, виробів і матеріалів»

Укладачі: **Константиновський** Олександр Петрович
Троян В'ячеслав Васильович
Руденко Ігор Ігоревич

Випусковий редактор
Комп'ютерне верстання

Підписано до друку Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. Обл.-вид. арк.
Електронний документ. Вид.№

Видавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

Віддруковано в редакційно-видавничому відділі

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів видавничої справи
ДК № 808 від 13.02.2002 р