

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичної та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

«ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ОДЕРЖАННЯ
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ»

*(для студентів I курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня
вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2020

Методичні рекомендації до виконання практичної та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Теорія та практика одержання хімічних речовин та матеріалів» (для студентів 1 курсу денної форми навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : Г. К. Воронов, О. В. Саввова, Ю. О. Смирнова, О. І. Фесенко. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 60 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. Г. К. Воронов,
д-р техн. наук, доц. О. В. Саввова,
канд. техн. наук, ст. викл. Ю. О. Смирнова,
канд. техн. наук, асист. О. І. Фесенко

Рецензент

Т. Д. Панайотова, кандидат хімічних наук, доцент кафедри хімії та інтегрованих технологій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою хімії та інтегрованих технологій, протокол № 1 від 28.08.2019.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Склад матеріалів. Способи подання	5
1.1 Поняття про склад матеріальних систем.....	5
1.2 Приведення складу до стовідсоткового	7
1.3 Хімічний склад матеріалів, виражений у масових та молярних одиницях.....	10
1.4 Подання хімічного складу матеріалів на суху і вологу речовину.....	21
1.5 Безугарний склад матеріалів.....	24
2 Розрахунки складу сировинних матеріалів та їх сумішей.....	31
2.1 Розрахунок мінерального складу сировини за її хімічним складом	31
2.2 Розрахунок мінерального складу технологічних сумішей за мінеральним складом сировини	35
2.3 Розрахунок хімічного складу технологічної суміші за її шихтовим складом та хімічним складом сировини	38
2.4 Розрахунок шихтового складу суміші за її мінеральним складом.....	42
2.5 Корегування шихтового складу суміші при заміні сировинних компонентів.....	46
Список рекомендованої літератури.....	52
Додаток А Довідкові дані про хімічний склад сировинних матеріалів.....	53

ВСТУП

Методичні рекомендації розроблені в межах учбового курсу «Теорія та практика одержання хімічних речовин та матеріалів» для закріплення теоретичних знань щодо застосовування сучасних сировинних матеріалів в технологіях тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів.

Мета даних рекомендацій – набуття навичок застосовування знань та розуміння щодо вибору та прогнозування впливу складових компонентів на експлуатаційні властивості керамічних матеріалів та скломатеріалів і оптимізації їх рецептур, а також спроможності оцінювати вплив технологічних факторів на склад і властивості кінцевого продукту та знання основних характеристик керамічних матеріалів та стекл, а також чинники, що впливають на процеси їх формування.

Рекомендації розраховані на студентів, які проходять підготовку за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія.

1 СКЛАД МАТЕРІАЛІВ. СПОСОБИ ПОДАННЯ

1.1. Поняття про склад матеріальних систем

Під складом речовини, технологічної суміші, матеріалу, інакше кажучи, будь-якої системи розуміють сукупність елементів системи (або компонентів системи). Склад системи може бути якісним (у вигляді переліку компонентів, що складають систему) та кількісним (із зазначенням вмісту кожного компонента системи).

Склад різних систем у силікатних технологіях прийнято поділяти на такий:

- хімічний;
- шихтовий (або матеріальний);
- мінеральний;
- фазовий;
- гранулометричний.

Хімічний склад характеризує сукупність хімічних елементів або їх сполук, які містяться у системі, що розглядається. Стосовно до силікатних технологій під системою слід розуміти хімічну речовину, сировинний матеріал, матеріал готового виробу, суміш сировинних матеріалів (так звану технологічну суміш). Технологічна суміш у силікатних виробництвах – це узагальнене поняття, яке включає у себе:

- шихту як умовно суху суміш підготовлених сировинних матеріалів, відважених у відповідності до рецепту;
- керамічний шлікер, пластичну масу та прес-порошок як суміш шихти із різним вмістом технологічної вологи та шлікер для гарячого лиття із термопластичною зв'язкою;
- емалевий чи поливний шлікер як суміш фрити або сировини із добавками та високим вмістом технологічної вологи.

Хімічний склад будь-якої системи може бути виражений в атомних, молярних, масових, об'ємних процентах або частках. У силікатних технологіях частіш за все користуються оксидним складом, вираженим через масові чи

молярні проценти, масові чи мольні частки оксидів, а також через так звану молекулярну формулу. Хімічний склад сировини визначають експериментально методами хімічного аналізу відповідно до діючої нормативно-технічної документації. Хімічний склад технологічної суміші та готового продукту може бути отриманий розрахунковим шляхом.

Шихтовий склад характеризує сукупність компонентів, а саме сировинних матеріалів, які містяться у складі технологічної суміші (шихти). Шихтовий склад виражають у процентах по відношенню до загальної вагової кількості шихти. Традиційно склалося так, що в технології в'язучих речовин шихтовий склад називають просто сировинною сумішшю.

Мінеральний склад характеризує сукупність мінералів, що містяться у складі сировинного матеріалу або технологічної суміші. Мінеральний склад, так само як і шихтовий, виражають у процентах по відношенню до загального вмісту мінералів. Експериментально мінеральний склад сировини, наприклад, глини, визначають комплексним методом, який включає петрографічний, рентгенофазовий та термічний аналізи. Існують також розрахункові методики для визначення мінерального складу сировини та технологічної суміші.

Фазовий склад – це кількісна або якісна характеристика наявності в системі різних за агрегатним станом фаз. Фаза – це гомогенна частина системи, яка має однакові хімічні, фізичні та термодинамічні властивості. Сусідні фази мають поверхню поділу і за необхідності можуть бути відокремлені одна від іншої різними шляхами. Фазовим складом, як правило, характеризують готовий матеріал – продукт силікатної технології. Наприклад, традиційна кераміка – це завжди трифазна система, що складається із газової фази (пор), твердої фази, представленої кристалічними речовинами і склофазою. Але поняття фазового складу може бути застосовано і до різних технологічних сумішей – наприклад, до керамічного прес-порошку, який представляє собою трифазну систему, що включає газову фазу (повітря), тверду фазу (гранули) та рідку (волога).

До характеристик фазового складу можна віднести вид та кількість фаз, їх модифікації, дисперсність, структурні та морфологічні особливості.

Для визначення фазового складу використовують різні методи фазового аналізу (рентгенофазовий та рентгеноструктурний аналізи, оптичну та електронну мікроскопію, інфрачервону спектроскопію та ін.). Виражають фазовий склад у процентах по відношенню до загального вмісту фаз у системі.

Гранулометричний (зерновий, фракційний) склад – виражений у відсотках вміст часточок, зерен чи гранул різних розмірів по відношенню до загальної кількості порошкового матеріалу. Стосовно природної глинистої сировини частіше користуються терміном «гранулометричний склад», стосовно підготовлених до формування порошків – терміном «фракційний склад». Гранулометричний склад порошкового матеріалу визначають експериментально седиментаційним, ситовим та іншими методами.

1.2 Приведення складу до стовідсоткового

Хімічний склад матеріалу, визначений методом хімічного аналізу, розрахований шихтовий склад, мінеральний склад, отриманий за допомогою петрографічного аналізу, у більшості випадків не становить 100 %. Технологічні розрахунки зі складом систем, не приведеним до 100 %, є трудомісткими та можуть призвести до значних похибок і навіть технологічних помилок. Тому завжди при проведенні розрахунків слід користуватися складом, перерахованим на 100 %.

Для перерахування хімічного складу матеріалу на стовідсотковий використовується формула

$$X_i^* = \frac{X_i}{\sum X_i} \cdot 100\%, \quad (1.1)$$

де X_i – вміст компонента у складі, неприведеному до 100 %;

$\sum X_i$ – сумарний вміст компонентів, %;

X_i^* – вміст компонента у складі, приведеному до 100 %.

Приклади розрахунків

Приклад 1. За даними хімічного аналізу склад Глуховецького каоліну становить, мас. %: SiO_2 – 47,4; Al_2O_3 – 38,6; Fe_2O_3 – 0,48; MgO – 0,62; CaO – 1,5; в.п.п. – 7,4. Необхідно привести склад до 100 %.

За формулою (1.1) визначаємо вміст кожного оксиду у складі каоліну, мас. %:

$$X(\text{SiO}_2) = 47,4 \cdot 100 / 96 = 49,38$$

$$X(\text{Al}_2\text{O}_3) = 38,6 \cdot 100 / 96 = 40,21$$

$$X(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,48 \cdot 100 / 96 = 0,50$$

$$X(\text{MgO}) = 0,62 \cdot 100 / 96 = 0,65$$

$$X(\text{CaO}) = 1,5 \cdot 100 / 96 = 1,56$$

$$X(\text{в.п.п.}) = 7,4 \cdot 100 / 96 = 7,7$$

Таким чином, склад Глуховецького каоліну, приведений до 100 %, становить, (мас. %): SiO_2 – 49,38; Al_2O_3 – 40,21; Fe_2O_3 – 0,5; MgO – 0,65; CaO – 1,56; в.п.п. – 7,7.

Приклад 2. Шихта для виготовлення скла, розрахована за його хімічним складом, містить сировинні матеріали у такій кількості: кальцинована сода – 27 кг; доломіт – 17 кг; крейда – 6 кг; пісок – 71 кг; глинозем – 0,15 кг. Необхідно навести рецепт шихти, який виражається у процентах.

Сумарний вміст сировини у шихті становить 121,15 кг.

Далі за формулою (1.1) визначаємо вміст кожного сировинного матеріалу у складі шихти, мас. %:

$$X(\text{сода}) = 27 \cdot 100 / 121,15 = 22,29$$

$$X(\text{доломіту}) = 17 \cdot 100 / 121,15 = 14,03$$

$$X(\text{крейди}) = 6 \cdot 100 / 121,15 = 4,95$$

$$X(\text{піску}) = 71 \cdot 100 / 121,15 = 58,61$$

$$X(\text{глинозему}) = 0,15 \cdot 100 / 121,15 = 0,12$$

Звідси рецепт шихти буде таким: сода – 22,29 %, доломіт – 14,03 %; крейда – 4,95 %; пісок – 58,61 %; глинозем – 0,12 %.

Контрольні завдання

1. Хімічний склад фарфорової маси за даними хімічного аналізу становить, мас. %: SiO_2 – 63,03; Al_2O_3 – 25,27; TiO_2 – 0,05; Fe_2O_3 – 0,8; MgO – 0,25; CaO – 0,91; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 4,01; в.п.п. – 5,02. Приведіть склад маси до стовідсоткового.

2. Хімічний склад фаянсу, отриманий розрахунковим шляхом на підставі його шихтового складу та хімічного складу сировини, становить мас. %: SiO_2 – 63,03; Al_2O_3 – 20,27; TiO_2 – 0,05; Fe_2O_3 – 0,8; MgO – 0,25; CaO – 0,21; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 4,01. Приведіть склад фаянсу до стовідсоткового.

3. Перерахуйте склад піскуватої глини на 100 %, якщо її хімічний склад за даними хімічного аналізу становить, мас. %: SiO_2 – 75,49; Al_2O_3 – 12,74; Fe_2O_3 – 2,93; MgO – 0,49; CaO – 1,57; в.п.п. – 6,77.

4. Наведіть мінеральний склад каоліну, виходячи із такого вмісту мінералів у каоліні (у масових частках): каолініт – 92,85; кварц – 4,46.

5. Наведіть рецепт шихти для виготовлення фритованої поливи, виходячи із таких даних про вміст сировини у складі шихти (кг): пісок – 55,0; сода – 27,0; доломіт – 19,0; крейда – 6,0; глинозем – 0,15.

6. Порівняйте, у якому з наведених нижче сировинних матеріалів міститься більше оксиду заліза. Хімічний склад каоліну за даними хімічного аналізу (мас. %): SiO_2 – 47,4; Al_2O_3 – 38,6; Fe_2O_3 – 0,48; MgO – 0,62; CaO – 1,5; в.п.п. – 7,4. Хімічний склад тугоплавкої глини (мас. %): SiO_2 – 60,52; Al_2O_3 – 23,53; Fe_2O_3 – 3,03; MgO – 0,54; CaO – 1,25; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 2,24; в.п.п. – 9,88.

7. Наведіть фракційний склад прес-порошку, якщо за результатами ситового аналізу 1 кг порошку його часточки за розміром розподіляються таким чином: більше 5 мм – 10 г, від 5 мм до 3 мм – 110 г, від 3 мм до 2 мм – 180 г, від 2 мм до 1 мм – 250 г, менше 1 мм – 450 г.

1.3 Хімічний склад матеріалів, виражений у масових та молярних одиницях

Подання складу у масових та молярних одиницях

У силікатних технологіях хімічний склад чистих речовин, природної сировини, технологічних сумішей і матеріалів виражають у масових або молярних одиницях.

Найбільш поширеним для практики є вираження складу матеріалів у масових відсотках, які представляють собою масову частку компонента (оксиду) у сумарній кількості усіх компонентів, яка приймається за 100 %. Саме у такому вигляді надаються результати хімічного аналізу сировини і матеріалів. Вміст окремих компонентів (оксидів) у матеріалі в масових відсотках визначають за такою формулою:

$$P_i = \frac{p_i}{\sum p_i} \cdot 100 \%, \quad (1.2)$$

де P_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі у мас. %;

p_i – масовий вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі (мас. ч.);

$\sum p_i$ – сумарний вміст усіх компонентів (оксидів) у матеріалі (мас. ч.).

Крім цього, хімічний склад може бути виражений у масових частках, які представляють собою масову частку компонента (оксиду) у сумарній кількості усіх компонентів, яка приймається за 1. Вміст окремих компонентів (оксидів) у матеріалі у масових частках визначають за такою формулою:

$$P_i^* = \frac{p_i}{\sum p_i}, \quad (1.3)$$

де P_i^* – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі у масових частках;

p_i – масовий вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі (мас.ч.);

$\sum p_i$ – сумарний масовий вміст усіх компонентів (оксидів) у матеріалі (мас.ч.).

Очевидно, що масовий відсоток компонента у сто разів більший за його масову частку, і перехід від масових відсотків компонентів до їх масових часток здійснюється шляхом ділення відповідного відсотка на 100.

Склад матеріалів, виражений у молярних одиницях (мольних числах, мольних частках та молярних відсотках), зазвичай використовують у наукових дослідженнях та розробках, наприклад, при розрахунках у фізико-хімічних системах оксидів, при розрахунках властивостей матеріалів тощо. Для коректного порівняльного аналізу хімічного складу матеріалів за будь-яким критерієм вони мають бути приведені до одного виду, тобто виражені якимось одним з наведених способів. Отже, технологам необхідно вміти переходити від хімічного складу матеріалу, вираженого у масових одиницях, до складу, вираженого у молярних одиницях, і навпаки.

Вміст окремих компонентів у матеріалі в мольних числах визначають за формулою

$$n_i = \frac{P_i}{M_i}, \quad (1.4)$$

де n_i – число молів i -го компонента (оксиду);

P_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі у мас. %;

M_i – молярна маса компонента, г/моль.

Сума мольних чисел компонентів у будь-якому складі завжди більша за одиницю.

Вміст окремих компонентів у матеріалі в мольних частках визначають за формулою

$$n_i^* = \frac{n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

де n_i^* – мольна частка i -го компонента (оксиду);

n_i – число молів i -го компонента (оксиду);

$\sum n_i$ – сума чисел молів усіх компонентів (завжди дорівнює 1).

Вміст компонентів у матеріалі у молярних відсотках визначають за формулою:

$$N_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \cdot 100 \%, \quad (1.6)$$

де N_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалів у мол. %;

n_i – число молів i -го компонента;

$\sum n_i$ – сума молів усіх компонентів матеріалу.

Перерахунки хімічного складу матеріалів

Перерахунок складу матеріалу з молярних відсотків на масові відсотки проводиться за формулою

$$P_i = \frac{N_i \cdot M_i}{\sum N_i \cdot M_i} \cdot 100 \%, \quad (1.7)$$

де P_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі, мас. %;

N_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі, мол. %;

M_i – молярна маса i -го компонента (оксиду), г/моль.

Для зворотного перерахунку складу з масових відсотків у молярні можна послідовно скористатися формулами (1.4) і (1.6) або формулою (1.8)

$$N_i = \frac{P_i / M_i}{\sum P_i / M_i} \cdot 100 \%, \quad (1.8)$$

де N_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі, мол. %;

P_i – вміст i -го компонента (оксиду) в матеріалі, мас. %;

M_i – молярна маса i -го компонента (оксиду), г/моль.

Подання хімічного складу матеріалів у вигляді молекулярної формули

Склад силікатних матеріалів зазвичай є багатокомпонентним, що викликає певні труднощі при їх порівняльному аналізі за будь-яким критерієм, особливо коли це стосується великої кількості складів матеріалів.

Для зручності орієнтування у багатокомпонентному складі матеріалів, а отже, і їх властивостях часто застосовується особливий спосіб вираження складу матеріалів через спеціальні формули – так звані молекулярні формули або формули Зегера, названої так на ім'я вченого, що її запропонував. Такий спосіб вираження складу матеріалу застосовують для традиційних керамічних матеріалів, емалей, полив, іноді стекл. Формула Зегера практично не використовується в технології вогнетривів і спеціальної кераміки.

Для виведення молекулярних формул, що відповідають складу силікатних матеріалів, останні можна собі уявити як солі кремнієвої кислоти (силікати), в яких водень замінено металом, наприклад, Na_2SiO_3 або $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2$, $\text{K}_2\text{Si}_4\text{O}_9$ або $\text{K}_2\text{O} \cdot 4\text{SiO}_2$, CaSiO_3 або $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$.

Виходячи з цього, склад матеріалу можна подати у вигляді формули, в якій числа молів кожного основного оксиду одновалентного чи двовалентного металу записуються ліворуч, а числа молів кожного з інших оксидів (R_2O_3 , RO_2) – праворуч. За такою схемою отримується молекулярна формула вигляду $(R_2O, RO) \cdot R_2O_3 \cdot RO_2$.

Молекулярна формула дозволяє встановити співвідношення кислотних оксидів до основних і характеризує ступінь насичення SiO_2 та Al_2O_3 оксидами типу R_2O і RO . Співвідношення кислотних та основних оксидів значною мірою визначає властивості матеріалів, наприклад, ступінь кислотності керамічного матеріалу та його тугоплавкість, плавкість полив та емалей (температури їх розм'якшення і розливу).

У загальному випадку чим більше у хімічному складі матеріалу міститься SiO_2 , тим більш кислототривким виявиться матеріал, чим більше у складі Al_2O_3 та SiO_2 , тим більш тугоплавким буде матеріал. Подання хімічного складу матеріалу через молекулярну формулу є дуже корисним при аналізі та обґрунтуванні вибору складу матеріалів з широкого кола складів.

При складанні формули Зегера спочатку визначають число молів кожного оксиду, що входить до складу матеріалу (формула (1.4)). Суму лужних і лужноземельних оксидів ($RO + R_2O$), які містяться у матеріалі, прирівнюють до одиниці та розраховують числа молів оксидів типу R_2O_3 і RO_2 , що припадають на 1 моль $RO + R_2O$. Отримані значення поділяють на три основні групи за принципом:



Таким чином, хімічний склад повинен відповідати загальній формулі

$$1(RO + R_2O) \cdot m R_2O_3 \cdot n RO_2, \quad (1.9)$$

де R_2O – K_2O , Na_2O , Li_2O та інші оксиди 1 групи таблиці Д. І. Менделєєва;

RO – CaO , MgO , SrO , BaO та ін.; R_2O_3 – Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Cr_2O_3 та ін.;

RO_2 – SiO_2 , ZrO_2 , TiO_2 , P_2O_5 , а також B_2O_3 та сполуки F;

m – сума молів оксидів R_2O_3 ;

n – сума молів оксидів RO_2 .

Розрахунки виконують без урахування втрат при прожарюванні, оскільки вони не беруть участі в утворенні матеріалу в процесі випалу.

Для перерахунку хімічного складу матеріалу з молекулярної формули на масові відсотки (як найбільш поширений спосіб подання хімічного складу матеріалу) необхідно послідовно перейти до масових часток оксидів, перемножуючи число молів компонентів на їх молярні маси, а потім до масових процентів (приклад буде наведено нижче).

Приклади розрахунків

У таблиці 1.1 наведено хімічний склад матеріалу (в даному випадку скловидної поливи), отриманий за даними хімічного аналізу, і молярні маси компонентів, розраховані за молекулярною масою хімічних елементів (див. таблицю Д. І. Менделєєва).

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу

Компоненти	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	PbO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	B ₂ O ₃
Вміст оксидів, мас. частки	55,8	11,7	0,5	17,0	6,0	3,2	3,3	4,5
Молекулярна маса оксидів, г/моль	60,1	102,0	159,7	223,2	56,1	94,2	62,0	69,7

Приклад 1. Перерахунок хімічного складу матеріалу у масові відсотки.

Сума масових часток оксидів у наведеному складі дорівнює 102. Використовуючи формулу (1.2), для кожного оксиду визначимо його вміст у матеріалі, мас. %:

$$P(\text{SiO}_2) = 55,8 \cdot 100 / 102 = 54,71;$$

$$P(\text{Al}_2\text{O}_3) = 11,7 \cdot 100 / 102 = 11,47;$$

$$P(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,5 \cdot 100 / 102 = 0,49;$$

$$P(\text{PbO}) = 17,0 \cdot 100 / 102 = 16,67;$$

$$P(\text{CaO}) = 6,0 \cdot 100 / 102 = 5,88;$$

$$P(\text{K}_2\text{O}) = 3,2 \cdot 100 / 102 = 3,14;$$

$$P(\text{Na}_2\text{O}) = 3,3 \cdot 100 / 102 = 3,24;$$

$$P(\text{B}_2\text{O}_3) = 4,5 \cdot 100 / 102 = 4,4.$$

Приклад 2. Перерахунок хімічного складу матеріалу у масові частки.

Для подання складу поливи у масових частках можна використати формулу (1.3) або ж просто поділити масові відсотки компонентів на 100. Тоді склад поливи у масових частках становитиме: $P^*(\text{SiO}_2) = 0,55$; $P^*(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,11$; $P^*(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,005$; $P^*(\text{PbO}) = 0,17$; $P^*(\text{CaO}) = 0,06$; $P^*(\text{K}_2\text{O}) = 0,03$; $P^*(\text{Na}_2\text{O}) = 0,03$; $P^*(\text{B}_2\text{O}_3) = 0,045$. Сума масових часток усіх компонентів дорівнює 1.

Приклад 3. Перерахунок хімічного складу матеріалу у мольні числа.

Виходячи з хімічного складу матеріалу, вираженого у масових відсотках, з використанням формули (1.4) і даних таблиці 1.1 переходимо до мольних чисел компонентів:

$$n(\text{SiO}_2) = 54,71 / 60,1 = 0,91;$$

$$n(\text{Al}_2\text{O}_3) = 11,47 / 102 = 0,112;$$

$$n(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,49 / 159,7 = 0,003;$$

$$n(\text{PbO}) = 16,67 / 223,2 = 0,075;$$

$$n(\text{CaO}) = 5,88 / 56,1 = 0,105;$$

$$n(\text{K}_2\text{O}) = 3,14 / 94,2 = 0,033;$$

$$n(\text{Na}_2\text{O}) = 3,24 / 62 = 0,052;$$

$$n(\text{B}_2\text{O}_3) = 4,4 / 69,7 = 0,063.$$

Сума мольних чисел оксидів у даному складі становить 1,353.

Приклад 4. Перерахунок хімічного складу матеріалу у мольні частки.

Відповідно до формули (1.5) мольні частки компонентів знаходять таким чином:

$$n^*(\text{SiO}_2) = 0,91 / 1,353 = 0,673;$$

$$n^*(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,112 / 1,353 = 0,083;$$

$$n^*(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,003 / 1,353 = 0,002;$$

$$n^*(\text{PbO}) = 0,075 / 1,353 = 0,055;$$

$$n^*(\text{CaO}) = 0,105 / 1,353 = 0,078;$$

$$n^*(\text{K}_2\text{O}) = 0,033 / 1,353 = 0,024;$$

$$n^*(\text{Na}_2\text{O}) = 0,052 / 1,353 = 0,038;$$

$$n^*(\text{B}_2\text{O}_3) = 0,063 / 1,353 = 0,047.$$

Сума мольних чисел компонентів дорівнює 1.

Приклад 5. Перерахунок хімічного складу матеріалу у молярні відсотки.

Для подання складу поливи у молярних відсотках можна використати формулу (1.6) або ж просто помножити мольні частки компонентів на 100. Тоді склад поливи у молярних відсотках становитиме: $N(\text{SiO}_2) = 67,3$; $N(\text{Al}_2\text{O}_3) = 8,3$; $N(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,2$; $N(\text{PbO}) = 5,5$; $N(\text{CaO}) = 7,8$; $N(\text{K}_2\text{O}) = 2,4$; $N(\text{Na}_2\text{O}) = 3,8$; $N(\text{B}_2\text{O}_3) = 4,7$. Сума молярних відсотків усіх компонентів дорівнює 100.

Приклад 6. Перерахунок хімічного складу матеріалу з молярних відсотків у масові.

Склад матеріалу, виражений у молярних відсотках, наведений у прикладі 5. Відповідно до формули (1.7) для кожного компонента цього складу спочатку знаходимо добуток $N_i \cdot M_i$, а потім суму добутоків $\sum N_i \cdot M_i$

$$\text{SiO}_2 = 67,3 \cdot 60,1 = 4\,044,73;$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 8,3 \cdot 102 = 846,6;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,2 \cdot 159,7 = 31,94;$$

$$\text{PbO} = 5,5 \cdot 223,2 = 1\,227,6;$$

$$\text{CaO} = 7,8 \cdot 56,1 = 437,58;$$

$$\text{K}_2\text{O} = 2,4 \cdot 94,2 = 226,08;$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 3,8 \cdot 62 = 235,6;$$

$$\text{B}_2\text{O}_3 = 4,7 \cdot 69,7 = 327,59;$$

Сума добутків $N_i \cdot M_i$ дорівнює 7 377,72 мас.ч.

Далі за формулою (1.7) визначаємо вміст оксидів (результат округляємо до другого знака після коми), мас. %:

$$P(\text{SiO}_2) = 4044,73 \cdot 100 / 7377,72 = 54,82;$$

$$P(\text{Al}_2\text{O}_3) = 846,6 \cdot 100 / 7377,72 = 11,48;$$

$$P(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 31,94 \cdot 100 / 7377,72 = 0,44;$$

$$P(\text{PbO}) = 1227,6 \cdot 100 / 7377,72 = 16,65;$$

$$P(\text{CaO}) = 437,58 \cdot 100 / 7377,72 = 5,90;$$

$$P(\text{K}_2\text{O}) = 226,08 \cdot 100 / 7377,72 = 3,08;$$

$$P(\text{Na}_2\text{O}) = 235,6 \cdot 100 / 7377,72 = 3,19;$$

$$P(\text{B}_2\text{O}_3) = 327,59 \cdot 100 / 7377,72 = 4,44.$$

Сума масових відсотків компонентів дорівнює 100. Деяка відмінність наведених значень масових відсотків від тих, що представлені у прикладі 1, пояснюється похибкою, яка завжди має місце при арифметичних обчисленнях.

Приклад 7. Перерахунок хімічного складу матеріалу з масових відсотків у молярні.

Склад матеріалу, виражений у масових відсотках, наведений у прикладі 6. Відповідно до формули (1.8) для кожного компонента цього складу спочатку знаходимо частки P_i / M_i (ці частки являють собою мольні числа компонентів), а потім їх суму $\sum P_i / M_i$

$$\text{SiO}_2 = 54,82 / 60,1 = 0,912;$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 11,48 / 102 = 0,113;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,44 / 159,7 = 0,003;$$

$$\text{PbO} = 16,65 / 223,2 = 0,075;$$

$$\text{CaO} = 5,9 / 56,1 = 0,105;$$

$$\text{K}_2\text{O} = 3,08 / 94,2 = 0,033;$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 3,19 / 62 = 0,051;$$

$$\text{B}_2\text{O}_3 = 4,44 / 69,7 = 0,064.$$

Сума знайдених часток $\sum P_i / M_i$ дорівнює 1,356.

Далі за формулою (1.8) визначаємо вміст оксидів (з точністю до другого знака після коми), мол. %

$$N(\text{SiO}_2) = 0,912 \cdot 100 / 1,356 = 67,3;$$

$$N(\text{Al}_2\text{O}_3) = 0,113 \cdot 100 / 1,356 = 8,32;$$

$$N(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,003 \cdot 100 / 1,356 = 0,21;$$

$$N(\text{PbO}) = 0,075 \cdot 100 / 1,356 = 5,53;$$

$$N(\text{CaO}) = 0,105 \cdot 100 / 1,356 = 7,73;$$

$$N(\text{K}_2\text{O}) = 0,033 \cdot 100 / 1,356 = 2,43;$$

$$N(\text{Na}_2\text{O}) = 0,051 \cdot 100 / 1,356 = 3,76;$$

$$N(\text{B}_2\text{O}_3) = 0,064 \cdot 100 / 1,356 = 4,72.$$

Сума молярних відсотків компонентів становить 100.

Приклад 8. Подання хімічного складу матеріалу у вигляді молекулярної формули Зегера.

Для подання складу матеріалу у вигляді формули Зегера скористаємося розрахованими вище мольними числами оксидів (приклад 3): SiO_2 – 0,91; Al_2O_3 – 0,112; Fe_2O_3 – 0,003; PbO – 0,075; CaO – 0,105; K_2O – 0,033; Na_2O – 0,052; B_2O_3 – 0,063. З отриманих мольних чисел виводимо попередню формулу:

$$\left. \begin{array}{l} 0,075 \text{ PbO} \\ 0,105 \text{ CaO} \\ 0,033 \text{ K}_2\text{O} \\ 0,052 \text{ Na}_2\text{O} \end{array} \right\} \left. \begin{array}{l} 0,112 \text{ Al}_2\text{O}_3 \\ 0,003 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \end{array} \right\} \begin{array}{l} 0,91 \text{ SiO}_2 \\ 0,063 \text{ B}_2\text{O}_3 \end{array}$$

Сума мольних чисел оксидів у першій дужці становить $\Sigma = 0,265$.

Тепер число молів кожного оксиду треба поділити на суму мольних чисел (RO+R₂O), яка дорівнює 0,265 (округлення виконати до другого знаку після коми):

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 0,91 / 0,265 = 3,43; \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,112 / 0,265 = 0,42; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 0,003 / 0,265 = 0,01; \\ \text{PbO} &= 0,075 / 0,265 = 0,28; \\ \text{CaO} &= 0,105 / 0,265 = 0,4; \\ \text{K}_2\text{O} &= 0,033 / 0,265 = 0,12; \\ \text{Na}_2\text{O} &= 0,052 / 0,265 = 0,2; \\ \text{B}_2\text{O}_3 &= 0,063 / 0,265 = 0,24. \end{aligned}$$

Отже, склад даного матеріалу за молекулярною формулою Зегера

0,28 PbO	}	0,42 Al ₂ O ₃	}	3,43 SiO ₂	
0,40 CaO				0,01 Fe ₂ O ₃	0,24 B ₂ O ₃
0,12 K ₂ O					
0,20 Na ₂ O					
Σ = 1		Σ = 0,43		Σ = 3,67	

Або запишемо інакше: 1 (RO + R₂O) · 0,43 (Al₂O₃ + Fe₂O₃) · 3,67 (SiO₂ + B₂O₃)

Приклад 9. Перерахунок хімічного складу матеріалу з молекулярної формули у масові відсотки.

Для розв'язання даної задачі необхідно спочатку перейти до масових часток оксидів, що містяться в матеріалі. Для цього треба помножити коефіцієнти при оксидах у формулі Зегера на їх молекулярну масу. Склад у мас. ч.

$$\begin{aligned} \text{SiO}_2 &= 3,43 \cdot 60,1 = 206,14; \\ \text{Al}_2\text{O}_3 &= 0,42 \cdot 102,0 = 42,84; \\ \text{Fe}_2\text{O}_3 &= 0,01 \cdot 159,7 = 1,597; \\ \text{PbO} &= 0,28 \cdot 223,2 = 62,5; \\ \text{CaO} &= 0,4 \cdot 56,1 = 22,44; \\ \text{K}_2\text{O} &= 0,12 \cdot 94,2 = 11,3; \\ \text{Na}_2\text{O} &= 0,2 \cdot 62,0 = 12,4; \\ \text{B}_2\text{O}_3 &= 0,24 \cdot 69,7 = 16,73. \end{aligned}$$

Сума отриманих масових часток становить 375,95. Тепер визначаємо кількість оксидів у складі матеріалу у масових відсотках аналогічно розрахунку, за яким приводять склад матеріалу до 100 %. Склад матеріалу в мас. ч.

$$\text{SiO}_2 = 206,14 \cdot 100 / 375,95 = 54,8$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 42,84 \cdot 100 / 375,95 = 11,4$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,597 \cdot 100 / 375,95 = 0,4$$

$$\text{PbO} = 62,5 \cdot 100 / 375,95 = 16,6$$

$$\text{CaO} = 22,44 \cdot 100 / 375,95 = 6,0$$

$$\text{K}_2\text{O} = 11,3 \cdot 100 / 375,95 = 3,0$$

$$\text{Na}_2\text{O} = 12,4 \cdot 100 / 375,95 = 3,3$$

$$\text{B}_2\text{O}_3 = 16,73 \cdot 100 / 375,95 = 4,5$$

Сума масових відсотків компонентів складає 100 %. Результати можуть відхилитися від початкового складу на 0,1–0,2 мас. % за рахунок похибки обчислень.

Контрольні завдання

1. Наведіть хімічний склад поливи для майолікових виробів у молярних одиницях, виходячи з хімічного складу, наданого у масових відсотках: SiO_2 – 48; Al_2O_3 – 8; CaO – 7; MgO – 5; Na_2O – 15; B_2O_3 – 17,5.

2. Наведіть хімічний склад безлужної поливи у масових частках, виходячи з хімічного складу, наданого у молярних відсотках: SiO_2 – 55; Al_2O_3 – 8; CaO – 5; ZnO – 5; BaO – 10; B_2O_3 – 17.

3. Порівняйте, в якому зі складів стекол, наведених нижче, оксид натрію міститься у більшій кількості:

а) SiO_2 – 72; Al_2O_3 – 2; MgO – 3; CaO – 10; Na_2O – 13 (мас. %);

б) SiO_2 – 71; Al_2O_3 – 1,5; MgO – 3,5; CaO – 10; Na_2O – 14 (мол. %).

4. Наведіть хімічний склад поливи (мас. %) у вигляді молекулярної формули Зегера: SiO_2 – 57, Al_2O_3 – 7, Li_2O – 3,5; B_2O_3 – 7; ZrO_2 – 8,0; CaO – 10,5; ZnO – 7.

5. Виходячи з того, що максимально допустимий вміст Fe_2O_3 для плюмбійового кришталю має становити $\leq 0,014$ мас. %, визначте, чи відповідає цим вимогам такий хімічний склад кришталю (мол. %): $\text{SiO}_2 - 77$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,3$; $\text{CaO} - 1,4$; $\text{ZnO} - 0,9$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,0002$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 1,05$; $\text{K}_2\text{O} - 13,2$; $\text{PbO} - 6$.

6. Переведіть хімічний склад ґрунтової емалі з масових відсотків у мольні числа, мольні частки, молекулярні відсотки, масові частки. Склад емалі (мас. %): $\text{SiO}_2 - 42$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 2,5$; $\text{Na}_2\text{O} - 18$; $\text{K}_2\text{O} - 3$; $\text{CaO} - 4,5$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 26$; $\text{TiO}_2 - 3$; $\text{Co}_2\text{O}_3 - 0,5$; $\text{NiO} - 0,5$.

7. Склад каоліну за даними хімічного аналізу становить (мас. ч.): $\text{SiO}_2 - 48,7$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 38,3$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$; $\text{TiO}_2 - 0,6$; $\text{CaO} - 0,75$; $\text{MgO} - 0,7$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,12$; $\text{K}_2\text{O} - 0,1$, в.п.п. – 10. Наведіть хімічний склад каоліну у масових відсотках.

1.4 Подання хімічного складу матеріалів на суху і вологу речовину

Для технологічних розрахунків необхідно знати хімічний склад матеріалу на суху речовину. Однак у складі матеріалів, визначеному шляхом хімічного аналізу, в більшості випадків є вільна волога, і такий склад характеризує вологу речовину. Для перерахунку хімічного складу матеріалів на суху речовину існують такі шляхи:

1) у випадку, якщо хімічний склад матеріалу, який необхідно перерахувати на суху речовину, приведено до 100 %, використовують формулу

$$P_{i\text{сух}} = \frac{P_{i\text{вол}}}{(100 - W)} \cdot 100 \% \quad (1.10)$$

2) якщо заданий для перерахунку склад матеріалу не приведено до 100 %, слід використовувати формулу

$$P_{i\text{сух}} = \frac{P_{i\text{вол}} \cdot 100^2}{(100 - W) \cdot \sum P_{i\text{вол}}} \cdot 100 \% \quad (1.11)$$

де $P_{i\text{сух}}$ – вміст окремих компонентів (оксидів) матеріалу на суху речовину, мас. %;

$P_{i\text{вол}}$ – вміст компонентів у вологому матеріалі, мас. %;

W – вміст вологи, мас. %;

$\sum P_{i\text{вол}}$ – сумарний вміст компонентів за даними хімічного аналізу, мас. %.

У багатьох технологічних розрахунках необхідно здійснювати перерахунок складу сухого матеріалу на вологу речовину з урахуванням конкретної вологості матеріалу. При цьому можуть мати місце два випадки:

– якщо склад, який необхідно перерахувати на вологу речовину, приведено до 100 %, використовується формула:

$$P_{i\text{вол}} = \frac{P_{i\text{сух}}}{(100 - W)} \cdot 100 \% ; \quad (1.12)$$

– якщо заданий для перерахунку склад сухого матеріалу не приведено до 100 %, а подано даними, отриманими шляхом хімічного аналізу, розрахунок ведеться за формулою:

$$P_{i\text{вол}} = \frac{P_{i\text{сух}} \cdot 100^2}{(100 + W) \cdot \sum P_{i\text{сух}}} \cdot 100 \% . \quad (1.13)$$

Позначення ті ж самі, що й у формулі (1.11).

Приклади розрахунків

Приклад 1. Перерахунок хімічного складу вологого доломіту на суху речовину.

Склад доломіту на вологу речовину становить (мас. %): SiO₂ – 1,0; Fe₂O₃ – 0,05; MgO – 23; CaO – 25,6; в.п.п. – 48,3; H₂O – 8. Перерахувати хімічний склад доломіту на суху речовину.

Виходячи з того, що $\sum P_{i\text{сух}} = 105,95$, подальші розрахунки проводимо за формулою (1.11)

$$P(\text{SiO}_2) = 100^2 \cdot 1 / (100 - 8) \cdot 105,95 = 1,0$$

$$P(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 100^2 \cdot 0,05 / (100 - 8) \cdot 105,95 = 0,05$$

$$P(\text{MgO}) = 100^2 \cdot 23 / (100 - 8) \cdot 105,95 = 23,6$$

$$P(\text{CaO}) = 100^2 \cdot 25,6 / (100 - 8) \cdot 105,95 = 26,2$$

$$P(\text{в.п.п.}) = 100^2 \cdot 48,3 / (100 - 8) \cdot 105,95 = 49,5$$

Таким чином склад доломіту на суху речовину становитиме, мас. %:
 $\text{SiO}_2 - 1,0$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,05$; $\text{MgO} - 23,6$; $\text{CaO} - 26,2$; в.п.п. – 49,5.

Приклад 2. Перерахунок хімічного складу сухого каоліну на вологу речовину.

Склад Полозького каоліну на суху речовину становить (мас. %):
 $\text{SiO}_2 - 43,91$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,48$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 39,16$; $\text{MgO} - 0,61$; $\text{CaO} - 1,59$; в.п.п. – 14,25.
Подати склад каоліну на вологу речовину з урахуванням його вологості 1,5 %.

Виходячи з того, що $\sum P_{i_{\text{вол}}} = 100$ %, подальші розрахунки проводимо за формулою (1.12)

$$P_{\text{вол}}(\text{SiO}_2) = 100 \cdot 43,91 / (100 + 1,5) = 43,26;$$

$$P_{\text{вол}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 100 \cdot 0,48 / (100 + 1,5) = 0,47;$$

$$P_{\text{вол}}(\text{Al}_2\text{O}_3) = 100 \cdot 39,16 / (100 + 1,5) = 38,57;$$

$$P_{\text{вол}}(\text{MgO}) = 100 \cdot 0,61 / (100 + 1,5) = 0,6;$$

$$P_{\text{вол}}(\text{CaO}) = 100 \cdot 1,59 / (100 + 1,5) = 1,57;$$

$$P_{\text{вол}}(\text{в.п.п.}) = 100 \cdot 14,25 / (100 + 1,5) = 14,03.$$

Враховуючи вологість каоліну 1,5 %, його склад на вологу речовину (мас. %) становитиме: $\text{SiO}_2 - 43,26$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,47$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 38,57$; $\text{MgO} - 0,6$; $\text{CaO} - 1,57$; в.п.п. – 14,03, $\text{H}_2\text{O} - 1,5$.

Контрольні завдання

1. За даними хімічного аналізу склад крейди Кременецького родовища Тернопільської області становить (мас. %): $\text{SiO}_2 - 1,19$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,09$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,22$; $\text{MgO} - 0,56$; $\text{CaO} - 54,2$; в.п.п. – 43,53; $\text{H}_2\text{O} - 8,24$. Порівняйте вміст CaO у Кременецькій крейді та у крейді м. Трускавіца (Польща), яка має такий хімічний склад (мас. %): $\text{SiO}_2 - 0,7$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,05$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,17$; $\text{CaO} - 54,5$; в.п.п. – 44,58.

2. Хімічний склад сухої глини становить, мас. %: $\text{SiO}_2 - 69,84$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 20,7$; $\text{TiO}_2 - 0,06$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,07$; $\text{MgO} - 0,36$; $\text{CaO} - 0,97$; в.п.п. – 8. Перерахувати склад глини на вологу речовину з урахуванням її природної вологості 11 %.

3. Заданий хімічний склад глинистої сировини (мас. %): SiO_2 – 42; Fe_2O_3 – 1,5; Al_2O_3 – 38; TiO_2 – 0,06; MgO – 0,5; CaO – 3,5; в.п.п. – 14,44. Визначте, скільки вологої сировини з вологістю 5 % потрібно взяти для того, щоб вона внесла у матеріал 30 % SiO_2 ? Скільки сухої глини буде необхідно для цього?

4. Скільки оксиду кремнію буде міститися у сухому каоліні такого хімічного складу (мас. %): SiO_2 – 47; Fe_2O_3 – 0,5; Al_2O_3 – 38; Na_2O – 1,5; TiO_2 – 0,5; CaO – 0,5; H_2O – 4 %; в.п.п. – 10?

5. Визначте кількість сухого каоліну, яка буде необхідна для введення у матеріал 25 % оксиду алюмінію. Хімічний склад каоліну (мас. %): SiO_2 – 49; Fe_2O_3 – 0,5; Al_2O_3 – 38,5; Na_2O – 3,5; CaO – 0,5; H_2O – 5,5 %; в.п.п. – 9,5.

6. Хімічний склад піску Бабінецького родовища Київської області містить за масою: SiO_2 – 97,81 %; Al_2O_3 – 1,3 %; TiO_2 – 0,05 %; Fe_2O_3 – 0,17 %; CaO – 0,2 %; в.п.п. – 1,5 %; H_2O – 9 %. Зробіть висновок, чи придатний цей пісок для виробництва сортового посуду, враховуючи існуючі норми вмісту забарвлювальних оксидів у кварцових пісках для цього типу скла?

7. В якому з наведених нижче сировинних матеріалів – каоліні чи глині – міститься більше оксиду заліза? Хімічний склад Глуховецького каоліну (мас. %): SiO_2 – 48,7; Fe_2O_3 – 0,5; Al_2O_3 – 36,3; TiO_2 – 0,6; Na_2O – 0,12; K_2O – 0,1; CaO – 0,75; MgO – 0,06; в.п.п. – 10. Хімічний склад піскуватої глини (мас. %): SiO_2 – 75,49; Fe_2O_3 – 0,9; Al_2O_3 – 12,7.

1.5 Безугарний склад матеріалів

У багатьох випадках зручніше здійснювати технологічні розрахунки, використовуючи так званий безугарний склад матеріалів (або склад матеріалів на прожарену речовину), тобто такий склад, у якому містяться тільки основні компоненти і відсутні фізико-механічна та фізико-хімічна волога, хімічно зв'язана вода глинистих мінералів, леткі сполуки, органічні домішки. Фізико-механічна та фізико-хімічна волога видаляються на стадіях природного та штучного сушіння матеріалу (сировини, шихти, напівфабрикатів) приблизно до 200 °С, а при термічній обробці матеріалу ($t \geq 500$ °С) з нього видаляються леткі сполуки, які утворюються при розкладанні карбонатів (CO_2), сульфатів

(SO₃), вигорянні органічних речовин та сірки. Під час високотемпературної обробки матеріалів, що містять глинисті компоненти, з них видаляється також і хімічно зв'язана волога – конституційна вода глинистих мінералів. Усі перелічені компоненти угару кількісно характеризуються таким показником хімічного складу, як втрати при прожарюванні (в.п.п.), що визначаються експериментально при проведенні хімічного аналізу матеріалу.

Безугарний склад матеріалів необхідний при визначенні кількості прожареної сировини у шихті, яка розраховується за хімічним складом готового матеріалу, при розрахунках виходу готового матеріалу після термічної обробки напівфабрикатів і в багатьох інших випадках.

При перерахунку складу матеріалу на прожарену речовину втрати при прожарюванні з нього виключаються. При таких розрахунках можливі два варіанти:

1) якщо заданий для перерахунку хімічний склад приведено до стовідсоткового, слід скористатися формулою

$$P_{i\text{прож}} = \frac{P_{i\text{сух}}}{(100 - \text{в.п.п.})} \cdot 100 \%; \quad (1.14)$$

2) якщо заданий склад не приведено до стовідсоткового, то для розрахунку безугарного складу матеріалу необхідно використовувати формулу

$$P_{i\text{прож}} = \frac{P_{i\text{сух}}}{(P_{i\text{сух}} - \text{в.п.п.})} \cdot 100 \%, \quad (1.15)$$

де $P_{i\text{прож}}$ – вміст i -го компонента в сировинному матеріалі в перерахунку на безугарний склад, мас. %;

$P_{i\text{сух}}$ – вміст i -го компонента у вихідному складі сухого сировинного матеріалу, мас. %;

$\Sigma P_{i\text{сух}}$ – сумарний вміст усіх компонентів у сухому матеріалі з даними хімічного аналізу, мас. %;

в.п.п. – втрати при прожарюванні матеріалу, які характеризують сумарний вміст компонентів угару, що видаляються при високотемпературній термообробці матеріалу, мас. %.

Якщо на прожарену речовину необхідно перерахувати склад вологого матеріалу, то вологу і втрати при прожарюванні, які містяться в матеріалі, можна обчислити разом. Тоді у формулах (1.9) і (1.10) замість значення в.п.п. використовувати суму вологи і втрат при прожарюванні.

Іноді виникає необхідність і у зворотному розрахунку, коли необхідно визначити склад сухого матеріалу, виходячи з його безугарного складу. В такому випадку використовується така формула (за умови, що склад матеріалу приведений до 100 %)

$$P_{i,сух} = \frac{P_{i,прож} \cdot (100 - \text{в.п.п.})}{100} \quad (1.16)$$

При розрахунках виходу готового керамічного матеріалу після термічної обробки напівфабрикатів необхідно мати дані про втрати при прожарюванні керамічної маси. Якщо втрати при прожарюванні керамічної маси невідомі, то їх можна розрахувати, виходячи з її шихтового складу та втрат при прожарюванні сировини, що використовується в масі. Зазвичай при розрахунках виходу матеріалу мають на увазі суху керамічну масу, але, якщо потрібно визначити вихід продукту з вологої технологічної суміші, то тоді необхідно ще враховувати і її вологість.

Приклади розрахунків

Приклад 1. Перерахунок хімічного складу сухого матеріалу на безугарний склад.

Хімічний склад шлаку (на суху речовину) за даними хімічного аналізу становить, мас. %: SiO_2 – 46,86; $(\text{R}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ – 26,2; MgO – 0,59; CaO – 19,4; SO_3 – 1,37; MnO – 3,95, в.п.п. – 0,95. Визначити безугарний склад шлаку.

Оскільки $\Sigma P_{i,сух} = 99,32$, скористаємось для розрахунку формулою (1.14)

$$P(\text{SiO}_2) = 46,86 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 47,63;$$

$$P(\text{R}_2\text{O}_3) = 26,2 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 26,63;$$

$$P(\text{MgO}) = 0,59 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 0,61;$$

$$P(\text{CaO}) = 19,4 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 19,73;$$

$$P(\text{SO}_3) = 1,37 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 1,39;$$

$$P(\text{MnO}) = 3,95 \cdot 100 / (99,32 - 0,95) = 4,01;$$

$$\Sigma P_{i\text{прож}} = 100 \%$$

Приклад 2. Перерахунок безугарного складу матеріалу на суху речовину.

Хімічний склад шамоту, виготовленого з Часів-Ярської глини, такий, мас. %: $\text{SiO}_2 - 57,2$; $\text{TiO}_2 - 1,4$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 35,61$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,2$; $\text{CaO} - 0,6$; $\text{MgO} - 0,62$; $\text{K}_2\text{O} - 2,59$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,78$. Яким буде хімічний склад сухої глини, якщо її втрати при прожарюванні становлять 8,5 %?

Для розрахунків скористаймося формулою (1.15)

$$P_{\text{сух}}(\text{SiO}_2) = 57,2 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 52,34;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{TiO}_2) = 1,4 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 1,28;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{Al}_2\text{O}_3) = 35,61 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 32,58;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,2 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 1,1;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{CaO}) = 0,6 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 0,55;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{MgO}) = 0,62 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 0,57;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{K}_2\text{O}) = 2,59 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 2,37;$$

$$P_{\text{сух}}(\text{Na}_2\text{O}) = 0,78 \cdot (100 - 8,5) / 100 = 0,71.$$

До розрахованої вище кількості оксидів слід додати в.п.п. глини (8,5 %), і тоді хімічний склад сухої глини $\Sigma P_{i\text{сух}}$ дорівнюватиме 100 %.

Приклад 3. Розрахунки виходу готового матеріалу.

1. Визначте, яким буде вихід готового матеріалу із 100 кг сухої маси, якщо її втрати при прожарюванні становлять 9 %?

При розрахунках розмірковуємо так: 9 % від 100 кг становлять 9 кг за масою, а отже, це та кількість компонентів маси, що видалиться при її термічній обробці. Тоді вихід готового продукту становитиме:

100 кг сухої маси – 9 кг втрат при прожарюванні = 91 кг матеріалу.

2. Визначте, яким буде вихід готового матеріалу із 200 кг сухої маси, якщо її шихтовий склад становить: глина – 45 % (в.п.п. – 10 %), каолін – 35 % (в.п.п. – 8 %), шамот – 20 % (в.п.п. – 0 %).

Спочатку визначаємо масу кожного сировинного матеріалу в шихті:

$$\text{глини} \quad 200 \cdot 0,45 = 90 \text{ кг};$$

$$\text{каоліну} \quad 200 \cdot 0,35 = 70 \text{ кг};$$

$$\text{шамоту} \quad 200 \cdot 0,2 = 40 \text{ кг}.$$

Після цього визначаємо втрати при прожарюванні керамічної маси, які складаються із втрат при прожарюванні кожної сировини пропорційно її кількості в шихті. В даному випадку сировина надасть керамічній масі таких втрат при прожарюванні:

$$\text{глини} \quad 90 \cdot 0,1 = 9 \text{ кг};$$

$$\text{каоліну} \quad 70 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ кг};$$

$$\text{разом} \quad 14,6 \text{ кг}.$$

Шамот не надає масі ніякого угару, оскільки не має власних втрат при прожарюванні.

Таким чином, вихід готового матеріалу з 200 кг маси становитиме:

$$200 \text{ кг сухої маси} - 14,6 \text{ кг в.п.п.} = 185,4 \text{ кг матеріалу}.$$

3. Визначте, яким буде вихід готового матеріалу із 200 кг пластичної маси з вологістю 18 %, якщо її шихтовий склад становить: глина – 45 % (в.п.п. – 10 %), каолін – 35 % (в.п.п. – 8 %), шамот – 20 % (в.п.п. – 0 %).

У даному випадку вихід матеріалу буде представляти собою різницю між вагою усієї маси, вологою, що в ній міститься, та втратами при прожарюванні маси. Спочатку визначаємо кількість води у 200 кг пластичної маси з вологістю 18 %:

$$200 \cdot 0,18 = 36 \text{ кг}.$$

Отже, кількість сухої речовини становить:

$$200 - 36 = 164 \text{ кг.}$$

Далі розраховуємо масу кожного сировинного матеріалу в 164 кг сухої частини:

$$\text{глини} \quad 164 \cdot 0,45 = 73,8 \text{ кг;}$$

$$\text{каоліну} \quad 164 \cdot 0,35 = 57,4 \text{ кг;}$$

$$\text{шамоту} \quad 164 \cdot 0,2 = 32,8 \text{ кг.}$$

Після цього визначаємо втрати при прожарюванні керамічної маси, які розраховуються аналогічно тому, що наведено вище (див. приклад 3). У даному випадку сировина надасть керамічній масі таких втрат при прожарюванні:

$$\text{глина} \quad 73,8 \cdot 0,1 = 7,38 \text{ кг}$$

$$\text{каолін} \quad \underline{57,4 \cdot 0,08 = 4,6 \text{ кг}}$$

$$\text{разом } 11,98 \text{ кг.}$$

Шамот, як було зазначено вище, не надає масі ніяких втрат при прожарюванні.

Вихід готового матеріалу з 200 кг пластичної маси з вологістю 18 % розраховується як різниця ваги пластичної маси, її вологи та втрат при прожарюванні. Таким чином вихід готового матеріалу складе:

$$200 - 36 - 11,98 = 152,02 \text{ кг.}$$

Контрольні завдання

1. Скільки оксиду алюмінію міститься в прожареній глині такого хімічного складу (%): $\text{SiO}_2 - 46$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 35$; $\text{Na}_2\text{O} - 1,5$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$; $\text{TiO}_2 - 0,5$; $\text{CaO} - 1,5$; в.п.п. – 7.

2. Скільки шамоту потрібно взяти, щоб за рахунок нього у матеріал увійшло 37 % оксиду кремнію. Хімічний склад глини для шамоту (мас. %): $\text{SiO}_2 - 52$; $\text{TiO}_2 - 1,3$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 33$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1,0$; $\text{CaO} - 0,5$; $\text{MgO} - 0,6$; $\text{K}_2\text{O} - 2,2$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,5$; в.п.п. – 8,7 %.

3. Скільки оксиду кремнію (на прожарену речовину) міститься в каоліні такого хімічного складу (%): SiO_2 – 47; Al_2O_3 – 38; Na_2O – 1,5; Fe_2O_3 – 0,5; TiO_2 – 0,5; CaO – 0,5; H_2O – 5; в.п.п. – 7.

4. Скільки готового керамічного матеріалу (за масою) можна отримати із 365 кг сухої маси (втрати при прожарюванні маси – 5,6 %)?

5. Визначте втрати при прожарюванні керамічної маси, виходячи з її шихтового складу і втрат на угар сировини: глина «Технік-1» – 65 % (в.п.п. – 9,5 %), пегматит – 20 % (в.п.п. – 1,2 %), крейда – 15 % (в.п.п. – 45,5 %).

6. Обчисліть кількість керамічного матеріалу (кг), яку можна отримати з 1000 кг пластичної маси з вологістю 22 %, якщо її шихтовий склад становить: глина зелена – 65 % (в.п.п. – 8 %), глина «ДВК-2» – 15 % (в.п.п. – 5 %), аргіліт – 15 % (в.п.п. – 11 %), бій випалених виробів – 5 % (в.п.п. – 0 %).

7. Скільки хімічно зв'язаної води видалиться при прожарюванні 150 г сухого каоліну, якщо припустити, що він складається тільки з каолініту?

2 РОЗРАХУНКИ СКЛАДУ СИРОВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ТА ЇХ СУМІШЕЙ

2.1 Розрахунок мінерального складу сировини за її хімічним складом

Мінеральний склад сировинних матеріалів – це те ж саме, що і раціональний склад. Розраховуючи раціональний склад сировини за її хімічним складом, виходять з типового хімічного та мінерального складу сировинних матеріалів, які пройшли практичну перевірку при їх використанні. При цьому дотримуються деяких умовних допущень:

– глини та каоліни містять як глинисту речовину тільки каолініт, а іншими їхніми складовими є кварц та польові шпати;

– якщо кількість Na_2O порівняно з K_2O є незначною, то їх вміст сумують і розраховують кількість ортоклазу. І навпаки, якщо кількість Na_2O є значно більшою, ніж K_2O , то за їх сумою розраховують кількість альбіту;

– зважаючи на те, що в технології тонкої кераміки не використовують глинисту речовину зі значним вмістом оксидів заліза, титану, кальцію та магнію, розрахунки мінералів, які містять названі оксиди, не виконують.

Послідовність розрахунків для визначення раціонального складу глинистої сировини є такою:

1) обчислити вміст польових шпатів за кількістю оксидів K_2O , Na_2O у 100 масових частках (мас. ч.) глинистої сировини;

2) розрахувати вміст Al_2O_3 та SiO_2 , які входять до складу знайденої кількості польових шпатів;

3) визначити вміст каолініту за кількістю Al_2O_3 , яка не увійшла до складу польових шпатів;

4) знайти вміст SiO_2 , який входить до складу визначеної кількості каолініту;

5) обчислити вміст вільного SiO_2 у 100 мас. ч. глинистої сировини.

Приклад розрахунку

Розрахунок мінерального складу сировинних матеріалів розглядається на прикладі Артемівської глини, хімічний склад якої наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад глини за даними хімічного аналізу

Сировинний матеріал	Вміст оксидів, мас. %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃ + TiO ₂	MgO	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п.
Глина Артемівська	49,0	36,7	0,6	0,1	0,8	1,0	11,8

Спершу знаходимо вміст польових шпатів (альбіту Na₂O·Al₂O₃·6SiO₂ та ортоклазу K₂O·Al₂O₃·6SiO₂) за кількістю оксидів Na₂O і K₂O. Для цього спочатку необхідно визначити молекулярні маси відповідних оксидів та сполук. Кількість ортоклазу у 100 мас. ч. глини розраховуємо з пропорції:

94 г/моль K₂O міститься у 556 г/моль ортоклазу;

1 мас. ч. K₂O міститься в X мас. ч. ортоклазу.

Отже, $X = (556 \cdot 1) / 94 = 5,9$ мас. ч. ортоклазу.

Кількість альбіту у 100 мас. ч. глини обчислюємо з пропорції:

62 г/моль Na₂O міститься у 524 г/моль альбіту;

0,8 мас. ч. Na₂O міститься в X мас. ч. альбіту.

Звідси $X = (524 \cdot 0,8) / 62 = 6,8$ мас. ч. альбіту.

Далі визначаємо кількість Al₂O₃ та SiO₂, які містяться у знайденій кількості польових шпатів. Відповідно до молекулярної маси ортоклазу (556 г/моль):

102 г/моль Al₂O₃ міститься у 556 г/моль ортоклазу;

X_1 мас. ч. Al₂O₃ міститься у 5,9 мас. ч. ортоклазу.

Таким чином $X_1 = (5,9 \cdot 102) / 556 = 1,1$ мас. ч. Al₂O₃.

360 г/моль SiO₂ міститься у 556 г/моль ортоклазу;

X_2 мас. ч. SiO₂ міститься у 5,9 мас. ч. ортоклазу.

Таким чином $X_2 = (5,9 \cdot 360) / 556 = 3,8$ мас.ч. SiO_2 .

Відповідно до молекулярної маси альбіту (524 г/моль) складаємо пропорції для визначення кількості Al_2O_3 та SiO_2 , які містяться у знайденій раніше кількості альбіту:

102 г/моль Al_2O_3 міститься у 524 г/моль альбіту

X_3 мас. ч. Al_2O_3 міститься у 6,8 мас. ч. альбіту

Звідси $X_3 = (6,8 \cdot 102) / 524 = 1,3$ мас. ч. Al_2O_3 .

360 г/моль SiO_2 міститься у 524 г/моль альбіту

X_4 мас. ч. SiO_2 міститься у 6,8 мас. ч. альбіту

Отже $X_4 = (6,8 \cdot 360) / 524 = 4,7$ мас. ч. SiO_2 .

Далі обчислюємо сумарну кількість SiO_2 та Al_2O_3 , які входять до складу польових шпатів:

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = X_1 + X_3 = 1,1 + 1,3 = 2,4 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{SiO}_2 = X_2 + X_4 = 3,8 + 4,7 = 8,5 \text{ мас. ч.}$$

Звідси можна зробити висновок, що Al_2O_3 входить до складу каолініту у такій кількості:

$$36,7 - 2,4 = 34,3 \text{ мас. ч. } \text{Al}_2\text{O}_3.$$

Розраховуємо вміст каолініту $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у 100 мас.ч. глини за кількістю Al_2O_3 . Виходячи з молекулярної маси каолініту (258 г/моль), складаємо пропорцію:

102 г/моль Al_2O_3 міститься у 258 г/моль каолініту;

34,3 мас. ч. Al_2O_3 міститься у X г/моль каолініту.

Знаходимо: $X = (34,3 \cdot 258) / 102 = 86,7$ мас. ч. каолініту

Визначаємо вміст SiO_2 , зв'язаного в цій кількості каолініту, за пропорцією:

120 г/моль SiO_2 міститься у 258 г/моль каолініту;
 X мас. ч. SiO_2 міститься у 86,7 мас. ч. каолініту.

Звідси $X = (120 \cdot 86,7) / 258 = 40,3$ мас. ч. SiO_2 .

Нарешті, знаходимо вміст вільного кварцу у 100 мас.ч. глини, віднімаючи від кількості SiO_2 у сухій глині кількість SiO_2 , яка входить до складу польових шпатів та каолініту:

$49,0 - 8,5 - 40,3 = 0,2$ мас. ч. вільного кварцу.

Мінеральний склад глини (у масових частках) є таким:

ортоклаз – 5,9;

альбіт – 6,8;

каолініт – 86,7;

кварц – 0,2;

$\Sigma = 99,6$ мас. ч.

Після перерахування на 100 % отримуємо шихтовий склад маси, мас. %:

ортоклаз – 5,95;

альбіт – 6,9;

каолініт – 87,05;

кварц – 0,2;

$\Sigma = 100$ мас. %.

Контрольні завдання

1. Розрахунковим шляхом визначте мінеральний склад глини такого хімічного складу (мас. %): $\text{SiO}_2 - 49$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 36,7$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,9$; $\text{MgO} - 0,6$; $\text{K}_2\text{O} - 1$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,06$; в.п.п. – 11,74.

2. Розрахунковим шляхом визначте мінеральний склад кварцових відходів процесу збагачення каоліну. Хімічний склад кварцових відходів (мас. %): $\text{SiO}_2 - 74,95$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 23,5$; $\text{Na}_2\text{O} - 0,25$; $\text{K}_2\text{O} - 0,4$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$; $\text{TiO}_2 - 0,3$; $\text{CaO} - 0,1$.

3. Визначте мінеральний склад каоліну такого хімічного складу (мас. %): $\text{SiO}_2 - 47$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 38$; $\text{Na}_2\text{O} - 1,5$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$; $\text{TiO}_2 - 0,5$; $\text{CaO} - 0,5$; в.п.п. – 12.

4. Розрахунковим шляхом знайдіть мінеральний склад пегматиту такого хімічного складу, (мас. %): $\text{SiO}_2 - 74$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 15$; $\text{Na}_2\text{O} - 3,5$; $\text{K}_2\text{O} - 6$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 0,5$; в.п.п. – 1,0.

5. Розрахунковим шляхом визначте мінеральний склад глини Веселовського родовища (хімічний склад глини див. табл. А1 додатка 1).

6. Розрахунковим шляхом знайдіть мінеральний склад глини Дружковського родовища (хімічний склад глини див табл. А1 додатка 1).

7. Розрахунковим шляхом визначте мінеральний склад граніту такого хімічного складу (мас. %): $\text{SiO}_2 - 76$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 13$; $\text{Na}_2\text{O} - 2,5$; $\text{K}_2\text{O} - 5,2$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,5$; в.п.п. – 1,0.

2.2 Розрахунок мінерального складу технологічних сумішей за мінеральним складом сировини

Для розрахунку мінерального складу технологічної суміші необхідно спочатку розрахувати мінеральний склад всіх сировинних матеріалів, з якої складається суміш. Далі визначається кількість компонентів мінерального складу суміші як сумарна кількість цих компонентів, які містяться у кожному з сировинних матеріалів, що входять до складу суміші. Взагалі мінеральний склад технологічної суміші може бути виражений такою формулою:

$$P_n = \frac{\sum Pn_i \cdot X_i}{100}, \quad (2.1)$$

де P_n – вміст n -го мінералу у складі суміші, мас. %;

Pn_i – вміст n -го мінералу у складі i -го сировинного матеріалу, мас. %;

X_i – вміст i -го сировинного матеріалу у шихтовому складі суміші, мас. %.

Приклад розрахунку

Шихтовий склад керамічної маси, мас. %: глина Артемівська – 15,0; каолін Присянівський – 20,0; пегматит Груховецький – 30,0; пісок Авдіївський – 35,0. Необхідно визначити її мінеральний склад.

За методикою, наведеною в підрозділі 3.1, здійснюємо розрахунок мінерального складу кожного з компонентів технологічної суміші. Результати розрахунків наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Мінеральний склад сировинних матеріалів

Сировинний матеріал	Вміст мінералів у складі сировини, %			
	альбіт	ортоклаз	каолініт	кварц
Глина Артемівська	6,93	7,02	84,02	2,03
Каолін Присянівський	0,76	1,18	92,79	5,27
Пегматит Груховецький	26,04	39,16	5,75	29,15
Пісок Авдіївський	2,46	0,69	0,67	96,18

Надалі з використанням цих даних за формулою (2.1) визначаємо мінеральний склад керамічної маси з урахуванням вмісту кожного компонента (глини, каоліну, пегматиту та піску) та їх мінерального складу. Розрахунки зручно проводити в табличному вигляді (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунків та кінцевий мінеральний склад керамічної маси

Сировинний матеріал	Вміст матеріалу в шихті	Вміст мінералів у складі сировини, %				Вміст мінералів у складі керамічної маси, %			
		альбіт	ортоклаз	каолініт	кварц	альбіт	ортоклаз	каолініт	кварц
Глина Артемівська	15,0	6,93	7,02	84,02	2,03	1,04	1,05	12,60	0,30
Каолін Присянівський	20,0	0,76	1,18	92,79	5,27	0,15	0,24	18,56	1,05
Пегматит Груховецький	30,0	26,04	39,16	5,75	29,15	7,81	11,75	1,72	8,74
Пісок Авдіївський	35,0	2,46	0,69	0,67	96,18	0,86	0,24	0,23	33,66
Усього	–	–	–	–	–	9,86	13,28	33,11	43,75

Розрахунок виконано правильно, якщо сумарний вміст мінералів у складі технологічної суміші дорівнює 100 %.

Контрольні завдання

1. Розрахувати шихтовий склад керамічної маси за її мінеральним складом і мінеральним складом сировини. Мінеральний склад маси: каолініт – 50 мас. ч., польові шпати – 17 мас. ч., кварц – 34 мас. ч. Хімічний склад сировини дивись у таблицях А.1 – А4 додатка А.

2. Визначити мінеральний склад керамічної маси за складом шихти та мінеральним складом сировинних матеріалів, якщо до складу технологічної суміші входять (мас. %): каолін – 22; глина – 18; пегматит – 25; кварцовий пісок – 35. Хімічний склад сировини дивись у таблицях А1 – А4 додатка А.

3. Розрахувати мінеральний склад технологічної суміші за її шихтовим складом та мінеральним складом сировини. Хімічний склад сировинних матеріалів подано в таблиці 2.4. Варіанти завдань наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Сировинні матеріали	Вміст, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п
Глина Веселовська	56,1	29,83	–	1,05	1,0	0,5	0,49	2,22	8,79
Глина Дружківська	50,1	34,3	1,05	0,7	0,56	0,6	2,68	0,5	7,37
Глина Часів-Ярська	58,3	17,1	0,7	0,41	0,1	0,15	0,72		3,6
Каолін Просянівський	46,0	37,3	0,45	0,3	0,5	0,2	0,25	0,1	12,7
Каолін Глуховецький	45,6	39,0	0,4	0,5	0,25	0,1	0,95	0,25	12,95
Каолін Положський	45,7	37,1	0,83	0,62	–	–	0,08	0,2	11,75
Польовий шпат Єлисеївський	61,5	16,1	–	0,06	0,12	0,02	8,65		0,08
Пегматит Чупінський	73,8	15,01	–	0,35	0,7	0,45	9,17		0,34
Польовий шпат Криворізький	73,4	13,0	–	0,08	1,97	0,1	5,55	4,0	1,9
Пегматит Криворізький	99,4	0,1	–	0,005	–	–	–		0,13
Пісок Авдіївський	98,3	0,7	0,43	–	0,51	–	–		0,08
Пісок Нововодолазький	98,5	0,1	0,1	–	0,26	0,23	–		0,2

Таблиця 2.5 – Варіанти завдань (шихтовий склад керамічної маси)

Сировинні матеріали	Варіант завдання							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Глина Веселовська	21,0	–	–	27,4	–	–	–	31,2
Глина Дружківська	–	31,2	–	–	25,26	–	21,0	–
Глина Часів-Ярська	–	–	31,0	–	–	27,81	–	–
Каолін Просянівський	29,5	–	–	25,6	–	–	–	28,1
Каолін Глуховецький	–	28,1	–	–	–	31,28	–	–
Каолін Положський	–	–	26,5	–	32,32	–	29,5	
Польовий шпат Єлисеївський	–	–	20,0	–	22,22	–	–	20,8
Пегматит Чупінський	26,3	–	–	24,6	–	19,26	–	–
Пегматит Криворізький	–	20,8	–	–	–	–	26,3	–
Пісок Авдіївський	23,2	–	–	22,4	–	19,26	–	–
Пісок Нововодолазький	–	19,4	22,5	–	20,20	–	23,2	23,2

2.3 Розрахунок хімічного складу технологічної суміші за її шихтовим складом та хімічним складом сировини

При розрахунках хімічного складу технологічної суміші за її шихтовим складом та хімічним складом сировини необхідно визначити кількість кожного з оксидів, які вносяться з сировинними матеріалами, з урахуванням складу шихти, тобто вмісту в ній кожного виду сировини.

Сумарний вміст кожного з оксидів у складі суміші визначають за формулою:

$$P_n = \frac{\sum P_{n_i} \cdot X_i}{100}, \quad (2.2)$$

де P_n – вміст n -го оксиду у складі суміші, мас. %;

P_{n_i} – вміст n -го оксиду у складі i -го сировинного матеріалу, мас. %;

X_i – вміст i -го сировинного матеріалу у шихтовому складі суміші, мас. %.

Іноді виникає необхідність розрахувати хімічний склад готових виробів. Розрахунковий хімічний склад готового виробу потрібен для того, щоб при проектуванні шихтового складу якого-небудь силікатного матеріалу переконатися, що його хімічний склад відповідає складу еталонного матеріалу. Це означатиме, що властивості готового продукту також не відхилятимуться від властивостей вибраного матеріалу за умови збереження відповідних

особливостей технологічного процесу. Хімічний склад готового матеріалу є нічим іншим як хімічним складом керамічної маси, поданим на прожарену речовину. При цьому початковими даними для розрахунку є шихтовий склад маси і хімічний склад сировинних матеріалів.

Приклади розрахунку

Приклад 1. Розрахувати хімічний склад керамічної маси за її шихтовим складом, мас. %: глина Часів-Ярська – 25,26; каолін Глуховецький – 32,32; кварцовий пісок Авдіївський – 20,20; польовий шпат Криворізький – 22,22. Хімічний склад сировини наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Сировинний матеріал	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	в.п.п
Глина Часів-Ярська	54,5	32,2	0,7	1,7	0,6	0,5	0,7	2,6	6,5
Каолін Глуховецький	45,6	39,0	0,4	0,5	0,25	0,1	0,95	0,25	12,95
Польовий шпат Криворізький	73,4	13,0	–	0,08	1,97	0,1	5,55	4,0	1,9
Пісок Авдіївський	98,5	0,5	0,1	0,13	0,26	0,23	–	–	0,28

Користуючись формулою (2.2), визначаємо вміст оксидів SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, TiO₂, CaO, MgO, K₂O, Na₂O та компонентів, що обумовлюють втрати при прожарюванні (в мас. %).

$$P(\text{SiO}_2) = 54,5 \cdot 0,2526 + 45,6 \cdot 0,3232 + 98,5 \cdot 0,2020 + 73,4 \cdot 0,2222 = 64,71;$$

$$P(\text{Al}_2\text{O}_3) = 32,2 \cdot 0,2526 + 39,0 \cdot 0,3232 + 0,5 \cdot 0,2020 + 13,0 \cdot 0,2222 = 23,73;$$

$$P(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 1,7 \cdot 0,2526 + 0,5 \cdot 0,3232 + 0,13 \cdot 0,2020 + 0,08 \cdot 0,2222 = 0,64;$$

$$P(\text{TiO}_2) = 0,7 \cdot 0,2526 + 0,4 \cdot 0,3232 + 0,1 \cdot 0,2020 = 0,33;$$

$$P(\text{CaO}) = 0,6 \cdot 0,2526 + 0,25 \cdot 0,3232 + 0,26 \cdot 0,2020 + 1,97 \cdot 0,2222 = 0,73;$$

$$P(\text{MgO}) = 0,5 \cdot 0,2526 + 0,1 \cdot 0,3232 + 0,23 \cdot 0,2020 + 0,1 \cdot 0,2222 = 0,23;$$

$$P(K_2O) = 2,6 \cdot 0,2526 + 0,25 \cdot 0,3232 + 4,0 \cdot 0,2222 = 1,62;$$

$$P(Na_2O) = 0,7 \cdot 0,2526 + 0,95 \cdot 0,3232 + 5,55 \cdot 0,2222 = 1,71;$$

$$P(\text{в.п.п.}) = 6,5 \cdot 0,2526 + 12,95 \cdot 0,3232 + 0,28 \cdot 0,2020 + 1,9 \cdot 0,2222 = 6,30.$$

Перевірка правильності розрахунку здійснюється шляхом визначення суми оксидів у складі маси, яка має дорівнювати 100 %.

Приклад 2. Заданий шихтовий склад маси є таким: глина Донська – 27,1 %, глина Дружківська – 37 %, польовий шпат Вишневогірський – 13,2 %, пісок кварцовий – 17,3 %, бій випалених виробів – 5,4 %.

Хімічний склад сировинних матеріалів наведений у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Хімічний склад сировини

Сировинний матеріал	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	в.п.п.
Глина Донська	57	27	2,2	1,1	0,4	0,4	0,6	0,2	11,1
Глина Дружківська	50,7	32	1,4	–	1,4		–	сліди	14,5
Польовий шпат Єлисеївський	67	19	0,4	–	–	0,3	2,9	9,6	0,8
Кварцовий пісок	98,3	–	0,1	0,13	–	–	–	–	1,47

Суть розрахунку полягає в тому, щоб визначити кількість оксидів, що вносяться кожним сировинним матеріалом у масу пропорційно до їх вмісту в шихті. При розрахунку бій виробів з шихти виключають і перераховують шихту на 100 %. Здійснивши ці розрахунки, одержуємо:

- глина Донська – 28,6 %;
- глина Дружківська – 39,1 %;
- польовий шпат – 14,0 %;
- пісок кварцовий – 18,3 %.

Далі окремо за кожним сировинним матеріалом розраховуємо кількість оксидів, які увійдуть до маси пропорційно вмісту сировинних компонентів у шихті. При цьому слід також враховувати втрати при прожарюванні.

Так, наприклад, кількість SiO_2 , яка увійде до маси з 28,6 мас. ч. глини Донської, визначаємо за такою пропорцією:

$$\begin{aligned} &\text{в } 100 \text{ мас. ч. глини міститься } 57 \text{ мас. ч. } \text{SiO}_2; \\ &28,6 \text{ мас. ч. глини міститиме } X \text{ мас. ч. } \text{SiO}_2. \end{aligned}$$

Звідси кількість SiO_2 , яка вноситься Донською глиною $X = 16,3$ мас. ч. Аналогічно розраховується решта оксидів, що містяться у складі сировинних компонентів. У нашому прикладі результати розрахунків оформлені в табличному вигляді (табл. 2.8).

Передостанній і останній рядки таблиці характеризують відповідно: хімічний склад керамічної маси і хімічний склад готового матеріалу.

Таблиця 2.8 – Результати розрахунків хімічного складу маси та готових виробів

Сировинні матеріали	Вміст в шихті, мас. %	Вміст оксидів, мас. %								
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	в.п.п.
Глина Донська	28,6	16,3	7,7	0,63	0,31	0,11	0,11	0,17	0,06	3,17
Глина Дружківська	39,1	19,8	12,5	0,55	–	0,55	–	–	–	5,67
Польовий шпат Єлисеївський	14,0	9,38	2,66	0,06	–	–	0,04	0,41	1,34	0,11
Пісок кварцовий	18,3	18	–	0,02	0,02	–	–	–	–	0,27
Усього на непрожарену речовину		63,48	22,86	1,26	0,33	0,66	0,15	0,58	1,4	9,23
Усього на прожарену речовину		69,95	25,19	1,39	0,37	0,73	0,18	0,65	1,54	–

Контрольні завдання

1. Розрахувати хімічний склад маси за її шихтовим складом (мас. %): пісок – 20, польовий шпат – 25, каолін – 30, глина – 25. Хімічний склад сировини див. у таблицях А1–А4.

2. Розрахувати хімічний склад керамічної маси за її шихтовим складом: глина – 30 мас. ч., каолін – 35 мас. ч., польовий шпат – 15 мас. ч., пісок – 15, бій виробів – 5 мас. ч. (Додаткові дані дивись у таблицях додатка А).

3. Визначити хімічний склад шихти такого складу (мас. %): глина – 25; каолін – 20; пегматит – 35; кварцовий пісок – 20 (Дані про хімічний склад компонентів шихти обрати за таблицями А1 – А3 додатка А).

4. Розрахувати хімічний склад фарфорових виробів, що отримують при використанні сировинної суміші такого складу (мас. %): глина – 26; каолін вторинний – 25; польовий шпат – 23; доломіт – 1,5; глинозем – 3. (Дані про хімічний склад компонентів шихти обрати за таблицями А1 – А3 додатка А).

5. Як зміниться хімічний склад керамічних виробів з прикладу 2 при заміні каоліну вторинного на лужний каолін.

6. Розрахунковим шляхом визначте хімічний склад глинистої сировини, якщо відомий її мінеральний склад (%): каолініт – 79,1; ортоклаз – 2,6; альбіт – 0,9; кварц – 17,4.

7. Визначити хімічний склад поливи, якщо до складу шихти входять такі компоненти (мас. %): бура – 17,67; сода кальцинована – 1,76; поташ – 2,9; крейда – 35,19; тальк – 8,83; каолін – 4,45; кварцовий пісок – 29,20.

2.4 Розрахунок шихтового складу суміші за її мінеральним складом

Початковими даними для розрахунку є мінеральний склад маси і хімічний (або якщо є мінеральний) склад сировинних матеріалів, які планується використовувати. Методику розрахунку розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад розрахунку

Задано мінеральний склад керамічної маси (мас.%): каолініт – 53; польові шпати – 16; кварц – 31. Хімічний склад сировинних матеріалів наведено в табл. 2.9.

Спочатку за хімічним складом сировинних матеріалів з використанням методики, наведеної в підрозділі 3.1. розраховують їх мінеральний склад.

При цьому слід мати на увазі, що оскільки в заданому мінеральному складі маси польові шпати не розділяються, а подаються разом, то можна не розраховувати їх окремо в сировині.

Таблиця 2.9 – Хімічний склад сировини

Назва сировини	Вміст оксидів, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	в.п.п.
Глина Ново-Райська	57	27	2,2	1,1	0,4	0,4	0,6	0,2	11,1
Каолін Полозький	55	32	0,5	0,8	–	0,13	0,2	0,08	11,29
Польовий шпат Єлисеївський	67	19	0,4	–	–	0,3	2,9	9,6	0,8
Кварцовий пісок Нововодолазький	98,3	–	0,1	0,13	–	–	–	–	1,47

В даному прикладі альбіт і ортоклаз розраховувалися окремо, а потім підсумовувалися. Результати проведених розрахунків зведено до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Мінеральний склад сировинних матеріалів

Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %		
	каолініт	польові шпати	вільний кварц
Глина Ново-Райська	65,89	5,26	22,83
Каолін Полозький	80,15	1,87	16,41
Польовий шпат Єлисеївський	–	98,61	–
Кварцовий пісок Нововодолазький	–	–	98,3

Надалі задаючись вмістом якого-небудь з глинистих компонентів у шихті (глини або каоліну), розраховують кількість мінералів, які увійдуть до маси із заданою кількістю глинистої сировини. В даному прикладі кількість глини в шихті приймається рівною 30 мас. %.

Кількість мінералів, які увійдуть із 30 мас. % глини в масу, розраховується з урахуванням даних про мінеральний склад сировинних компонентів суміші, виходячи з таких міркувань. Наприклад, для каолініту:

у 100 мас. ч. глини міститься 65,89 мас. ч. каолініту;

із 30 мас. ч. глини буде введено X мас. ч. каолініту.

Звідси визначаємо, що з глиною до маси увійде $X = 19,77$ мас. ч. каолініту.

Аналогічні розрахунки проводимо для польових шпатів

$$\frac{5,26 \cdot 30}{100} = 1,58 \text{ мас. ч.}$$

та вільного кварцу

$$\frac{22,83 \cdot 30}{100} = 6,85 \text{ мас. ч.}$$

На наступному етапі розраховують вміст каоліну в шихті, враховуючи кількість каолініту, що залишився в масі після введення в шихту глини:

$$53,0 - 19,77 = 33,23 \text{ \%}.$$

Також слід розрахувати кількість мінералів, які увійдуть до маси з визначеною кількістю каоліну:

100 мас. ч. каоліну містить 80,15 мас. ч. каолініту

X мас. ч. каоліну слід узяти для введення в масу 33,23 мас. ч. каолініту

Звідси виходить, що в шихті повинно бути $X = 41,45$ мас. ч. каоліну.

Тепер визначимо кількість інших мінералів, які увійдуть до складу мас з такою кількістю каоліну. Із 33,23 мас. ч. каоліну до складу маси увійдуть польові шпати

$$\frac{1,87 \cdot 41,45}{100} = 0,77 \text{ мас. ч.}$$

та вільний кварц

$$\frac{16,41 \cdot 41,45}{100} = 6,8 \text{ мас. ч.}$$

На наступному етапі для визначення вмісту польовошпатової сировини в шихті розраховують її вміст у складі маси з урахуванням тієї кількості, яка надійшла до шихти разом із каоліном та глиною:

$$16,0 - 1,58 - 0,77 = 13,65 \text{ \%}.$$

Надалі розраховують вміст у шихті польовошпатової сировини (за польовими шпатами, що залишилися в масі після введення в неї глини і каоліну).

Оскільки в 100 мас. ч. польовошпатової сировини міститься 98,61 мас. ч. польових шпатів, необхідно X мас. ч. для введення в масу 13,65 мас. ч. польових шпатів. Звідси в шихті повинно бути 13,84 мас. ч. польовошпатової сировини. За умовами наближеного розрахунку польовошпатової сировини, крім польових шпатів, не містить ніяких мінералів, а, отже, з нею в масу не вводиться ніяких інших компонентів.

Для визначення вмісту кварцового піску розраховують спочатку вміст кварцу у складі маси з урахуванням тієї її кількості, яка надійшла до шихти разом із каоліном, глиною та польовошпатовою сировиною:

$$31,0 - 6,85 - 6,8 = 17,35 \%$$

Після цього обчислюємо вміст піску в шихті, кількість якого забезпечить введення визначеної кількості кварцу. Складаємо пропорцію:

з 100 мас. ч. піску вводиться 98,3 мас. ч. вільного кварцу;
 X мас. ч. піску вводиться в масу 17,35 мас. ч. вільного кварцу.

Звідси в шихту має бути введено $X = 17,65$ мас. ч. піску.

Таким чином, шихтовий склад маси складає:

- глина – 30 мас. ч.;
- каолін – 41,45 мас. ч.;
- польовий шпат – 13,84 мас. ч.;
- пісок кварцовий – 17,65 мас. ч.

Зазвичай до складу шихти додають ще 5–6 % бою випалених виробів. Припускаючи, що до шихти введено 6 % бою виробів, визначаємо сумарну кількість шихти, яка становитиме 108,94 мас. ч.

Після перерахування шихтового складу на стовідсотковий отримуємо такий шихтовий склад маси:

- глина Ново-Райська – 27,6 %;
- каолін Полозький – 38 %;
- польовий шпат Єлисеївський – 12,7 %;
- пісок Нововодолазький – 16,2 %;
- бій випалених виробів – 5,5 %.

Контрольні завдання

1. Розрахувати шихтовий склад маси твердого фарфору такого мінерального складу (%): глиниста речовина (каолінит) – 50; кварц – 25; польовий шпат – 25. Сировинні матеріали обрати самостійно, виходячи з вимог до сировини в технології електротехнічного фарфору (див. табл. А1– А4 додатка А).

2. Розрахувати шихтовий склад керамічної маси, якщо її мінеральний склад має бути таким: каолінит – 40 %; кварц – 25 %, польовий шпат – 35 %. Як глинисту сировину використати глину Полозьку (ПЛГ–1) і Глуховецький каолін сухого збагачення (див. табл. А1– А4 додатка А).

3. Розрахувати шихтовий склад маси напівфарфору такого мінерального складу (%): глиниста речовина (каолінит) –35; кварц –45; польовий шпат – 25. Як флюсуєчу кварц-польовошпатову сировину використати граніти Русавського родовища (див. табл. А1– А4 додатка А).

4. Розрахувати шихтовий склад маси санітарного фарфору такого мінерального складу (%): глиниста речовина (каолінит) – 40 ; кварц – 35; польовий шпат – 25. Як кварц-польовошпатову складову маси використати Лозуватський пегматит (див. табл. А1– А4 додатка А).

5. Розрахувати шихтовий склад маси для отримання польовошпатового фаянсу, якщо її мінеральний склад має бути таким: глиниста речовина (каолінит)– 35 %; кварц – 35 %; польовий шпат –30 %. Обрати глину Дружківську та каолін Полозький ПЛК-В як глинисті матеріали.

2.5 Корегування шихтового складу суміші при заміні сировинних компонентів

Корегування шихти проводиться у випадку, якщо є необхідність змінити набір сировинних матеріалів через припинення поставок якого-небудь з них або негативного впливу якої-небудь сировини на технологічні властивості суміші, напівфабрикатів чи готових продуктів. У будь-якому випадку таке корегування повинно проводитися за умови постійності мінерального складу маси.

Початковими даними для розрахунку є мінеральний та шихтовий склад маси, а також хімічний (або мінеральний) склад сировини, за рахунок якої планується проводити заміну. Методику розрахунку розглянемо на конкретному прикладі.

Приклад розрахунку

Шихтовий склад маси є таким: глина Ново-Райська – 27,6 %; каолін Полозький – 38 %; польовий шпат Єлисеївський – 12,7 %; пісок Нововодолазький – 16,2 %; бій випалених виробів – 5,5 %. Відомий мінеральний склад даної маси (мас. %): каолініт – 53; польові шпати – 16; вільний кварц – 31. Необхідно замінити каолін у шихті на глину Курдюмівську такого хімічного складу (мас. %): SiO_2 – 50,7; Al_2O_3 – 32; Fe_2O_3 – 1,4; CaO – 1,4; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – сліди; в.п.п. – 14,5.

Спочатку розраховують мінеральний склад нової глини за її хімічним складом, використовуючи методику, наведену в підрозділі 3.1.

Оскільки вміст оксидів Na_2O і K_2O у складі глини дуже незначний, логічно припустити, що глина не містить польових шпатів. Звідси можна зробити висновок, що весь входить до складу каолініту.

Розраховуємо вміст каолініту $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ у 100 мас. ч. глини за кількістю Al_2O_3 . Виходячи з молекулярної маси каолініту (258 г/моль), складаємо пропорцію:

$$\begin{aligned} 102 \text{ г/моль } \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ міститься у } 258 \text{ г/моль каолініту;} \\ 32,04 \text{ мас. ч. } \text{Al}_2\text{O}_3 \text{ міститься у } X \text{ мас. ч. каолініту.} \end{aligned}$$

$$\text{Знаходимо } X = (32,04 \cdot 258) / 102 = 81,03 \text{ мас. ч. каолініту.}$$

Визначаємо вміст SiO_2 , зв'язаного в цій кількості каолініту, за пропорцією:

$$\begin{aligned} 120 \text{ г/моль } \text{SiO}_2 \text{ міститься у } 258 \text{ г/моль каолініту;} \\ X \text{ мас. ч. } \text{SiO}_2 \text{ міститься у } 81,03 \text{ мас. ч. каолініту.} \end{aligned}$$

$$\text{Звідси } X = (120 \cdot 81,03) / 258 = 37,69 \text{ мас. ч. } \text{SiO}_2.$$

Знаходимо вміст вільного кварцу у 100 мас. ч. глини, віднімаючи від кількості SiO_2 у сухій глині кількість SiO_2 , яка входить до складу каолініту:

$$50,63 - 37,69 = 12,94 \text{ мас. ч. вільного кварцу}$$

Таким чином, розрахунок показав, що в 100 мас. ч. Курдюмівської глини міститься 81,03 мас. ч. каолініту і 12,94 мас. ч. вільного кварцу. Далі слід визначити кількість цієї глини, яку необхідно ввести у шихту замість Полозького каоліну. Оскільки основним мінералом Полозького каоліну є каолініт, необхідну кількість Курдюмівської глини слід розраховувати за каолінітом.

Виходячи з шихтового складу маси, визначаємо кількість каолініту, що вводиться у масу разом із 38 мас. ч. Полозького каоліну:

у 100 мас. ч. каоліну міститься 80,15 мас. ч. каолініту;
із 38 мас. ч. каоліну у масу буде введено X мас. ч. каолініту.

Тобто з каоліном вводилося в масу 30,46 мас. ч. каолініту.

Далі визначаємо кількість Курдюмівської глини, яка потрібна для введення в масу 30,46 мас. ч. каолініту:

із 100 мас. ч. нової глини вводиться 81,03 мас. ч. каолініту
 X мас. ч. нової глини вводиться до маси 30,46 мас. ч. каолініту

Тоді до складу шихти треба ввести $X = 37,59$ мас. ч. нової глини.

Оскільки із Курдюмівською глиною окрім каолініту, в масу вводиться також вільний кварц, необхідно визначити його кількість:

у 100 мас. ч. глини міститься 12,94 мас. ч. вільного кварцу
37,59 мас. ч. глини вводиться у масу X мас. ч. вільного кварцу

Вирішивши цю пропорцію, знайдемо, що із Курдюмівською глиною до маси увійде $X = 4,86$ мас. ч. вільного кварцу.

Оскільки каолін є полімінеральною сировиною, і його видалення з шихти спричинить виведення вільного кварцу і польових шпатів, для збереження

балансу цих мінералів у масі необхідно визначити їх кількість. Для цього складаємо пропорцію:

у 100 мас. ч. каоліну міститься 16,41 мас. ч. вільного кварцу
38 мас. ч. каоліну вводять у масу X мас. ч. вільного кварцу

У результаті вирішення пропорції визначаємо, що з Полозьким каоліном у масу вводилося $X = 6,24$ мас. ч. вільного кварцу.

Аналогічним чином визначаємо кількість польових шпатів, які вносяться до складу маси каоліном:

у 100 мас. ч. каоліну 1,87 мас. ч. польових шпатів;
38 мас. ч. каоліну вводять у масу X мас. ч. польових шпатів.

Розрахунок показує, що з Полозьким каоліном до маси надійде $X = 0,7$ мас. ч. польових шпатів.

Оскільки з каоліном до маси було введено 6,24 мас. ч. вільного кварцу, а з Курдюмівською глиною вводиться лише 4,86 мас. ч. вільного кварцу, зрозуміло, що цієї кількості недостатньо для того, щоб вміст цього мінералу в масі залишився постійним. Тому недостатню кількість вільного кварцу визначаємо таким чином:

$$6,24 - 4,86 = 1,38 \text{ мас. ч.},$$

треба ввести в масу з піском, як основною кварцвмісною сировиною. Для цього необхідно розрахувати кількість Нововодолазького піску, яка забезпечить введення до маси 1,38 мас. ч. вільного кварцу. Складаємо пропорцію:

у 100 мас. ч. піску міститься 98,3 мас. ч. вільного кварцу;
 X мас. ч. піску вводять у масу 1,38 мас. ч. вільного кварцу.

Виходячи з цього, необхідно до шихти додати ще 1,4 мас. ч. піску.

Оскільки при виведенні з маси каоліну буде вилучено 0,7 мас. ч. польових шпатів, а Курдюмівська глина взагалі їх не містить, нестачу кількості польових шпатів слід ввести у масу з польовошпатовою сировиною.

Розрахуємо кількість Єлисеївської польовошпатової сировини, яка необхідна для введення у масу 0,7 мас. ч. польових шпатів, розмірковуючи таким чином:

у 100 мас. ч. польовошпатової сировини
міститься 98,61 мас. ч. польових шпатів
 X мас. ч. польовошпатової сировини
введуть у масу 0,7 мас. ч. польових шпатів

Після вирішення пропорції отримаємо, що додатково до складу шихти слід ввести $X = 0,71$ мас. ч. Єлисеївського польового шпату.

Таким чином, шихтовий склад маси після заміни сировини буде таким:

- глина Ново-Райська – 27,6 мас. ч.;
- глина Курдюмівська – 37,59 мас. ч.;
- польовий шпат Єлисеївський – 12,7 мас. ч. + 0,71 мас. ч.;
- пісок Нововодолазький – 16,2 мас. ч. + 1,4 мас. ч.;
- бій випалених виробів – 5,5 мас. ч.;
- разом: 101,69 мас. ч.

Після приведення розрахованого шихтового складу до 100 % отримаємо такий (відкоригований) шихтовий склад маси:

- глина Ново-Райська – 27,1 мас. ч.;
- глина Курдюмівська – 37 мас. ч.;
- польовий шпат Єлисеївський – 13,2 мас. ч.;
- пісок Нововодолазький – 17,3 мас. ч.;
- бій випалених виробів – 5,4 мас. ч.

Контрольні завдання

1. Розрахувати мінеральний склад технологічної суміші за заданим шихтовим складом (табл. 2.4) та визначити новий шихтовий склад при заміні глинистої сировини. Хімічний склад сировинних матеріалів наведено в таблицях А1– А4 додатка А.

2. Розрахувати мінеральний склад технологічної суміші за заданим шихтовим складом (табл. 2.4) та визначити новий шихтовий склад при заміні кварц-польовошпатової сировини. Хімічний склад сировинних матеріалів наведений в таблицях А1– А4 додатка А.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Матвеев М. А. Расчеты по химии и технологии стекла / М. А. Матвеев, Г. М. Матвеев, Б. Н. Френкель. – М. : Стройиздат, 1972. – 240 с.
2. Дудеров Ю.Г. Расчеты в технологии керамики : справ. пособ. / Ю. Г. Дудеров, И. Г. Дудеров. – М. : Стройиздат, 1973. – 80 с.
3. Масленникова Г. Н. Основы расчета составов масс и глазурей в электрокерамике : справ. пособ. / Г. Н. Масленникова, Ф. Я. Харитонов. – М. : Энергия, 1978. – 144 с.
4. Технология эмали и защитных покрытий : учеб. пособ. / Л. Л. Брагина, А. П. Зубехин, Я. И. Белый и др.; под ред. Л. Л. Брагиной, А. П. Зубехина. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2003. – 484 с.
5. Химическая технология керамики : учеб. пособ. / И. Я. Гузман, В. В. Балкевич, А. В. Беляков и др. – М. : ООО РИФ «Стройматериалы», 2003. – 496 с.
6. Масленникова Г. Н. Основы расчета составов масс и глазурей в электрокерамике : справ. пособ. / Г. Н. Масленникова, Ф. Я. Харитонов. – М. : Энергия, 1978.– 144 с.
7. Масленникова Г. Н. Сырьевые материалы и расчет масс высоковольтного фарфора : справ. пособ. / Г. Н. Масленникова, А. Ф. Бученкова. – М. : Информэлектро, 1970.– 70 с.
8. Крупа А.А. Химическая технология керамических материалов: учеб. пособ. / А. А. Крупа, В. С. Городов – К. : Вища школа, 1990. – 399 с.
9. Августиник А. И. Керамика : учеб.пособ. / А. И. Августиник – М. : Стройиздат, 1975. – 592 с.

Таблиця А1 – Хімічний склад глинистої сировини

№	Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %										Вогнетривкість
		в.л.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Глини України												
1	Часів - Ярська глина Донецької обл.	9,39	51,66	32,06	0,81	0,85	0,61	2,44	1,57	1580 – 1730		
2	Веселовська глина (ТОВ «Глини Донбасу»)	5,2	69,9	19,10	2,69	0,52	0,50	2,48-	0,41-	1580 – 1710		
3	Дружківська глина Донецької обл.	11,41	57-61	29,95	2,1	0,8	0,43	2,5	0,9	1580 – 1730		
4	Андрійська глина Донецької обл (ТОВ «Веско»):											
	«Екстра»	11,00	60,00	34,00	1,50	0,50	0,60	2,10	0,55	1710		
	«Прима»	10,00	60,00	30,00	2,55	0,50	0,60	2,10	0,55	1710		
	«Гранітлік»	8,50	65,00	28,00	2,50	0,50	0,60	2,10	0,50	1690		
	«Керамік»	7,20	70,00	23,00	2,60	0,50	0,40	2,00	0,40	1630		
5	Новорайська глина Донецької обл.											
	ДН-0	9,87	51,36	32,72	1,69	0,76	0,75	1,06	1,00	1580 – 1730		
6	Полозька глина Запорізької обл.											
	ПЛГ-1	12,96	49,30	34,46	2,23	0,15	0,19	0,33	0,30	1610 – 1730		
	ПЛГ-2	11,71	54,68	29,21	1,93	1,03	0,60	0,31	0,18	1730		
7	П'ятихатська глина Дніпропетровської обл.											
	ПГ-1	10,69	55,50	28,90	1,20	0,60	1,30	0,60	0,70	1580 – 1750		
	ПГ-2	12,22	56,20	28,40	1,00	0,90	1,00	0,40	0,30	1750		

Продовження табл. А1

№	Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %										Вогне- тривкість
		в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Глини країн СНД												
8	Латненська глина ЛТ-1 (РФ, Воронежська обл.)	12,44– 9,73	48,10– 49,90	35,08– 34,40	2,81–2,18	0,49– 1,24	0,16– 0,09	0,23– 0,05	0,21– 0,82	1750– 1670		
9	Печорська глина (РФ, Псковська обл.)	4,50– 7,00	51,50– 56,10	17,0– 26,00	3,30–4,83	0,32	1,49	4,40	0,26	1350– 1470		
10	Трошківська глина (РФ, Іркутська обл.)	4,00– 4,50	48,00– 48,50	37,0– 34,0	0,45–0,66	1,10– 1,30	2,50– 3,00	2,00– 2,20	0,60– 0,70	1640– 1740		
11	Лукошинська глина (РФ, Липецька обл.)	6,00– 8,00	60,00– 64,00	19,00	4,22–5,80	0,3– 2,10	–	0,5– 1,80	0,1– 0,20	1430– 1570		
12	Чумаківська глина (РФ, Ростовська обл.)	4,58– 7,59	34,32– 68,51	18,45– 24,30	1,96–8,95	0,52– 4,07	0,79– 2,17	1,86– 4,02	0,18– 1,98	1420– 1580		
13	Тулунська глина (РФ, Іркутська обл.)	6,28– 5,73	50,79– 64,10	21,40– 28,30	2,30–5,35	0,40– 1,70	0,20– 1,08	0,40– 1,60	0,10– 0,30	1470– 1700		
14	Федорівська глина, (РФ, Ростовська обл.)	8,20– 8,80	51,0– 58,80	31,0– 32,00	1,10–2,70	0,2– 1,02	0,50– 0,90	1,80– 3,10	0,37– 1,03	1500– 1700		
15	Берлінська глина (РФ, Челябінська обл.)	9,00– 2,00	49,00– 55,35	26,44– 33,03	2,48–7,08	0,10– 0,69	0,24– 1,00	0,93– 1,39	0,25– 0,30	1580– 1710		
16	Кумакська глина (РФ, Челябінська обл.)	8,47– 9,17	55,61– 62,19	21,89– 30,56	1,42–6,73	0,50– 1,00	0,54– 0,69	0,31– 0,36	0,02– 0,69	1580– 1740		
17	Нижньоувельська глина (РФ, Челябінська обл.)	7,60– 9,50	54,00– 77,00	18,00– 41,00	1,16–5,00	0,20– 0,30	0,60– 0,80	–	–	1610– 1730		
18	Глина родовища «Городок» (Білорусь)	4,00– 2,28	53,93– 72,16	17,00– 13,00	4,27–6,41	0,90– 1,90	0,35– 0,96	–	–	1380– 1550		
19	Гомельська глина (Білорусь)	3,42– 5,80	75,79– 78,20	8,09– 10,30	3,98–4,52	2,51– 2,75	1,00– 1,27	2,05– 2,27	–	1390– 1580		
20	Цілиноградська глина (Казахстан, Астанавська обл.)	7,70–9,4	54,60– 60,00	25,60– 29,10	2,70–3,00	0,60– 0,80	1,40– 1,60	0,80– 1,80	0,10– 0,20	1520– 1700		

Продовження табл. А1

№	Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %										Сума
		в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Каоліни України												
1	Глуховецький каолін (Вінницька обл.): каолін первинний каолін мокрого збагачення (МЗ) каолін сухого збагачення (СЗ) каолін (КС-1) каолін флотажного збагачення (КФ-3)	8,70	66,70	22,34	1,50	0,60	0,74	–	–	100,5		
		12,81	47,28	37,69	0,38	0,84	0,36	0,27	–	99,63		
		12,83	47,13	37,54	0,41	0,62	0,42	0,34	–	99,31		
		13,50	45,40	38,20	0,90	1,21	–	0,50	0,20	100,73		
		13,0	47,00	36,00	1,40	0,20	0,12	1,00	0,06	98,56		
2	Присянівський каолін (Дніпропетровська обл.): каолін первинний (П) каолін мокрого збагачення (МЗ) каолін гранульований (КФН-2) каолін грудковий (КФН-3)	4,26	76,14	18,05	0,77	0,53	0,61	–	–	10,36		
		13,0	46,11	38,28	0,50	0,92	0,47	0,49	–	99,77		
		13,6	44,64	38,38	1,22	1,18	0,20	0,43	–	100,07		
		13,5	48,0	36,00	1,4	0,90	–	–	–	99,8		
		13,39	46,48- 58,0	37,16	0,70	0,42	0,35	0,53	0,01	100,49		
4	Полозький каолін (Запорізька обл.), вторинний ПЛК-В ПЛК-0	12,84	48,20	35,80	1,54	0,72	0,28	0,33	0,10	100,17		
		12,00	51,66	32,53	2,15	0,98	0,16	0,42	0,08	100,10		
5	Великогадомський (Вінницька обл.) первинний збагачений	8,85	63,8	26,1	1,36	0,05	0,08	0,22	0,03	100,49		
		13,10	47,10	37,7	0,90	0,02	0,07	0,36	0,03	99,28		
6	Жезелевський (Вінницька обл.) збагачений	12,9	45,1	36,20	0,65	0,06	0,04	0,09	0,03	95,07		
		13,2	47,30	35,30	0,92	1,29	0,03	0,10	0,02	98,16		
8	Паланківський (Вінницька обл.) вторинний	14,24	45,27	38,26	0,51	0,30	–	0,20	–	98,78		
		5,00	64,20	21,70	0,98	0,09	–	7,10	0,30	99,36		
10	Лужний каолін Майдан-Вільський (Хмельницька обл.)	4,56	59,02	27,27	1,66	0,33	0,25	2,58	0,13	95,80		
		5,54– 5,95	72,96– 74,61	16,53– 20,37	0,92– 1,77	0,35– 0,46	0,11– 0,25	4,08– 5,95	0,70– 0,98	–		
12	Лужний каолін Єкатеринівський (Донецька обл.)	2,96– 3,00	72,82– 73,70	15,76– 16,38	0,44– 0,74	0,66– 0,91	0,46– 0,48	5,21– 5,27	0,40– 0,79	–		

Продовження табл. А1

№	Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %										Сума
		в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Каоліни країн СНД												
13	Кишимський каолін (РФ) первинний збагачений	10,47	58,62	29,26	1,28	0,21	0,1	0,29	0,09			100,23
		13,71	46,02	38,52	0,99	0,26	–	–	–			99,50
14	Владимирський каолін (РФ) вторинний	12,51	42,27	36,7	0,61	0,30	0,33	0,39	0,38			93,49
15	Сленінський каолін (РФ) збагачений	13,23	47,24	36,81	1,32	0,25	5,10	0,31	0,10			104,36
16	Олексівський (Казахстан) збагачений	12,20	48,02	38,00	1,70	0,60	0,45	1,50	0,11			102,58
Каоліни країн далекого зарубіжжя												
17	Мейсенський каолін (Німеччина) первинний збагачений	4,40	79,92	13,96	0,32	0,42	0,08	1,25	–			100,35
		12,51	46,16	38,68	0,21	0,42	Слди	1,36	0,14			99,48
18	Кемлицький каолін (Німеччина) первинний збагачений	6,15	76,24	16,28	1,38	0,12	0,12	–	–			100,29
		10,52	58,30	29,31	0,48	слди	0,11	1,26	–			99,98
19	Корнуельський каолін (Великобританія) збагачений	12,12	48,86	38,10	0,30	0,46	0,48	0,30	1,18			101,80
20	Каолін Цетлицький (Чехія) збагачений	12,16	49,67	36,47	0,97	0,36	–	0,51	0,08			100,22
21	Каолін штата Джорджія (США) збагачений	13,60	45,12	36,64	1,4	0,41	0,25	0,59	–			98,01
22	Каолін Маг-Та (Китай)	2,10	54,55	30,27	0,90	0,87	0,09	3,82	–			92,60
23	Каолін Кінг-Те-Чін (Китай)	1,96	73,55	18,98	–	1,58	0,08	2,09	0,46			98,70

Таблиця А2 – Хімічний склад польових шпатів

п/п	Назва сировини	Польові шпати та пегматити України										кварц
		в.п.п	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
1	Пегматит Єлисейський (Запорізька обл.)	0,68–0,41	79,87–74,28	13,08–15,49	1,0–0,38	2,22–0,47	0,41–0,14	3,57–4,53	4,31–4,30			30,52
2	Петалітова руда Полохівська (Кіровоградська обл.)	Li ₂ O 1,25	74,8	15,1	0,16	0,37	0,09	2,80	3,55			36,14
3	Пегматит Тахтаєвський (Полтавська обл.) збагачений незбагачений	0,5–1,0 0,5	71,34–76,80 71,3	15,46–13,77 15,46	0,25–0,37 1,63	0,6–0,07 0,6	0,7–1,72 2,22	2,82 3,3	4,67 4,68			27,87–35,32 26,57
4	Польовий шпат флотатійний ППШФ	0,21	69,59	18,22	0,12	0,4	0,19	4,34	6,93			11,28
5	Польовий шпат Токарівський (Житомирська обл.)	0,54–0,84	76,24–75,10	14,40–14,60	0,53–0,23	0,56–0,46	0,15	3,83–6,07	3,31–2,88			31,28–36,71
6	Пегматит «Гірський» (Держинський р-н, Житомирська обл.)	1,12	74,73–73,70	13,9–16,20	0,42–0,80	0,62–0,56	0,18–0,56	6,82–5,40	2,92–1,41			29,66–35,40
7	Пегматит Полонський (Хмельницька обл.)	0,35	70,4	15,8	0,3	0,26	0,27	10,5	2,2			16,0
8	Пегматит «Балка великого табору» (Запорізька обл.)	1,17	71,43–75,70	14,85–14,47	0,86–0,34	0,83–0,82	0,60–0,12	7,14–3,94	2,59–4,92			25,70–29,57
9	Пегматит Волновахсько-Бердянський (Запорізька обл.)	0,42–0,52	64,30–68,40	19,91–22,40	1,3–0,5	0,18–0,76	0,55	7,60	13,30			8,70–9,87
10	Пегматит Маріупольський (Запорізька обл.)	0,12–0,24	65,40–67,60	18,10–19,40	0,05–0,15	0,15–0,33	–	10,80–7,4	3,18–5,82			3,35–4,22
11	Пегматит Новополтавський (Запорізька обл.)	0,77–1,74	69,59–70,72	18,92–15,49	1,57–1,96	1,75–1,94	0,58–0,43	3,72–4,16	4,43–3,50			11,28–28,67
12	Пегматит Грузливецький (Хмельницька обл.)	0,64	71,96	16,88	0,40	0,36	–	5,58	4,17			21,71
13	Пегматит Лозуватський (Кіровоградська обл.) кусковий збагачений ППШМ збагачений КПШМ	0,38 0,29 0,31	74,89 66,25 76,71	13,85 18,35 12,66	0,49 0,15 0,16	0,74 0,55 0,57	0,24 0,21 0,19	5,70 9,32 5,06	3,33 3,40 3,03			31,27 7,7 37,17

Продовження табл. А2

№ пп	Назва сировини	Вміст оксидів, мас. %										Вільний кварц
		в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O			
Польові шпати та пегматити країн СНД												
14	Нефеліновий концентрат апатиту (Росія)	0,95– 1,47	44,70– 44,40	30,73– 27,95	3,31–3,04	1,13– 1,81	0,49– 0,30	6,34– 12,68	10,0– 8,0			–
15	Чупінський польовий шпат (Росія)	0,28– 0,38	64,7– 67,2	18,5– 14,2	0,10–0,11	0,67– 0,19	0,15– сліди	13,00– 12,95	2,6			0– 7,37
16	Пегматит «Чалм-Озеро» (Росія)	0,19	71,6	16,3	0,17	0,74	0,21	7,38	3,31			20,77
17	Пегматит Кондопозький (Росія)	0,25– 3,39	73,08– 72,72	15,23– 15,46	1,17–0,42	0,68– 1,53	0,10– 0,14	6,20– 5,33	3,0– 3,53			27,26– 27,72
18	Лянгарський польовий шпат (Узбекистан)		74,38	15,08	0,16	0,31	сліди	4,55	3,55			31,28
19	Білогірський польовий шпат (Казахстан) кусковий калієвий молотий натрієвий	0,45 0,37	67,60 68,8	17,62 20,0	0,17 0,15	0,38 0,3	0,19 –	15,0 2,5	3,20 8,2			0– 7,15
20	Талдикурганський польовий шпат (Казахстан)	0,21	67,27	18,42	0,19	0,45	0,21	10,18	3,11			7,57
Польові шпати та пегматити країн далекого зарубіжжя												
21	Фінський польовий шпат	0,28– 0,17	68,7– 73,0	20,05– 15,71	0,16–0,10	0,81– 0,46	0,1– 0,09	4,37– 0,48	5,53– 3,42			12,55– 17,8
22	Турецький польовий шпат	0,33– 0,25	70,32– 68,6	18,7– 19,6	0,48–0,39	0,64– 0,76	0,18– 0,14	0,29– 0,27	9,0– 10,0			7,4– 15,0
23	Норвезький польовий шпат	0,18	64,23	19,47	0,02	0,85	–	11,48	3,77			–

Таблиця А3 – Хімічний склад мінеральної сировини

№	Назва сировини	Вміст оксидів, мас. %							Сума	
		в.п.п.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃ +TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O		Na ₂ O
Сировинні матеріали України										
1	Граніт Кременчуцький (Полтавська обл.)	0,75	71,58	14,48	2,35	1,42	0,73	4,92	3,20	99,43
2	Граніт Коростенський (Житомирська обл.)	0,68	73,2	12,6	3,64	0,91	0,49	5,21	2,91	99,64
3	Граніт Грузливецький (Хмельницька обл.)	0,81	73,97	16,08	0,49	0,45	–	4,42	3,77	99,99
4	Граніт Лезніківський (Житомирська обл.)	0,57	76,25	11,62	2,27	0,87	0,20	4,36	3,20	100,0
5	Граніт Новоукраїнський (Кіровоградська обл.)	0,49	70,37	14,18	3,81	0,74	0,74	5,53	3,10	100,3
6	Граніт Шевченківський (Запорізька обл.) кусковий гранітний відсів	0,80–	71,90–	15,39–	1,36–	1,70–	0,50–	3,50–	4,36–	99,57–
		0,41	71,16	14,99	2,33	1,80	0,72	3,70	5,00	100,0
7	Граніт Русавський (Вінницька обл.)	0,77	71,82	11,68	1,77	0,96	0,59	3,78	3,10	99,68
		0,44	75,76	15,54	0,61	1,21	0,25	5,12	3,30	102,23
8	Граніт Митрофанівський (Кіровоградська обл.)	0,51	76,05	12,28	1,81	1,01	0,22	4,34	3,08	99,7
9	Граніт Вищолчедаєвський (Вінницька обл.)	0,45	73,50	14,66	1,75	1,52	0,31	7,21	2,35	101,75
10	Граніт Дніпровський (Кіровоградська обл.)	0,43	72,95	14,43	1,53	1,26	0,50	4,19	4,0	99,5
11	Граніт Соколовський (Житомирська обл.)	0,63	69,00	15,00	4,80	1,70	1,40	4,20	2,90	99,63
12	Граніт Тахтаєвський (Полтавська обл.)	0,50	71,34	15,46	0,25	0,6	0,7	9,02	–	97,87
13	Граніт Кальчинський (Донецька обл.) відсів	1,01	59,30	17,30	7,00	3,00	1,20	5,10	3,60	97,51
14	Граніт Каранський (Донецька обл.)	0,89	71,70	15,70	2,38	2,9	–	9,4	–	102,97
15	Лужний сініт Старокримський (Донецька обл.)	0,72	68,80	15,10	3,04	1,07	0,88	4,30	3,00	96,91
16	Лужний сініт Октябрський (Донецька обл.)	3,01	64,40	15,04	6,84	2,79	0,89	2,80	3,60	99,37
17	Мігматит Грузливецький (Хмельницька обл.)	1,36	66,40	17,20	4,52	1,61	1,23	2,75	3,55	98,62
18	Перліт Береговський (Закарпатська обл.)	5,32–	72,48–	13,44–	2,1–1,0	0,99–	0,30–	3,38–	1,95–	–
		6,01	64,1	11,20	–	1,50	0,50	4,40	1,75	–
19	Волластоніт синтезований	–	57,13	–	0,77	39,03	0,53	9,6	–	107,06
20	Датолітовий концентрат (Росія)	8–10	40–45	1,5–2,0	3,0–4,0	34–	0,23	–	B ₂ O ₃ –	–
									15–	16
21	Данбуритовий концентрат (Росія) ручне збагачення промислове збагачення	1,8	49,9	2,6	1,8	22,3	–	–	B ₂ O ₃ –	100
		6,9	39,0	1,7	2,4	30,0	–	–	21,6	20,0

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичної та самостійної роботи
з навчальної дисципліни

**«ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА ОДЕРЖАННЯ
ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ТА МАТЕРІАЛІВ»**

*(для студентів для студентів 1 курсу денної форми навчання
другого (магістерського) рівня вищої освіти
за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія)*

Укладачі: **ВОРОНОВ** Геннадій Костянтинович,
САВВОВА Оксана Вікторівна,
ФЕСЕНКО Олексій Ігорович,
СМИРНОВА Юлія Олегівна

Відповідальний за випуск *І. С. Зайцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Г. К. Воронов*

План 2020, поз. 87 М.

Підп. до друку 17.07.2020. Формат 60 × 84/16.

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 2,4.

Тираж 50 пр. Зам. № .

Видавець і виготовлювач :

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса : rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи :

ДК № 5328 від 11.04.2017.