

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

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання практичних та самостійних робіт
із навчальної дисципліни

**«ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОЇ
ТА ТЕХНІЧНОЇ КЕРАМІКИ»**

*(для студентів 1 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 практичних робіт із навчальної дисципліни «Хімічна технологія архітектурно-будівельної та технічної кераміки» (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. : О. В. Саввова, Г. К. Воронов, О. І. Фесенко, Ю. О. Смирнова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 58 с.

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

Рецензент

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

Рекомендовано кафедрою хімії та інтегрованих технологій, протокол № 6 від 19.12.2019.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Розрахунки шихти.....	5
1.1 Розрахунки шихти керамічних матеріалів.....	5
Задачі для розрахунку.....	9
1.2 Розрахунки шихти глазурей.....	10
Задачі для розрахунку.....	16
1.3 Розрахунок шихтового складу суміші за її мінеральним складом.....	16
Задачі для розрахунку.....	20
1.4 Корегування шихтового складу суміші при заміні сировинних компонентів.....	21
Задачі для розрахунку.....	25
2 Розрахунки кількості прес-порошку та шлікеру для отримання пластичної маси із заданою вологістю.....	26
2.1 Особливості формування виробів з технологічних сумішей, отриманих різними способами.....	26
2.2 Розрахунок кількості прес-порошку та шлікеру для отримання пластичної маси заданої вологості.....	28
Задачі для розрахунку.....	32
2.3 Розрахунок кількості сировинних матеріалів, води та подрібнюючих тіл при виготовленні шлікерів.....	33
Задачі для розрахунку.....	41
2.4 Розрахунок вмісту сухої речовини та вологості шлікеру за його густиною.....	42
Задачі для розрахунку.....	46
3 Розрахунок матеріального балансу виробництва.....	46
Список рекомендованої літератури.....	47

ВСТУП

Дані методичні рекомендації призначені для виконання розрахунків на практичних заняттях з дисципліни «Хімічна технологія архітектурно-будівельної та технічної кераміки» та ін., а також при виконанні курсових робіт і курсових проєктів, дипломних випускних робіт тощо.

Його використання в навчальному процесі сприятиме підвищенню якості підготовки спеціалістів за рахунок творчого використання отриманих знань для вирішення конкретних технологічних задач стандартного та ситуаційного характеру.

Методичні рекомендації містять багато прикладів, пов'язаних з розрахунками, які використовуються інженерами-технологами у повсякденній науковій та виробничій діяльності, а також такі, що непрямо ілюструють деякі фізико-хімічні закономірності, визначають виробництво та експлуатацію виробів.

Наведені задачі призначені не тільки для активізації засвоєння основних принципів, розрахункових формул та оптимальних схем розрахунків, але й для формування навичок використання довідкових даних і роботи з науковою літературою як фундаментального характеру, так і за спеціальністю.

Матеріали методичних рекомендацій відповідають програмі з дисципліни «Хімічна технологія архітектурно-будівельної та технічної кераміки» за освітньо-професійною програмою «Хімічні технології та інженерія», другий (магістерський) рівень.

1 РОЗРАХУНКИ ШИХТИ

1.1 Розрахунки шихти керамічних матеріалів

Загальні відомості

Для виготовлення різних видів кераміки використовують технологічні суміші вихідних матеріалів або шихти. Шихта, як правило, складається з декількох сировинних матеріалів, кількість яких у шихті виражається в масових відсотках по відношенню до загальної маси шихти.

При проведенні таких розрахунків виходять з того, що якісний хімічний склад керамічного матеріалу (порцеляна, фаянсу, майоліки тощо) відповідає якісному хімічному складу шихти для виготовлення керамічної маси, якісному хімічному складу самої маси або сухої частини керамічного шлікеру (чого саме – залежить від конкретної технології). Інакше кажучи, оксиди, що містяться у конкретній сировині, переходять у шихту, масу чи шлікер при їх підготовці, а потім і в готовий матеріал після його термообробки. Кількість цих оксидів у матеріалі залежить, по-перше, від кількості сировини в шихті, масі або шлікері, по-друге, від кількості цих оксидів у самій сировині.

Приклад розрахунку шихтового складу керамічної маси

Розрахувати шихтовий склад керамічної маси для отримання 1 500 кг напівпорцеляни за такими вихідними даними: хімічний склад керамічної маси (на прожарену речовину), мас. %: SiO_2 – 71,7; Al_2O_3 – 25,7; R_2O – 2,6. Хімічний склад сировини (наведений у табл. 1.1). Кількість матеріалу, яку необхідно отримати – 1,5 т.

Першим кроком є вибір сировинних матеріалів, поєднання яких у складі напівпорцелянової маси забезпечить отримання необхідних хімічного складу та властивостей готових виробів. У даному випадку мають використовуватись тугоплавкі та вогнетривкі глинисті матеріали (глини та каоліни), а також флюсуючі (польовошпатові та кварц-польовошпатові) та спіснюючі матеріали (кварцовий пісок, шамот тощо), які не містять шкідливих домішок. Як приклад обрано сировинні матеріали, хімічний склад яких наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Найменування сировини	Вміст оксидів, мас. %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	R ₂ O	в. п. п.
Глина Артемівська	57,03	27,2	2,21	1,14	0,36	0,37	0,87	10,81
Каолін Глуховецький	55,1	32,02	0,52	0,84	–	0,13	0,28	11,11
Польовошпатовий концентрат	66,78	18,71	0,16	–	0,28	0,32	12,63	1,07
Пісок Часів-Ярський	96,27	2,92	–	0,13	–	–	–	0,68

Розрахунки проводять на 100 масових часток (мас. ч.) матеріалу, тобто визначають кількість кожної сировини, необхідної для отримання 100 мас. ч. готового матеріалу.

На першому етапі задаються кількістю глини в шихті, наприклад, 30 мас. ч. Враховуючи хімічний склад глини, з 30 мас. ч. глини необхідні нам оксиди будуть введені в масу, а потім і в готовий матеріал у таких відношеннях:

$$\text{SiO}_2 - 0,57 \cdot 30 = 17,1 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,272 \cdot 30 = 8,2 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{R}_2\text{O} - 0,087 \cdot 30 = 0,3 \text{ мас. ч.}$$

Після введення в шихту глини далі з іншою сировиною в готовий матеріал залишилось ввести таку кількість оксидів:

$$\text{SiO}_2 - 71,7 - 17,1 = 54,6 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 - 25,7 - 8,2 = 17,5 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{R}_2\text{O} - 2,6 - 0,3 = 2,3 \text{ мас. ч.}$$

Розраховану вище решту $\text{Al}_2\text{O}_3 = 17,5$ мас. ч. і $\text{R}_2\text{O} = 2,3$ мас. ч. буде введено з каоліном і польовим шпатом.

Для визначення кількості цих матеріалів у шихті складають систему рівнянь з двома невідомими, де x – кількість каоліну, яку необхідно ввести в шихту, а y – кількість польового шпату:

$$\frac{x \cdot 0,28}{100} + \frac{y \cdot 12,63}{100} = 2,3 \text{ мас. ч.}$$

$$\frac{x \cdot 32,00}{100} + \frac{y \cdot 18,71}{100} = 17,5 \text{ мас. ч.}$$

Перше рівняння відображає кількість лужних оксидів $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 2,3$ мас. ч., що їх буде введено в масу з каоліном і польовим шпатом. Друге рівняння визначає кількість Al_2O_3 , що буде введено в масу цими ж матеріалами. Розв'язавши систему рівнянь, отримуємо: $x = 44,6$; $y = 17,2$. Отже, каолін має бути введений у шихту для виготовлення маси у кількості 44,6 мас. ч., а польовий шпат – у кількості 17,2 мас. ч.

Після того, як встановлено кількість глини, знайдено кількість каоліну та польового шпату, залишається тільки визначити кількість кварцового піску. Для цього спочатку визначають кількість кремнезему (SiO_2), яку вже уведено в шихту (а отже, і в масу, а потім і в готовий матеріал) разом з глиною, каоліном, польовим шпатом (у мас. ч.):

- з глиною введено $\text{SiO}_2 - 0,57 \cdot 30,0 = 17,1$;
- з каоліном введено $\text{SiO}_2 - 0,55 \cdot 44,6 = 24,5$;
- з польовим шпатом введено $\text{SiO}_2 - 0,668 \cdot 17,2 = 11,5$.

Таким чином, виходячи з хімічного складу напівпорцеляни та кількості SiO_2 , що вже увійшла в масу з глиною, каоліном та польовим шпатом, з кварцовим піском залишилося ввести SiO_2 в кількості:

$$71,7 - (17,1 + 24,6 + 11,5) = 18,5 \text{ мас. ч.}$$

Оскільки у кварцовому піску міститься $\approx 96,3$ % SiO_2 , то для введення в масу 18,5 мас. ч. SiO_2 необхідна така кількість кварцового піску:

$$\frac{18,5 \cdot 100}{96,3} = 19,1 \text{ мас. ч.}$$

Отже, для виготовлення 100 мас. ч. матеріалу (в нашому випадку напівпорцеляни) необхідно мати такий шихтовий склад керамічної маси:

- глина Артемівська – 30 мас. ч.;
- каолін Глуховецький – 44,6 мас. ч.;
- польовий шпат – 17,2 мас. ч.;
- пісок Часів-Ярський – 19,6 мас. ч.;
- разом – 111,4 мас. ч.

Для визначення кількості кожного сировинного компонента шихти, необхідного для отримання 1500 кг напівпорцелянового матеріалу, треба спочатку визначити потрібну для цього кількість шихти, розмірковуючи таким чином:

для отримання 100 кг напівпорцеляни необхідно взяти 111,4 кг шихти;

для отримання 1500 кг напівпорцеляни необхідно взяти X кг шихти.

Вирішення пропорції показує, що для отримання 1500 кг напівпорцеляни потрібно $X = 1671$ кг шихти. Далі треба визначити кількість кожного сировинного матеріалу в 1671 кг шихти, маючи на увазі дані про кількість цієї ж сировини у 111,4 кг шихти:

- глини у 1671 кг шихти: $\frac{1671 \cdot 30}{111,4} = 450$ кг;
- каоліну: $\frac{1671 \cdot 44,6}{111,4} = 669$ кг;
- польового шпату: $\frac{1671 \cdot 17,2}{111,4} = 258$ кг;
- кварцового піску: $\frac{1671 \cdot 19,6}{111,4} = 294$ кг.

Отже, кількість сировинних матеріалів для виготовлення 1,5 т напівпорцелянової маси є такою: глина Артемівська – 450 кг, каолін Глуховецький – 669 кг, польовий шпат – 258 кг, пісок Часів-Ярський – 294 кг.

У технології грубої будівельної кераміки шихти частіше за все підбираються експериментально, виходячи з різних умов: кераміко-технологічних властивостей сировини, її вартості та доступності на сировинному ринку, вимог

до властивостей технологічної маси та ін. Хімічний склад готового матеріалу, який отримують на основі цих шихт, як правило, не аналізується. У випадку, якщо дуже важливо дотримати той або інший хімічний склад готового матеріалу, шихти точно розраховуються за хімічним складом готового матеріалу і хімічним складом сировини.

Задачі для розрахунку

Визначте необхідну кількість сировинних матеріалів для приготування фарфорової маси при виготовленні фарфору господарчо-побутового призначення. Хімічний склад маси наведений у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад керамічних мас (на прожарену речовину)

№ варіанта	Назва матеріалів	Вміст компонентів, мас. %						
		SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
1	Маса для виготовлення електроізоляційного фарфору	69,15	25,22	0,74	0,83	0,23	2,51	1,32
2	Фарфорова маса для виготовлення господарчо-побутових виробів	70,05	24,23	0,73	0,82	0,22	2,58	1,37
3	Напівфарфорова маса для виготовлення санітарних виробів	72,50	22,50	0,75	0,13	0,22	1,00	2,90
4	Фаянсова маса для виготовлення личкувальної плитки двократного випалу	74,44	17,62	1,85	1,5	1,0	1,82	1,77
5	Фаянсова маса для виготовлення господарчо-побутових виробів	75,25	20,00	0,82	1,02	0,85	1,66	1,00
6	Фарфорова маса для виготовлення санітарного фарфору	71,86	23,20	0,91	0,12	0,21	0,96	2,74
7	Маса для виготовлення лицьової керамічної цегли	67,82	16,41	6,62	2,3	1,82	2,63	2,40
8	Маса для виготовлення керамічних труб	73,50	19,20	2,75	1,13	0,52	1,00	1,90
9	Маса для виготовлення метлахської плитки	71,00	18,20	3,75	2,13	1,52	1,50	1,90
10	Маса для виготовлення керамічної клінкерної цегли	68,82	17,41	4,62	2,3	1,82	2,63	2,40
11	Фаянсова маса для виготовлення личкувальної плитки однократного випалу	68,35	17,82	1,22	6,63	2,55	1,85	1,58
12	Маса для виготовлення керамогранітної плитки	62,95	24,25	0,67	2,62	1,42	1,67	3,82

1.2 Розрахунки шихти глазурей

Розрахунки для визначення кількості кожної сировини, необхідної для отримання заданої глазурної фрити, проводять на 100 мас. % фрити, що полегшує усі наступні техніко-економічні розрахунки виробництв. У промисловій практиці склад глазурей зазвичай виражають у мас. ч., а розрахунки промислових шихт ведуть з точністю до другого десяткового знака.

При розрахунках приймають, що сировина, яка входить до складу шихти, у процесі варіння скла розкладається, причому в скло переходять тільки оксиди, а волога та газів втрачаються в процесі варіння. Незначна частина вологи та газів поглинається склом, але ця кількість не є сталою і не береться до уваги.

Загальні втрати шихти від початку завантаження в піч до моменту готовності скломаси складаються із втрат на винесення і вигорання та становлять в середньому 20 %. Технологічний термін «винесення» пояснюється таким: під дією теплового потоку, направлено з отвору розігрітої до температури варіння скломаси печі, виносяться дрібнодисперсні компоненти скляної шихти. Так зване «вигорання» компонентів шихти відбувається на всіх технологічних стадіях процесу варіння скломаси.

Приклад розрахунку шихти глазурі

Розрахувати шихтовий склад глазурі, якщо її хімічний склад, мас. %: SiO_2 – 71; Al_2O_3 – 1,5; CaO – 8,5; MgO – 3,5; Na_2O – 15,5. Кількість глазурі, що необхідно отримати, – 3 т (3 000 кг). Хімічний склад сировинних матеріалів наведений у таблиці 1.3.

Розрахунки починають з того компонента скла, який вводиться найменшою кількістю сировинних матеріалів. Як видно з табл. 1.3, SiO_2 вводиться чотирма сировинними матеріалами, CaO і MgO – трьома, Na_2O – одним. Отже, розрахунок треба починати з Na_2O .

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Матеріал	Вміст компонентів, мас. %						
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	В.п.п.
Пісок	98,02	0,1	1,09	–	0,11	–	0,48
Крейда	1,78	0,27	1,0	54,17	0,16	–	42,62
Сода	–	–	–	–	–	58,5	41,5
Доломіт	3,2	0,53	2,57	27,06	19,62	–	47,02
Технічний глинозем	0,4	0,05	97,9	0,35	–	–	1,3

Na₂O вводиться у склад скла содою. Її кількість у шихті визначають з пропорції:

100 мас. ч. соди містить 58,5 мас. ч. Na₂O;

X мас. ч. соди треба взяти для введення 15,5 мас. ч. Na₂O

Отже: $X = 26,5$ мас. ч.

Враховуючи, що, як правило, 3 % соди при температурі варіння скла виноситься, потрібно ввести в шихту соди на 3 % більше, а саме:

$$26,5 \cdot 1,03 = 27,3 \text{ мас. ч. соди.}$$

Оскільки сода кальцинована не містить у своєму хімічному складі ніяких інших компонентів, то ця сировина нічого більше не внесе до складу глазури.

MgO вводиться у глазурь доломітом. Визначаємо кількість доломіту в шихті, необхідну для введення у скло 3,5 мас. ч. MgO. Кількість доломіту в шихті розрахуємо, виходячи з пропорції:

100 мас. ч. доломіту внесе у скло 19,62 мас. ч. MgO;

X мас. ч. доломіту потрібно взяти для введення у скло 3,5 мас. ч. MgO

Отже, $X = 17,8$ мас. ч. доломіту.

Оскільки доломіт є природною сировиною та містить у своєму складі й інші оксиди, то слід визначити кількість цих домішок, які увійдуть у склад скла з 17,8 мас. ч. доломіту.

Доломіт внесе до складу глазури:

$$\text{SiO}_2 \quad 17,8 \cdot 3,2 / 100 = 0,57 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 17,8 \cdot 0,53 / 100 = 0,09 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \quad 17,8 \cdot 2,57 / 100 = 0,5 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{CaO} \quad 17,8 \cdot 27,06 / 100 = 4,8 \text{ мас. ч.}$$

CaO вводиться у скло крейдою. Визначаємо кількість крейди у шихті, необхідну для введення у скло оксиду кальцію. Кількість крейди визначається за аналогією з розрахунком соди та доломіту. Але при розрахунку треба врахувати ту кількість CaO, яка вже увійшла до глазурної фрити з доломітом. Тоді:

100 мас. ч. крейди внесе у склад скла 54,17 мас. ч. CaO;

X мас. ч. крейди потрібно взяти для введення у скло 8,5 – 4,8 мас. ч. CaO.

Звідси $X = 6,8$ мас. ч. крейди.

Далі слід розрахувати кількість домішок, які увійдуть у склад скла з 6,8 мас. ч. крейди.

Крейда внесе у склад скла:

$$\text{SiO}_2 \quad 6,8 \cdot 1,78 / 100 = 0,12 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 6,8 \cdot 0,27 / 100 = 0,02 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \quad 6,8 \cdot 1,0 / 100 = 0,07 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{MgO} \quad 6,8 \cdot 0,16 / 100 = 0,01 \text{ мас. ч.}$$

SiO₂ вводиться у склад скла піском. Деяка кількість SiO₂ уже введена у скло доломітом і крейдою, отже, залишається ввести SiO₂ у кількості:

$$71 - 0,69 = 70,31 \text{ мас. ч.}$$

Визначаємо кількість піску, необхідну для введення 70,31 мас. ч. SiO₂, складаючи пропорцію:

100 мас. ч. піску містить 98,02 мас. ч. SiO₂;

X мас. ч. піску необхідно взяти для введення у скло 70,31 мас. ч. SiO₂

Звідси $X = 71,73$ мас. ч. піску.

З такою кількістю піску у склад скла ввійдуть домішки:

$$\text{Fe}_2\text{O}_3 \quad 71,73 \cdot 0,1 / 100 = 0,07 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \quad 71,73 \cdot 1,09 / 100 = 0,78 \text{ мас. ч.};$$

$$\text{MgO} \quad 71,73 \cdot 0,11 / 100 = 0,08 \text{ мас. ч.}$$

Al_2O_3 вводиться у скло технічним глиноземом. Розрахуємо кількість технічного глинозему в шихті аналогічно тому, як це робилося для інших матеріалів: $X = 0,15 \cdot 100 : 97,9 = 0,153$ мас. ч. Кількість домішок, які увійдуть у склад скла з 0,153 мас. ч. технічного глинозему, можна не враховувати, оскільки це дуже малі величини.

Таким чином, склад шихти становить:

соди $- 27,30$ мас. ч.;

доломіту $- 17,80$ мас. ч.;

крейди $- 6,80$ мас. ч.;

піску $- 71,73$ мас. ч.;

технічного глинозему $- 0,153$ мас. ч.;

разом шихти: $123,8$ мас. ч.

Фактичний склад глазурної фрити, який може бути отримано з цієї шихти, не збігатиметься повністю із заданим, оскільки сировинні матеріали, які були використані, вносять у скло додатково такі оксиди, яких немає в заданому складі скла. Це певною мірою впливає на загальну масу скла і робить її більшою за 100 мас. ч. Перед тим як визначити кількість шихти для отримання 100 мас. ч. скла ($C_{ш}$), необхідно розрахувати його теоретичний склад. Цей розрахунок полягає у визначенні сумарної кількості оксидів, які вносяться у скло всіма сировинними матеріалами, вміст яких у складі шихти було визначено вище. Результати цих розрахунків заносять до таблиці 1.4.

З таблиці 1.4 видно, що загальна маса фрити, яку розраховано на основі фактичного складу глазури, становить 100,27 мас. ч. Для отримання такої кількості глазурної фрити, як це було визначено вище, необхідно взяти 123,8 мас. ч. шихти. Нескладно перерахувати, скільки шихти потрібно взяти для отримання 100 мас. ч.

скла – у нашому випадку 123,5 мас. ч. шихти. До того ж в останньому рядку таблиці наводять теоретичний склад скла, приведений до 100 мас. ч., який і слід порівнювати із заданим хімічним складом.

Таблиця 1.4 – Теоретичний хімічний склад глазурної фрити

Матеріал	Шихтовий склад, мас. ч.	Вміст оксидів, що вносяться у глазурну фриту сировиною, мас. %						Σ*
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	
Сода	27,3	–	–	–	–	–	15,5	15,5
Доломіт	17,8	0,57	0,09	0,5	4,8	3,5	–	9,46
Крейда	6,8	0,12	0,02	0,07	3,7	0,01	–	3,92
Пісок	71,73	70,31	0,07	0,78	–	0,08	–	71,24
Глинозем	0,153	–	–	0,15	–	–	–	0,15
Разом	123,8	71	0,18	1,5	8,5	3,59	15,5	100,27
		Хімічний склад скла, мас. %						
На 100 кг фрити	123,5	70,8	0,18	1,5	8,48	3,58	15,46	100
Σ* – сумарна кількість оксидів, яка вноситься кожним компонентом шихти.								

Отже, на підставі проведених розрахунків встановлено, що для отримання 100 мас. ч. фрити заданого хімічного складу необхідна кількість шихти (C_ш) становитиме 123,5 мас. ч. Кількість кожної сировини у 123,5 мас. ч. шихти становить:

- соди – $\frac{123,5 \cdot 27,3}{123,8} = 27,23$ кг;
- доломіту – $\frac{123,5 \cdot 17,8}{123,8} = 17,76$ кг;
- крейди – $\frac{123,5 \cdot 6,8}{123,8} = 6,78$ кг;
- піску – $\frac{123,5 \cdot 71,73}{123,8} = 71,56$ кг;
- технічного глинозему – $\frac{123,5 \cdot 0,153}{123,8} = 0,153$ кг.

Далі необхідно розрахувати кількість шихти для виготовлення 3 т фрити. Це досить легко зробити, враховуючи дані про кількість шихти для 100 кг фрити (табл. 1.4) та складаючи відповідні пропорції:

для 100 кг фрити необхідно мати 123,5 кг шихти

для 3000 кг фрити необхідно мати X кг шихти

Звідси $X = 3705$ кг шихти.

Кількість кожного з сировинних матеріалів у 3705 кг шихти становитиме:

$$- \text{сода} - \frac{3705 \cdot 27,23}{123,5} = 816,9 \text{ кг};$$

$$- \text{доломіта} - \frac{3705 \cdot 17,76}{123,5} = 532,8 \text{ кг};$$

$$- \text{крейди} - \frac{3705 \cdot 6,78}{123,5} = 203,4 \text{ кг};$$

$$- \text{піску} - \frac{3705 \cdot 71,56}{123,5} = 2146,8 \text{ кг};$$

$$- \text{технічного глинозему} - \frac{3705 \cdot 0,153}{123,5} = 4,59 \text{ кг}.$$

Саме з цієї кількості сировини і буде складатися шихта для виготовлення 3 т глазурної фрити заданого хімічного складу.

Наприкінці розрахунків потрібно навести дані про так званий вихід скла (C_c) із шихти, що означає ту кількість фрити, яку отримують з 100 мас. ч. шихти:

– 123,5 мас. ч. шихти дають 100 мас. ч. фрити

– 100 мас. ч. шихти дадуть X мас. ч. фрити

Звідси $X = 81$ мас. ч., тобто із 100 мас. ч. шихти можна отримати 81 мас. ч. глазурної фрити. Вихід скла за його процентним відношенням до маси шихти визначається з пропорції:

– 100 мас. ч. шихти становлять 100 %

– 81 мас. ч. фрити – X %

Звідси вихід фрити становить $X = 81$ % від маси шихти. Кількість відсотків, яких бракує до 100 %, складають втрати легких складових сировини і шихти (випари води, CO_2 , SO_3 , F^- тощо), які виносяться під час варіння скломаси. Ці втрати

прийнято називати втратами шихти на вигорання та винесення. У даному випадку ці втрати дорівнюють:

$$100 - 81 = 19 \%$$

Дані про вихід фрити та втрати шихти на вигорання та винесення є обов'язковими при розрахунках глазурної шихти. Ними завершується розрахунок шихти.

Задачі для розрахунку

1. Розрахувати склад глазурної шихти для майолікових виробів за хімічним складом, мас. %: $\text{SiO}_2 - 48$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8$; $\text{CaO} - 7$; $\text{MgO} - 5$; $\text{Na}_2\text{O} - 15$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 17,5$.

2. Розрахувати склад шихти безлужної глазури за хімічним складом, мас. %: $\text{SiO}_2 - 55$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 8$; $\text{CaO} - 5$; $\text{ZnO} - 5$; $\text{BaO} - 10$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 17$. Визначте втрати шихти на вигорання та винесення.

3. Розрахувати склад глазурної шихти за хімічним складом, мас. %: $\text{SiO}_2 - 57$, $\text{Al}_2\text{O}_3 - 7$, $\text{Li}_2\text{O} - 3,5$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 7$; $\text{ZrO}_2 - 8,0$; $\text{CaO} - 10,5$; $\text{ZnO} - 7$. Визначте втрати шихти на вигорання та винесення.

4. Розрахувати склад глазурної шихти за наступним хімічним складом, мас. %: $\text{SiO}_2 - 0,55$; $\text{Al}_2\text{O}_3 - 0,08$; $\text{CaO} - 0,05$; $\text{ZnO} - 0,05$; $\text{BaO} - 0,1$; $\text{B}_2\text{O}_3 - 0,17$. Визначте втрати шихти на вигорання та винесення.

1.3 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 шихтового складу

Задано мінеральний склад керамічної маси (мас. %): каолінит – 53; польові шпати – 16; кварц – 31. Хімічний склад сировинних матеріалів наведено в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – 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

Спочатку за хімічним складом сировинних матеріалів 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.

В даному прикладі альбіт і ортоклаз розраховувалися окремо, а потім підсумовувалися. Результати проведених розрахунків зведено до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Мінеральний склад сировинних матеріалів

Назва сировини	Вміст компонентів, мас. %		
	каолінит	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:

$$16,0 - 1,58 - 0,77 = 13,65 \%$$

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.

І, нарешті, 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 %.

Задачі для розрахунку

1. Розрахувати шихтовий склад маси твердої порцеляни такого мінерального складу (%): глиниста речовина (каолініт) – 50; кварц – 25; польовий шпат – 25. Сировинні матеріали обрати самостійно, виходячи з вимог до сировини в технології електротехнічної порцеляни.

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

3. Розрахувати шихтовий склад маси напівпорцеляни такого мінерального складу (%): глиниста речовина (каолініт) – 35; кварц – 45; польовий шпат – 25. Як флюсуючу кварц-польовошпатову сировину використати граніти Русавського родовища.

1.4 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. %): каолінит – 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:

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

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

Звідси $X = (120 \cdot 81,03) / 258 = 37,69$ мас. ч. 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:

$50,63 - 37,69 = 12,94$ 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 вводять 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. кварцового 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.

Задачі для розрахунку

1. Розрахувати мінеральний склад технологічної суміші за заданим шихтовим складом (табл. 1.7) та визначити новий шихтовий склад при заміні глинистої сировини.

2. Розрахувати мінеральний склад технологічної суміші за заданим шихтовим складом (табл. 1.7) та визначити новий шихтовий склад при заміні кварц-польовошпатової сировини.

Таблиця 1.7 – 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 РОЗРАХУНКИ КІЛЬКОСТІ ПРЕС-ПОРОШКУ ТА ШЛІКЕРУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ПЛАСТИЧНОЇ МАСИ ІЗ ЗАДАНОЮ ВОЛОГІСТЮ

2.1 Особливості формування виробів з технологічних сумішей, отриманих різними способами

У технології кераміки і вогнетривів залежно від властивостей керамічних мас, їх вологості, а також розмірів і конфігурації виробів, що формуються, застосовують три основні способи формування. До них належать: напівсухе пресування із порошкоподібних мас з вологістю 4–11 % із застосуванням високого питомого тиску пресування; пластичне формування з мас із вологістю 16–25 % з використанням відносно невеликих значень питомого тиску; лиття з шлікерів вологістю 30–50 % без додавання тиску або при низькому тиску.

Так, метод напівсухого пресування широко використовується у виробництві вогнетривів і різних видів будівельної кераміки (плиток для підлоги, фасадних плиток, керамограніту, клінкерної цегли). Різновидом цього методу формування виробів тонкої кераміки є гідростатичне пресування з порошків з вологістю 2–3 % у гумових формах, яке широко використовується при виробництві якісного посуду, наприклад у Германії, Франції, Австрії та інших розвинутих європейських країнах.

У тонкокерамічних технологіях (порцеляна, фаянс, тонкокам'яні вироби), а також у виробництві технічної кераміки переважно використовують шлікерне лиття. Але найбільш поширеним у виробництві більшості видів кераміки залишається найдавніший метод формування – пластичне формування. Цей метод має три основні різновиди, які відрізняються вимогами до форми та властивостей напівфабрикату, що, в свою чергу, потребує використання різних за вологістю пластичних мас та визначає спосіб їх приготування.

На відміну від виробництва керамічних будівельних матеріалів та промисловості вогнетривів у фарфорово-фаянсових технологіях можуть використовуватися одразу декілька способів формування. Прикладом цьому

служать підприємства, які випускають електроізоляційні керамічні вироби, номенклатура яких є досить широкою і включає як низьковольтні фарфорові ізолятори, що їх оформлюють методом напівсухого пресування, так і високовольтні фарфорові вироби, які отримують методами лиття та пластичного формування. Поєднання різних способів формування на одному підприємстві стане можливим тому, що на таких підприємствах організовано мокрий (шлікерний) спосіб підготовки керамічної маси, який на першому етапі передбачає отримання керамічного шлікеру, з якого в подальшому можуть бути отримані прес-порошок чи пластична маса.

При використанні на одному підприємстві усіх трьох основних способів формування шлікер зневоднюють у баштових розпилювальних сушарках і отримують прес-порошок, який використовують для оформлення виробів методом напівсухого пресування. Для отримання пластичної маси прес-порошок і шлікер змішують у необхідних пропорціях, після чого маса підлягає обов'язковому вакуумуванню та вилежуванню.

Можливий також інший варіант приготування пластичної маси з порошку та шлікеру. Він використовується на підприємствах, які застосовують як способи формування лише пластичне формування та напівсухе пресування. Пластичну масу отримують змішуванням порошку із суспензією, яку готують шляхом розпуску у воді відходів формування та сушіння. При недостатній кількості відходів суспензію отримують з порошку у спеціальних мішалках, а потім змішують її з прес-порошком.

До основних розрахунків, які застосовуються у лабораторно-технологічній практиці на таких підприємствах, відносяться розрахунки, пов'язані з визначенням кількості шлікеру і прес-порошку, необхідної для отримання пластичної маси із заданою вологістю. Тільки правильний розрахунок керамічної маси забезпечить відтворюваність її властивостей і стабільність прийнятих технологічних режимів, що є основною умовою отримання виробів високої якості.

2.2 Розрахунок кількості прес-порошку та шлікеру для отримання пластичної маси заданої вологості

Загальні відомості

При таких розрахунках за 100 % завжди приймається кількість пластичної маси, яка складатиметься з прес-порошку і шлікеру з відомими значеннями вологості. З урахуванням вологості прес-порошку і шлікеру розрахунок кількості цих компонентів у пластичній масі здійснюється за формулами (2.1) і (2.2):

$$Q_n = \frac{W_c - W_m}{W_c - W_n} \cdot 100 \%, \quad (2.1)$$

де Q_n – вміст прес-порошку в керамічній масі, мас. %; W_c – вологість суспензії (шлікеру), %; W_m – вологість керамічної маси, %; W_n – вологість прес-порошку, %.

$$Q_c = \frac{W_m - W_n}{W_c - W_n} \cdot 100 \%, \quad (2.2)$$

де Q_c – вміст суспензії (шлікеру) в керамічній масі, мас. %; W_n – вологість прес-порошку, %; W_c – вологість суспензії, %; W_m – вологість керамічної маси, %.

Такі ж самі розрахунки можна здійснювати графічним способом за допомогою номограми Х.О. Мартінеса, побудованої за наведеними вище формулами (рис. 2.1).

Для користування номограмою спочатку необхідно визначити допоміжну величину $Z = W_c - W_n$. Потім за заданим значенням W_c необхідно провести горизонталь до її перетину з однією з ліній (C , %), яка відповідає заданій вологості маси. З отриманої точки проводиться вертикальна лінія до її перетину з прямою, що відповідає розрахованому значенню величини Z . Горизонталь, проведена через останню точку перетину, відсікатиме на шкалах Y та X значення, що відповідають процентному вмісту в масі відповідно суспензії та порошку.

Розглянемо наведений на рисунку 2.1 приклад графічного вирішення такої задачі.

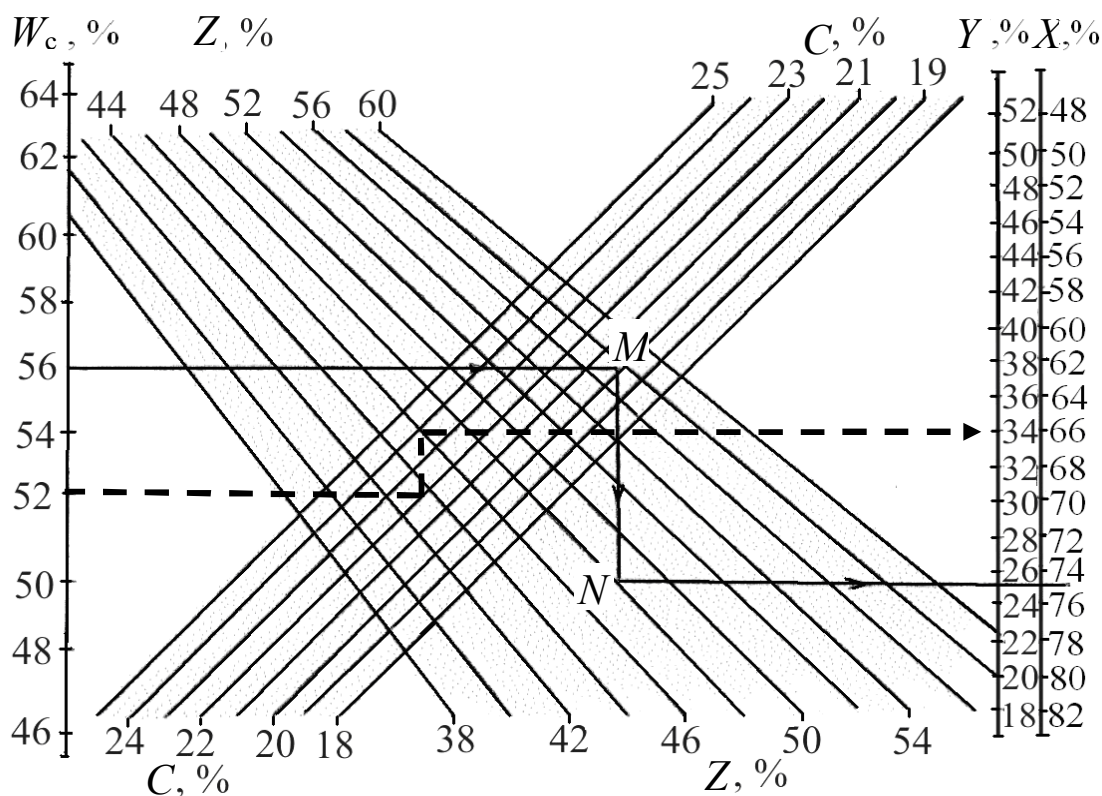


Рисунок 2.1 – Номограма для визначення процентної кількості прес-порошку та шлікеру для отримання керамічної маси із заданою вологістю

Припустимо, що необхідно отримати пластичну масу з вологістю 20 % із шлікеру з вологістю 56 % та прес-порошку з вологістю 8 %. При цьому за допомогою номограми необхідно визначити процентну кількість означених компонентів маси.

Спочатку розраховується значення допоміжної величини:

$$Z = W_c - W_{\text{п}} = 56 - 8 = 48 \text{ \%}.$$

З точки, що відповідає вологості суспензії 56 % за шкалою, розташованою ліворуч, проводимо горизонталь до її перетину з лінією, що відповідає значенню C (тобто заданому значенню вологості маси 20 %). Отримуємо точку M . З цієї точки проводимо вертикаль до перетину з прямою лінією, яка відповідає

розрахованому значенню допоміжної величини Z . Отримуємо точку N . З цієї точки проводимо горизонтальну лінію до перетину зі шкалами $У$ та X та отримуємо необхідні значення. Отже, для отримання пластичної маси з вологістю 20 % зі шлікеру з вологістю 56 % і порошку з вологістю 8 % необхідно мати 25 % суспензії і 75 % порошку.

Маючи можливість розраховувати процентний вміст прес-порошку та шлікеру в керамічній масі із заданою вологістю, завжди можна визначити вагову кількість цих компонентів для отримання необхідної кількості керамічної маси.

Приклади розрахунків

Приклад 1. Яку кількість порошку з вологістю 10 % і суспензії з вологістю 50 % необхідно взяти для одержання керамічної маси з вологістю 18 %?

Скориставшись формулою (2.1), визначимо процентний вміст прес-порошку у складі керамічної маси:

$$Q_n = \frac{W_c - W_m}{W_c - W_n} \cdot 100 \% = \frac{(50 - 18)}{50 - 10} \cdot 100 = 80 \%$$

Тоді процентний вміст суспензії становитиме:

$$100 - 80 = 20 \%$$

Отже, для отримання керамічної маси з вологістю 18 % необхідно змішати 80 % прес-порошку з вологістю 10 і 20 % шлікеру з вологістю 50 %.

Приклад 2. Розрахувати вагову кількість шлікеру з вологістю 48 % та порошку з вологістю 6 % для отримання пластичної маси з вологістю 22 % у кількості 500 кг.

Скориставшись формулою (2.2), визначимо процентний вміст шлікеру у складі керамічної маси:

$$Q_c = \frac{W_m - W_n}{W_c - W_n} \cdot 100 \% = \frac{(22 - 6)}{48 - 6} \cdot 100 = 38 \%$$

Процентний вміст порошку становитиме:

$$100 - 38 = 62 \%,$$

а його вагова кількість у 500 кг маси:

$$500 \cdot 0,62 = 310 \text{ кг.}$$

Вагова кількість суспензії:

$$500 - 310 = 190 \text{ кг.}$$

Отже, для отримання пластичної маси з вологістю 22 % необхідно змішати 310 кг порошку з вологістю 6 % і 190 кг шлікеру з вологістю 48 %.

Приклад 3. Визначте вагову кількість шлікеру з вологістю 50 % для отримання пластичної маси з вологістю 25 %, виходячи з наявності 100 кг порошку з вологістю 4 %. Яким буде вихід пластичної маси?

За формулою (2.2) визначимо процентний вміст шлікеру у складі керамічної маси з вологістю 25 %:

$$Q_c = \frac{W_m - W_n}{W_c - W_n} \cdot 100 \% = \frac{(25 - 4)}{50 - 4} \cdot 100 = 45,65 \%$$

Тоді процентний вміст порошку становитиме:

$$100 - 45,65 = 54,35 \%$$

Далі визначаємо вагову кількість порошку у складі пластичної маси, склавши таку пропорцію:

$$100 \text{ кг порошку становить } 54,35 \%$$

$$X \text{ кг суспензії становить } 45,65 \%$$

Звідси вагова кількість суспензії становить $X = 84$ кг. Додавши до відомої кількості порошку кількість суспензії, отримаємо вихід пластичної маси, який становитиме:

$$100 \text{ кг} + 84 \text{ кг} = 184 \text{ кг.}$$

Отже, вагова кількість шлікеру з вологістю 50 % для отримання пластичної маси з вологістю 25 % має становити 84 кг. З такої кількості шлікеру і 100 кг порошку з вологістю 4 % можна отримати 184 кг пластичної маси.

Приклад 4. Визначити за допомогою номограми кількість порошку та суспензії для одержання фарфорової маси з вологістю 22 %, якщо вологість порошку становить 6 %, а вологість суспензії – 52 %.

Скористаймося номограмою, наведеною на рисунку 4.1.

Обчислюємо значення допоміжної величини:

$$Z = W_c - W_{\pi} = 52 - 6 = 46 \%.$$

З точки, що відповідає вологості суспензії 52 %, проводимо горизонталь до її перетину з лінією, що відповідає значенню $C = 22$ % (задане значення вологості маси). З отриманої точки проводимо вертикаль до перетину з прямою лінією, яка відповідає розрахованому значенню допоміжної величини $Z = 46$ %. З останньої точки проводимо горизонтальну лінію до перетину зі шкалами U та X , які позначають відсоткову кількість суспензії і порошку відповідно. На рисунку 2.1 графічні визначення вологості суспензії для даного прикладу вказані пунктирною лінією.

Отже, для отримання пластичної маси з вологістю 22 % зі шлікеру з вологістю 52 % і порошку з вологістю 6 % необхідно мати 34 % суспензії і 66 % порошку.

Задачі для розрахунку

1. Визначте процентне співвідношення порошку з вологістю 4 % і суспензії з вологістю 49 % для одержання пластичної маси з вологістю 19 %.

2. Яку кількість порошку та суспензії необхідно взяти для одержання 200 кг маси з вологістю 17 % (вологість порошку 6 %, вологість суспензії 47 %)?

3. Необхідно одержати порцелянову масу з вологістю 20 % із суспензії з вологістю 55 % і порошку з вологістю 7 %. Який процентний вміст суспензії і порошку буде міститися у складі маси?

4. Для приготування керамічної маси будуть використані такі матеріали: прес-порошок з вологістю 5 % і шлікер з вологістю 45 %. Визначити кількість прес-порошку та шлікеру, необхідну для отримання маси з вологістю 20 %.

2.3 Розрахунок кількості сировинних матеріалів, води та подрібнюючих тіл при виготовленні шлікерів

Загальні відомості

Глазурні шлікери являють собою суспензії, дисперсну фазу яких складають часточки подрібненої фрити та млинних добавок, які не розчиняються у воді (глина, пісок, глушники, пігменти тощо). Дисперсійним середовищем є вода з розчиненими в ній електролітами.

Такі шлікери одержують шляхом мокрого подрібнення у кульових млинах, які являють собою фарфоровий або сталевий циліндр ємкістю до 100 л, футерований зсередини плитками з твердого фарфору, кварциту, ураліту або корунду. Як подрібнюючі тіла використовують кулі з того ж матеріалу, що й футерівка.

Однією з найважливіших характеристик шлікеру є його густина ($\gamma_{\text{шл}}$).

Необхідні значення цієї характеристики залежать від способу нанесення шлікеру, форми та розмірів виробу, умов його експлуатації, а також від типу глазури (фритованої, сирої, напівфритованої). Взагалі значення $\gamma_{\text{шл}}$ знаходяться у межах 1,45–1,85 г/см³.

Основним вихідним компонентом шлікерів є фрита. Після помелу питома поверхня частинок розміром від 1 до 150 мкм дорівнює 0,15–0,3 м²/г. При такій дисперсності подрібнена фрита не може самостійно створювати седиментаційно стійку суспензію. Для цього до складу шлікерів вводять структуроутворюючі добавки, призначенням яких є різке збільшення поверхні поділу фаз у системі, і створення просторового каркасу (завдяки взаємодії між частками) в якому крупні частинки фрити знаходяться у завислому стані.

Якщо прийняти кількість фрити за 100 %, тоді типове співвідношення інших компонентів шлікеру може знаходитись у таких межах (понад 100 %): вода 40–60; глина як структуроутворювач – 4–10; електроліти – 0,2–1,5; пігменти та глушники – 2–12; подрібнені водонерозчинні тугоплавкі добавки (пісок, глинозем, циркон тощо) – 5–40. Зазвичай у відсотковому відношенні шлікер містить 60–65 % твердої фази і 30–35 % води. Об’ємна концентрація твердої фази коливається в межах 45–50 %.

На практиці для одержання шлікеру заданої густини $\gamma_{\text{шл}}$ необхідно розрахувати масу матеріалів, що завантажуються до млина, яка включає:

- $m_{\text{мат}}$ – маса сухого матеріалу, який подрібнюється;
- $m_{\text{к}}$ – маса подрібнюючих тіл;
- $m_{\text{ел}}$ – маса розчинних електролітів;
- $m_{\text{в}}$ – маса води.

Маса сухого матеріалу, який завантажується до млина, або сухого залишку шлікеру, складається з маси фрити $m_{\text{фр}}$ та маси млинних добавок $m_{\text{доб}}$:

$$m_{\text{мат}} = m_{\text{фр}} + m_{\text{доб}}$$

Значення $m_{\text{мат}}$ у шлікері заданої густини розраховують із застосуванням такої формули:

$$m_{\text{мат.}} = \frac{\varphi \cdot v}{\frac{\kappa}{\gamma_{\text{к}}} + \frac{1 + \omega}{\gamma_{\text{шл.}}}}, \quad (2.3)$$

де φ – коефіцієнт заповнення млина після подрібнення;

v – об’єм млина, м³;

κ – відношення маси подрібнюючих тіл до маси сухого матеріалу, який подрібнюється;

$\gamma_{\text{к}}$ – щільність матеріалу подрібнюючих тіл, кг/м³;

ω – відношення кількості води до маси сухого матеріалу, який подрібнюється;

$\gamma_{\text{шл}}$ – густина шлікеру, кг/м³.

Масу подрібнюючих тіл, що завантажують до млина, розраховують як:

$$m_k = k \cdot m_{\text{мат.}} \quad (2.4)$$

При виконанні цих розрахунків застосовують коефіцієнти:

- φ – від 0,6 до 0,8;
- k – від 1,1 до 1,2;
- ω – розраховується за заданим співвідношенням кількості води та сухого матеріалу, що подрібнюється (в мас. ч.).

При проведенні розрахунків складу шлікерів в окремих випадках необхідні дані про щільність фрити $\gamma_{\text{фр}}$ та матеріалу, що подрібнюється (тобто сухого залишку) $\gamma_{\text{мат}}$ (в кг/м³). Для розрахунку $\gamma_{\text{мат}}$ необхідно заданий склад, виражений в мас. ч. матеріалу, привести до 100 мас. %.

Щільність сухої частини шлікеру $\gamma_{\text{мат}}$ розраховується за адитивною формулою:

$$\gamma_{\text{мат}} = \frac{\sum \gamma_i \cdot a_i}{100}, \quad (2.5)$$

де γ_i – щільність i -го компонента шлікеру, що входить до сухого залишку, кг/см³;

a_i – його вміст, %.

Щільність фрити $\gamma_{\text{фр}}$, яка є необхідною для розрахунку $\gamma_{\text{мат}}$, визначається за її хімічним складом з урахуванням парціальних факторів кожного компонента фрити за формулою:

$$\frac{100}{\gamma_{\text{фр.}}} = \frac{a_1}{x_1} + \frac{a_2}{x_2} + \dots + \frac{a_n}{x_n}. \quad (2.6)$$

Виходячи з попередньої формули, отримаємо:

$$\gamma_{\text{фр}} = \frac{100}{\sum \frac{a_i}{x_i}}, \quad \text{кг/м}^3, \quad (2.7)$$

де a_1, a_2, \dots, a_n – вміст компонентів фрити, мас. %;

x_1, x_2, \dots, x_n – парціальні фактори для кожного з компонентів фрити (табл. 2.1).

Таблиця 2.1– Значення факторів для розрахунків щільності склопокриттів

Оксиди	SiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	Li ₂ O	CaO	MgO	BaO	PbO	P ₂ O ₅
Фактор $a \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	2,25	2,9	2,75	3,25	3,20	3,7	4,3	3,5	7,2	10,0	2,55

За значенням $\gamma_{\text{мат}}$ можна знайти вміст води в мл в 1 кг емалевого шлікеру за таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 – Вміст води в 1 кг шлікеру залежно від густини шлікеру та щільності сухого залишку

Щільність сухого залишку $\gamma_{\text{мат}} \cdot 10^{-3}$, кг/м ³	Вміст води (мл) в емалевому шлікері при густині $\gamma_{\text{шл}} 10^{-3}$, кг/м ³												
	1,55	1,56	1,57	1,58	1,59	1,60	1,61	1,62	1,63	1,64	1,65	1,66	1,67
1,0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
2,3	372	365	357	351	344	336	329	323	316	309	303	297	290
2,4	392	385	377	371	364	357	351	344	338	331	325	318	312
2,5	408	402	395	388	381	375	369	362	356	350	344	337	331
2,6	423	417	410	403	397	391	384	378	372	365	360	354	348
2,7	436	430	423	417	411	405	399	393	386	381	374	369	363
3,0	468	462	456	449	444	438	432	426	421	415	409	404	398
3,5	504	498	492	486	481	475	469	464	459	454	448	444	438
4,0	527	522	516	511	506	500	495	490	485	480	475	470	465
4,5	544	538	534	529	524	518	514	508	504	498	494	489	484
5,0	556	551	546	541	536	531	526	521	517	512	508	503	498
–	1,68	1,69	1,70	1,71	1,72	1,73	1,74	1,75	1,76	1,77	1,78	1,79	1,80
2,3	284	278	271	265	259	253	247	242	236	230	225	219	214
2,4	306	300	294	288	282	276	271	265	260	255	249	243	238
2,5	325	319	313	308	302	297	291	286	280	275	269	264	259
2,6	342	337	331	325	320	314	309	304	299	293	287	282	277
2,7	358	352	346	340	335	330	324	319	314	309	304	299	294
3,0	393	388	383	377	372	367	362	357	353	348	343	338	333
3,5	433	428	424	419	414	409	405	400	396	391	387	382	378
4,0	460	456	452	447	442	438	434	429	425	420	416	412	408
4,5	480	475	471	466	462	457	453	449	445	441	436	432	429
5,0	494	489	486	481	477	473	468	464	460	456	452	448	444

Приклад 1. Розрахувати кількість фрити та глини Часів-Ярської (Ч-1), яку необхідно завантажити у млин для одержання 1 т шлікеру густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,72 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вихідні дані: склад сухого матеріалу, що подрібнюється, мас. ч.: фрита – 100; глина – 5; щільність фрити $\gamma_{\text{фр}} = 2,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; щільність глини Ч-1 $\gamma_{\text{гл}} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Для визначення кількості вказаних компонентів, які складають сухий матеріал, що подрібнюється, $m_{\text{мат}}$ слід використати дані таблиці 2.2, які дозволяють знаходити вміст води в 1 кг шлікеру залежно від його густини $\gamma_{\text{шл}}$ та щільності сухого матеріалу $\gamma_{\text{мат}}$.

Перерахувавши заданий вміст фрити та глини з мас. ч. у мас. %, одержуємо:

$$\begin{aligned} a_{\text{фр}} &= 95,24 \text{ мас. \%}, \\ a_{\text{гл}} &= 4,76 \text{ мас. \%}. \end{aligned}$$

Розрахунок $\gamma_{\text{мат}}$ здійснюється за формулою (2.5), яка в даному випадку (при наявності двох компонентів у складі шлікеру) набуває вигляду:

$$\gamma_{\text{мат}} = \frac{\gamma_{\text{фр}} \cdot a_{\text{фр}} + \gamma_{\text{гл}} \cdot a_{\text{гл}}}{100} = \frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 95,24 + 2,7 \cdot 10^3 \cdot 4,76}{100} = 2,60 \cdot 10^3 \text{ кг/см}^3,$$

де $a_{\text{фр}}$ та $a_{\text{гл}}$ – вміст фрити та глини в сухому матеріалі, мас. %;

$\gamma_{\text{фр}}, \gamma_{\text{гл}}$ – щільність фрити та глини відповідно, кг/м^3 .

З таблиці 2.2 виходить, що вміст води в 1 кг шлікеру густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,72 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ при щільності сухого матеріалу $\gamma_{\text{мат}} = 2,62 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ складає 0,334 кг. Тоді $m_{\text{мат}} = 0,666 \text{ кг}$ в 1 кг шлікеру, або 666 кг у тонні. Таким чином, для одержання 1 т шлікеру густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,72 \cdot 10^3 \text{ кг/т}$ необхідно завантажити у млин:

$$\begin{aligned} m_{\text{фр}} &= 666 \cdot 0,952 = 634,3 \text{ кг фрити}, \\ m_{\text{гл}} &= 666 \cdot 0,476 = 31,7 \text{ кг глини}. \end{aligned}$$

Приклад 2. Розрахувати кількість подрібнюючих тіл m_k , яку необхідно завантажити у кульовий млин з об'ємом барабана $v = 3,4 \text{ м}^3$ для одержання шлікеру з густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,64 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вихідні дані: щільність уралітових подрібнюючих тіл $\gamma_k = 3,0 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; компоненти шлікеру, що завантажуються до млина, мас. ч.: ґрунтова фрита – 100, пісок кварцовий – 20, глина – 6; щільність фрити $\gamma_{\text{фр}} = 2,62 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; щільність піску кварцового $\gamma_{\text{п}} = 2,65 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$; щільність глини Ч-1 $\gamma_{\text{гл}} = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Масу подрібнюючих тіл m_k розраховуємо за формулою (2.4):

$$m_k = k \cdot m_{\text{мат}},$$

де k – відношення маси подрібнюючих тіл до маси сухого матеріалу $m_{\text{мат}}$, який завантажується до млина.

Для визначення $m_{\text{мат}}$ використовуємо формулу (2.1). Приймаючи згідно з [3], що $\gamma = 0,7$; $k = 1,2$, отримуємо:

$$m_{\text{мат}} = \frac{0,7 \cdot 3,4}{\frac{1,2}{3,0} + \frac{1 + \omega}{1,64}}.$$

Для визначення ω необхідно розрахувати щільність сухого матеріалу $\gamma_{\text{мат}}$. Після перерахування заданого вмісту компонентів, що завантажуються до млина з мас. ч. у мас. %, одержуємо:

$$m_{\text{фр}} = 80 \% ; m_{\text{п}} = 16 \% ; m_{\text{гл}} = 4 \%.$$

Тоді за формулою (2.5) отримаємо:

$$\gamma_{\text{мат}} = \frac{\gamma_{\text{фр}} \cdot a_{\text{фр}} + \gamma_{\text{гл}} \cdot a_{\text{гл}} + \gamma_{\text{п}} \cdot a_{\text{п}}}{100} = \frac{2,6 \cdot 10^3 \cdot 80,0 + 2,7 \cdot 10^3 \cdot 4,0 + 2,65 \cdot 10^3 \cdot 16,0}{100} = 2,61 \cdot 10^3,$$

де $a_{\text{фр}}$, $a_{\text{п}}$, $a_{\text{гл}}$ – вміст фрити, мас. %, піску та глини відповідно;

$\gamma_{\text{фр}}$, $\gamma_{\text{п}}$, $\gamma_{\text{гл}}$ – щільність цих компонентів, г/м^3 .

У табл. 2.2 цьому значенню $\gamma_{\text{мат}}$ та заданому значенню $\gamma_{\text{шл}} = 1,64 \text{ кг/м}^3$ відповідає вміст води в 1 кг шлікеру 0,368 кг. Звідси вміст сухого матеріалу становитиме:

$$1,0 - 0,368 = 0,632 \text{ кг.}$$

Далі знаходимо відношення кількості води та сухого матеріалу, що подрібнюється:

$$\omega = \frac{0,368}{0,632} = 0,58.$$

І нарешті за формулами (2.3) і (2.4) визначаємо кількість матеріалів та подрібнюючих тіл, які треба завантажити до млина:

$$m_{\text{мат}} = \frac{0,7 \cdot 3,4}{\frac{1,2}{3 \cdot 10^3} + \frac{1,58}{1,64 \cdot 10^3}} = 1\,735 \text{ кг,}$$

$$m_{\text{к}} = 1,2 \cdot 1735 = 2\,082 \text{ кг.}$$

Таким чином, кількість подрібнюючих матеріалів (уралітових куль), яку потрібно завантажити у млин з барабаном об'ємом $3,4 \text{ м}^3$ для одержання шлікеру з густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,64 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, дорівнює 2 082 кг.

Приклад 3. Розрахувати кількість фрити, пігменту, піску та глини, необхідну для одержання шлікеру з густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

Вихідні дані: рецептура матеріалу, що завантажується до млина, мас. ч.: фрита – 100; пісок – 25; пігмент – 10; глина – 7. Матеріал подрібнюючих тіл – тверда порцеляна. Об'єм барабана кульового млина $v = 1,3 \text{ м}^3$. Щільність матеріалів, кг/м^3 : фрити – $2,7 \cdot 10^3$; піску – $2,65 \cdot 10^3$; пігменту – $3,6 \cdot 10^3$; глини – $2,68 \cdot 10^3$; фарфорових куль – $2,4 \cdot 10^3$.

Спочатку розраховуємо сумарну кількість всіх компонентів, що складають масу сухого матеріалу $m_{\text{мат}}$, який завантажується у млин. Приймаємо $\varphi = 0,8$; $\kappa = 1,4$. Для розрахунку ω необхідно знати кількість води та сухого матеріалу в шлікері

із заданою густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,66 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$. Це потребує визначення щільності сухого матеріалу $\gamma_{\text{мат}}$ з використанням формули (2.5) та перерахунку для неї заданого вмісту компонентів сухого матеріалу з масових часток у масові відсотки.

Після відповідних розрахунків одержуємо такий склад сухого матеріалу, мас. %: фрита – 70,4; пісок кварцовий – 17,6; пігмент – 7,1; глина – 4,9.

Тоді за формулою (2.5) визначаємо щільність матеріалу, що подрібнюється (тобто сухого залишку):

$$\gamma_{\text{мат}} = \frac{\gamma_{\text{фр}} \cdot a_{\text{фр}} + \gamma_{\text{зл}} \cdot a_{\text{гл}} + \gamma_{\text{п.}} \cdot a_{\text{п.}} + \gamma_{\text{піг}} \cdot a_{\text{піг}}}{100} =$$

$$= \frac{2,7 \cdot 10^3 \cdot 70,4 + 2,68 \cdot 10^3 \cdot 4,9 + 2,65 \cdot 10^3 \cdot 17,6 + 3,6 \cdot 10^3 \cdot 7,1}{100} = 2,75 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3.$$

За табл. 4.2 цьому значенню $\gamma_{\text{мат}} = 2,75 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ та $\gamma_{\text{шл}} = 1,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ відповідає вміст води в 1 кг шлікеру 0,363 кг та вміст сухого матеріалу 0,637 кг.

Тоді відношення кількості води та сухого матеріалу, що подрібнюється, становитиме:

$$\omega = \frac{0,363}{0,637} = 0,57.$$

Нарешті за формулою (2.3) визначаємо:

$$m_{\text{мат.}} = \frac{0,8 \cdot 1,3}{\frac{1,4}{2,4 \cdot 10^3} + \frac{1 + 0,57}{1,68 \cdot 10^3}} = 707 \text{ кг.}$$

Таким чином, сумарна кількість фрити, піску кварцового, пігменту та глини, необхідна для одержання шлікеру з густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,68 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ при помелі в кульовому млині об'ємом $1,3 \text{ м}^3$, складе 707 кг. Враховуючи рецептуру матеріалу для завантаження млина, визначаємо вміст кожного з компонентів у мас. %: фрита – 70,4; пісок кварцовий – 17,6; пігмент – 7,1; глина Часів-Ярська (Ч-1) – 4,9. Отже, звідси знаходимо кількість кожного з компонентів, яку треба завантажити до млина, кг: фрита – 497,7; пісок кварцовий – 124,5; пігмент – 50,2; глина Часов-Ярська (Ч-1) – 34,6.

Задачі для розрахунку

1. Розрахувати кількість фрити, піску та глини, які треба завантажити у кульовий млин для одержання 1 т шлікеру густиною $1,7 \cdot 10^3$ кг/м³. Вихідні дані: вміст компонентів у млиновій засипці, мас. ч.: фрита – 100; пісок – 15; глина – 6. Склад фрити, мас. %: SiO₂ – 50; Al₂O₃ – 1,5; B₂O₃ – 9,0; Na₂O – 15,0; K₂O – 5,0; CaF₂ – 7,0; CaO – 3,0; CoO – 1,0; BaO – 5,0; TiO₂ – 4,5. Щільність кварцового піску $\gamma_{\text{п.}} = 2,65 \cdot 10^3$ кг/м³; щільність глини $\gamma_{\text{гл.}} = 2,68 \cdot 10^3$ кг/м³.

2. Визначити кількість кварцитових кульок $m_{\text{к}}$, яку необхідно завантажити у кульовий млин з об'ємом барабана $v = 1,2$ м³ для одержання шлікеру з густиною $\gamma_{\text{шл.}} = 1,5 \cdot 10^3$ кг/м³. Вихідні дані: рецептура млинової засипки, мас. ч.: фрита – 100, глинозем технічний – 10, глина – 5. Щільність матеріалів, кг/м³: кварциту – $2,55 \cdot 10^3$ кг/м³; фрити – $2,48 \cdot 10^3$ кг/м³; глинозему – $3,4 \cdot 10^3$ кг/м³; глини – $2,68 \cdot 10^3$ кг/м³.

3. Обчислити кількість фрити, діоксиду цирконію та глини для одержання шлікеру хімічно стійкої емалі з густиною $\gamma_{\text{шл.}} = 1,75 \cdot 10^3$ кг/м³. Вихідні дані: рецептура суміші, яку завантажують у кульовий млин з барабаном об'ємом 2,6 м³ (мас. ч.): фрита – 100; ZrO₂ – 15; глина – 7. Матеріал подрібнюючих тіл – стеатит. Щільність матеріалів, кг/м³: фрити – $2,67 \cdot 10^3$; ZrO₂ – $5,5 \cdot 10^3$; глини – $2,68 \cdot 10^3$; стеатиту – $2,6 \cdot 10^3$.

4. Розрахувати об'єм барабана кульового млина v для помелу 1500 кг суміші заданого складу. Вихідні дані: склад суміші, мас. ч.: фрита – 100; нефелін-сієнітовий концентрат – 7; пісок кварцовий – 30. Склад фрити, мас. %: SiO₂ – 55; Al₂O₃ – 5; B₂O₃ – 4; Na₂O – 15; K₂O – 5; CaO – 10; CaF₂ – 6. Матеріал подрібнюючих тіл – ураліт; густина шлікеру $\gamma_{\text{шл.}} = 1,80 \cdot 10^3$ кг/м³; щільність ураліту $\gamma_{\text{к}} = 3,0 \cdot 10^3$ кг/м³.

2.4 Розрахунок вмісту сухої речовини та вологості шлікеру за його густиною

Загальні відомості

В умовах виробництв, які передбачають використання шлікерів (керамічних, поливних, емалевих), необхідним є постійний контроль їх основних технологічних параметрів, таких як вологість, щільність тощо. В деяких випадках виникає також необхідність корегування властивостей шлікеру із застосуванням добавок, що вводяться понад 100 % за сухою вагою дисперсної фази. При цьому для визначення кількості корегуючих добавок необхідно спочатку розрахувати вміст сухої твердої речовини (дисперсної фази) у складі шлікеру. Розрахунки проводять з урахуванням щільності сухої частки шлікеру ($\gamma_{\text{сух.ч}}$) та його густини ($\gamma_{\text{шл}}$).

Щільність сухої частки визначають, виходячи з шихтового складу технологічної суміші та щільності її окремих компонентів, за формулою:

$$\gamma_{\text{сух.ч}} = \frac{\sum \gamma_i \cdot a_i}{100}, \quad (2.8)$$

де γ_i – щільність i -го компонента технологічної суміші, г/см³;

a_i – вміст i -го компонента у складі суміші, мас. %.

Якщо бракує відомостей про щільність усіх компонентів технологічної суміші, для розрахунків вмісту сухої речовини та вологості шлікеру припускається, що щільність твердої частини шлікеру є сталою величиною $\gamma_{\text{сух.ч}} = 2,65$ г/см³, оскільки щільність сировинних матеріалів, які використовуються в тонкокерамічних технологіях, коливається незначно. Наприклад, щільність глин – 2,68 г/см³, кварцового піску – 2,65 г/см³, польових шпатів – 2,64 г/см³.

Густина шлікеру визначається за формулою:

$$\gamma_{\text{шл}} = \frac{m}{100}, \quad (2.9)$$

де m – вага шлікеру в об'ємі мірної колби (визначається як різниця між вагою колби ємністю 100 см³ зі шлікером та вагою пустої колби).

Для визначення вмісту сухої частини шлікеру $q_{\text{сух.ч}}$ (%) використовують формулу:

$$q_{\text{сух.ч}} = \frac{\gamma_{\text{сух.ч}} (\gamma_{\text{шл}} - 1)}{\gamma_{\text{шл}} (\gamma_{\text{сух.ч}} - 1)} \cdot 100, \quad (2.10)$$

де $\gamma_{\text{сух.ч}}$ – щільність сухої частини шлікеру, яка розраховується за формулою (2.5), або приймається рівною $2,65 \text{ г/см}^3$;

$\gamma_{\text{шл}}$ – густина шлікеру, яка визначається пікнометричним методом, г/см^3 .

Для визначення відносної вологості шлікеру (%) служить така формула:

$$W_{\text{відн}} = 100 - q_{\text{сух.ч}}, \quad \% \quad (2.11)$$

З метою спрощення розрахунків для шлікерів, що використовуються у виробництві, слід скласти таблицю, за якою за густиною шлікеру визначатимуться його вологість та вміст у ньому сухої речовини. При цьому для керамічних та поливних шлікерів мають бути складені окремі таблиці, оскільки такі шлікери відрізняються не лише за щільністю дисперсної фази, а й за вологістю, що обумовлено технологічними особливостями їх використання. Наявність таких таблиць спрощує і робить більш зручним визначення. Воно полягає у вимірюванні густини шлікеру, за показниками якої визначають вологість шлікеру та кількість його сухої частини. Приклад подання результатів розрахунку в табличному вигляді наведено в таблиці 2.3.

У свою чергу, за кількістю сухої частини шлікеру визначають кількість добавок, які вводяться до складу готового лікеру, за формулою:

$$X_{\text{доб}} = \frac{q_{\text{сух.ч}} \cdot q_{\text{доб}}}{100}, \quad (2.12)$$

де $X_{\text{доб}}$ – кількість добавки, яку вводять до складу готового шлікеру, мас. ч.;

$q_{\text{сух.ч}}$ – вміст сухої частини у складі шлікеру, мас. ч.;

$q_{\text{доб}}$ – вміст добавки, яку треба ввести до готового шлікеру, %, понад 100 % на суху речовину, мас. ч.

Таблиця 2.3 – Вологість шлікеру та вміст в ньому сухої частини залежно від його густини при щільності сухої твердої речовини 2,65 г/см³

Густина шлікеру, г/см ³	Вміст сухої частини, %	Вологість шлікеру, %	Густина шлікеру, г/см ³	Вміст сухої частини, %	Вологість шлікеру, %	Густина шлікеру, г/см ³	Вміст сухої частини, %	Вологість шлікеру, %
1,20	26,77	73,23	1,42	47,50	52,50	1,64	62,55	37,45
1,21	27,88	72,22	1,43	48,29	51,71	1,65	63,13	36,87
1,22	28,96	71,04	1,44	49,08	50,92	1,66	63,72	36,28
1,23	30,00	70,00	1,45	49,84	50,16	1,67	64,31	35,69
1,24	31,09	68,91	1,46	50,60	49,40	1,68	64,88	35,12
1,25	32,12	67,88	1,47	51,35	48,65	1,69	65,45	34,55
1,26	33,14	66,86	1,48	52,09	47,91	1,70	66,01	33,99
1,27	34,15	65,85	1,49	52,82	47,18	1,71	66,68	33,32
1,28	35,13	64,87	1,50	53,54	46,46	1,72	67,23	32,77
1,29	36,11	63,89	1,51	54,24	45,76	1,73	67,77	32,23
1,30	37,06	62,94	1,52	54,94	45,06	1,74	68,30	31,70
1,31	38,01	61,99	1,53	55,63	44,37	1,75	68,83	31,17
1,32	38,93	61,07	1,54	56,32	43,68	1,76	69,35	30,65
1,33	39,84	60,16	1,55	56,98	43,02	1,77	69,83	30,17
1,34	40,75	59,25	1,56	57,65	42,35	1,78	70,38	29,62
1,35	41,64	58,36	1,57	58,31	41,69	1,79	70,88	29,12
1,36	42,51	57,49	1,58	58,96	41,04	1,80	71,38	28,62
1,37	43,38	56,62	1,59	59,60	40,40	1,81	71,87	28,13
1,38	44,21	55,79	1,60	60,08	39,92	1,82	72,36	27,64
1,39	45,06	54,94	1,61	60,70	39,30	1,83	72,84	27,16
1,40	45,89	54,11	1,62	61,32	38,63	1,84	73,32	26,68
1,41	46,71	53,29	1,63	61,90	38,10	1,85	73,79	26,21

Приклад розрахунку

Приклад 1. Визначити вологість фаянсового шлікеру, якщо його густина становить $\gamma_{\text{шл}} = 1,72$ г/см³. Щільність сухої твердої частини шлікеру прийняти $\gamma_{\text{сух.ч}} = 2,56$ г/см³.

Користуючись таблицею 2.3, визначаємо, що вологість фаянсового шлікеру з густиною 1,72 г/см³ становить 32,77 %, а вміст у ньому сухої частини складає 67,23 %.

Приклад 2. Визначити вологість шлікеру поливи з густиною $\gamma_{\text{шл}} = 1,70$ г/см³, якщо до його складу входить фрита – 98 мас. % та бентоніт – 2 мас. %. Склад фрити, мас. %: SiO₂ – 53,0; Al₂O₃ – 10,0; Na₂O – 4; K₂O – 3; CaO – 10; MgO – 4; B₂O₃ – 16. Щільність бентоніту $\gamma_{\text{бент}} = 2,7$ г/см³.

За формулою (2.7) з використанням даних табл. 2.1 визначаємо щільність фрити:

$$\gamma_{\text{фр}} = \frac{100}{\frac{53,0}{2,25} + \frac{10,0}{2,75} + \frac{4,0}{3,25} + \frac{3,0}{3,20} + \frac{10,0}{4,3} + \frac{4,0}{3,5} + \frac{16,0}{2,9}} = 2,614 \text{ г/см}^3.$$

Потім за формулою (2.5) розраховуємо щільність сухої частини шлікеру:

$$\gamma_{\text{сух.ч.}} = \frac{95,0 \cdot 2,614 + 5,0 \cdot 2,7}{100} = 2,618 \text{ \%}.$$

Далі за формулою (2.10) розраховуємо вміст сухої частини шлікеру:

$$q_{\text{сух.ч.}} = \frac{2,618 \cdot (1,7 - 1)}{1,7 \cdot (2,618 - 1)} \cdot 100 = 66,54 \text{ \%}.$$

Вологість глазурного шлікеру визначаємо за формулою 4.19:

$$W_{\text{ш}} = 100 - 66,54 = 33,46 \text{ \%}.$$

Приклад 3. Визначити наважку триполіфосфату натрію, яку треба ввести до готового шлікеру поливи в кількості 2 % понад 100 % на суху речовину з метою збільшення його плинності. Склад шлікеру поливи наведено в попередньому прикладі. Щільність фрити становить 2,614 г/см³.

Аналогічно попередньому прикладу розраховуємо щільність сухої частини шлікеру поливи за формулою (2.5):

$$\gamma_{\text{сух.ч.}} = \frac{95,0 \cdot 2,614 + 5,0 \cdot 2,7}{100} = 2,618 \text{ г/см}^3$$

і визначаємо вміст сухої частини шлікеру за формулою (2.10):

$$q_{\text{сух.ч.}} = \frac{2,618 \cdot (1,7 - 1)}{1,7 \cdot (2,618 - 1)} \cdot 100 = 66,54 \text{ \%}.$$

Далі за формулою (2.12) визначаємо кількість триполіфосфату натрію, який треба ввести до 100 мас. ч. готового шлікеру:

$$X_{\text{доб}} = \frac{66,54 \cdot 2,0}{100} = 1,33 \text{ мас. ч.}$$

Задачі для розрахунку

1. Визначте вологість фарфорового шлікеру, якщо його густина становить $1,75 \text{ г/см}^3$.

2. Обчисліть кількість сухої частини фаянсового шлікеру з густиною $1,70 \text{ г/см}^3$ та розрахуйте кількість матеріалів і води для отримання 500 кг шлікеру.

3. Визначте кількість води, необхідної для дозволоження 100 кг шлікеру, який має густину $1,83 \text{ г/см}^3$, до досягнення ним густини $1,72 \text{ г/см}^3$.

3 РОЗРАХУНОК МАТЕРІАЛЬНОГО БАЛАНСУ ВИРОБНИЦТВА

Загальні відомості

Для ілюстрації порядку проведення розрахунків матеріального балансу керамічних виробництв наводимо два варіанти, які відображають найбільш поширені технології виготовлення виробів грубої та тонкої кераміки, зокрема виробництва лицьової цегли та фарфору господарчо-побутового призначення.

Першим кроком при складанні матеріального балансу виробництва є вибір технологічної схеми, в якій досить детально представлені усі стадії підготовки кожного з сировинних матеріалів, а також етапи виготовлення технологічної суміші, формування напівфабрикату та термообробки виробів. Необхідними є також відомості про обраний склад шихти, хімічний склад сировини, а також втрати на різних стадіях технологічного процесу виготовлення виробів.

Приклад розрахунку

Розрахунок матеріального балансу підприємства з виготовлення грубої будівельної кераміки.

Завдання: розрахувати матеріальний баланс виробництва лицьової цегли методом пластичного формування. Вихідні дані:

- запланована річна продуктивність заводу – 30 млн умовних одиниць на рік;
- основні сировинні матеріали та шихтовий склад керамічної маси: легкоплавка полімінеральна глина – 70 %, аргіліт – 24 %, бій випалених виробів – 6 % (хімічний склад сировини буде наведений на відповідній стадії розрахунку). Для нейтралізації сульфатних солей, які містяться у глині, використовується BaCO_3 в кількості 0,7 % понад 100 % шихти за сухою вагою;
- технологічну схему виробництва наведено на рис. 5.1;
- вологість сировинних матеріалів, які надходять у виробництво: – глина – 19 %; аргіліт – 14 %, бій виробів – 0,5 %;
- формувальна вологість керамічної маси – 22 %, вологість сирцю після сушіння – 2 %;
- дані про втрати на усіх стадіях технологічного процесу.

Нижче наведено порядок розрахунку.

Визначаємо масу цегли (t), яка відповідає заданій продуктивності виробництва (маса однієї цеглини 2,8 кг):

$$\frac{30\ 000\ 000 \cdot 2,8}{1\ 000} = 84000\ \text{т.}$$

З урахуванням браку (3 %) при випалі напівфабрикатів на стадію випалу має надійти цегли:

$$\frac{84\ 000 \cdot 100}{100 - 3} = 86\ 597,94\ \text{т.}$$

Звідси брак при випалі напівфабрикату (B_1) у натуральному вираженні складає:

$$B_1 = 86\ 597,94 - 84\ 000 = 2\ 597,94\ \text{т.}$$

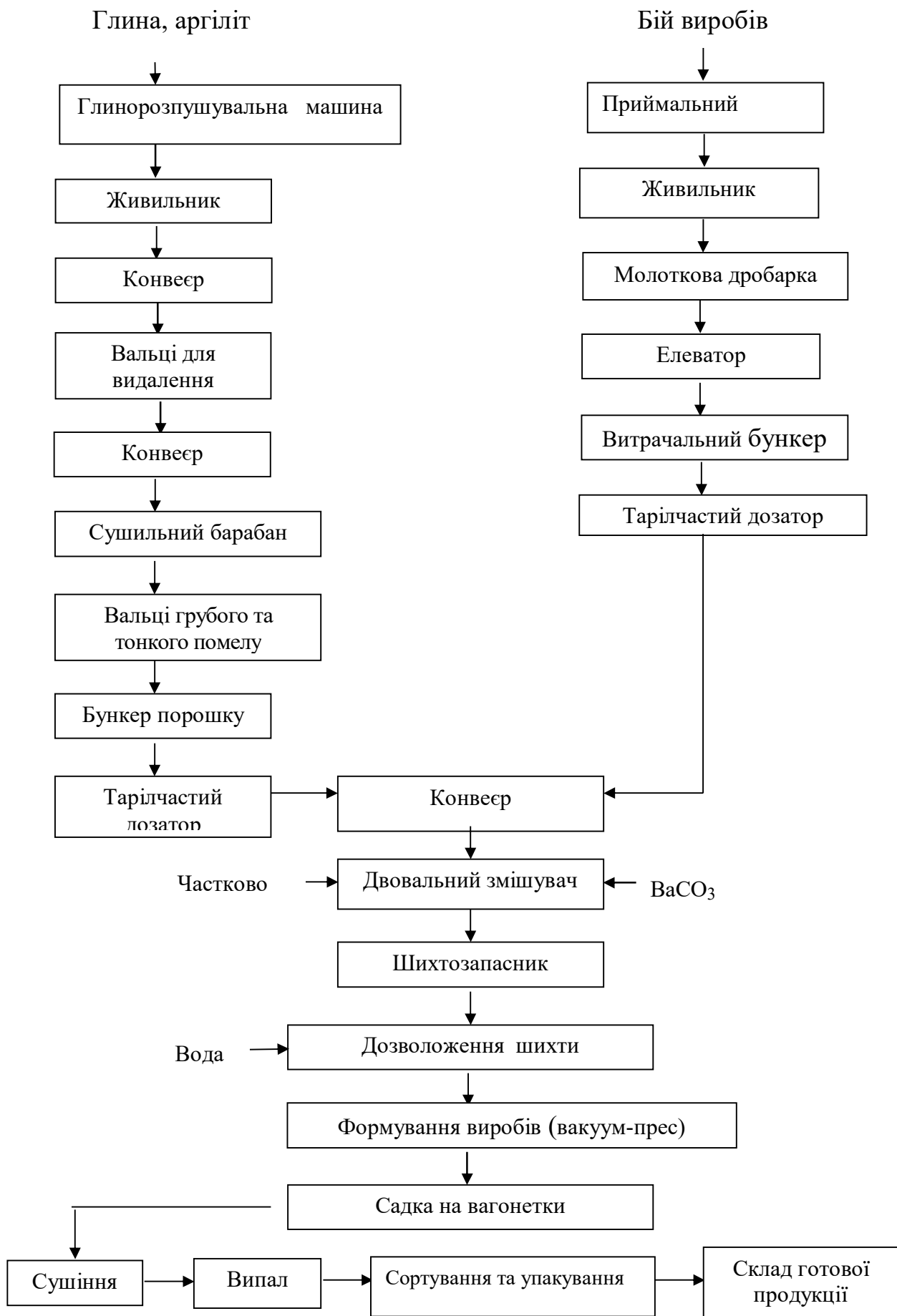


Рисунок 3.1 – Технологічна схема отримання лицьової цегли

При випалі напівфабрикатів у матеріалі відбуваються різні фізико-хімічні процеси, пов'язані з вигорянням органічних речовин, видаленням конституційної води з глинистих мінералів, які супроводжуються втратою маси виробів. Втрати маси залежать від втрат при прожарюванні кожної окремої сировини та від її кількості у шихті.

Шихтовий склад матеріалу наведений у завданні. Розраховуємо втрати при прожарюванні керамічної маси (в. п. п) з урахуванням в. п. п. полімінеральної глини та аргіліту, які становлять 6 та 4,5 % відповідно:

$$\text{в.п.п. маси} = 70 \cdot 0,06 + 24 \cdot 0,045 = 5,28 \text{ \%}.$$

З урахуванням втрат при прожарюванні маси на випал має надійти:

$$\frac{86\,597,94 \cdot 100}{100 - 5,28} = 91\,425,2 \text{ т.}$$

У натуральному виразі при прожарюванні маси становлять:

$$П_1 = 91\,425,2 - 86\,597,94 = 4\,827,26 \text{ т.}$$

На випал напівфабрикати надходять після сушіння з остаточною вологістю 2 %, що також має бути враховано при визначенні маси виробів, які надходять у піч. Тоді з урахуванням остаточної вологості сирцю на випал надходитиме:

$$\frac{9\,142,2 \cdot 100}{100 - 2} = 93\,291,02 \text{ т.}$$

Таким чином при випалі видалиться волога в кількості:

$$В_1 = 93\,291,02 - 91\,425,2 = 1\,865,82 \text{ т.}$$

На сушіння сирець надходить безпосередньо після формування на вакуум-пресі. Під час сушіння напівфабрикатів можуть виникнути деякі дефекти, які практично завжди мають місце при висушуванні виробів пластичного формування. Прийmemo, що брак сушіння (B_2) становитиме 2 %.

Тоді на сушіння має надійти напівфабрикатів:

$$\frac{9\,3291,02 \cdot 100}{100 - 2} = 95\,194,92 \text{ т.}$$

Брак сушіння у натуральному вираженні складає:

$$B_2 = 95\,194,92 - 93\,291,02 = 1\,903,9 \text{ т.}$$

Відформовані напівфабрикати надходять на сушіння з вологістю, яка дорівнює формувальній вологості маси (22 %) і висушуються до остаточної вологості 2 %. З урахуванням цього на сушіння надійде така маса напівфабрикатів:

$$\frac{95\,194,92 \cdot (100 - 2)}{100 - 22} = 119\,603,87 \text{ т.}$$

Тоді під час сушіння видалиться вологи:

$$B_2 = 119\,603,87 - 95\,194,92 = 24\,408,95 \text{ т.}$$

Формування сирцю відбувається на стрічковому вакуум-пресі (брак формування становить 1 %). З урахуванням цього виду браку на формування має надійти керамічної маси з вологістю 22 %:

$$\frac{119\,603,87 \cdot 100}{100 - 1} = 120\,812 \text{ т.}$$

Таким чином, брак при формуванні (B_3) у натуральному виразі складає:

$$B_3 = 120\,812 - 119\,603,87 = 1\,208,13 \text{ т.}$$

На формування у вакуум-прес керамічна маса потрапляє безпосередньо після глином'ялки (рис. 3.1). У глином'ялку надходить шихта після шихтозапасника, де вона вилежувалась протягом часу, необхідного для перебігу обмінних реакцій в шихті та надання їй однорідності. У шихтозапасник шихта потрапляє після двовального змішувача, де сировина перемішувалась з додаванням невеликої кількості води. Після змішувача шихта виходить з вологістю 8 %.

Отже, у глином'ялку шихта надходить з вологістю 8 %, а після неї виходить керамічна маса з вологістю 22 %. Для того щоб визначити кількість шихти, яка має надходити у глином'ялку, виходячи з кількості маси з вологістю 22 %, необхідно провести перерахунок кількості матеріалу з однієї вологості на іншу (тобто з 22 % на 8 %):

$$\frac{120\ 812 \cdot (100 - 22)}{100 - 8} = 102427,57 \text{ т шихти з вологістю 8 \%}.$$

Тоді для дозволення шихти з 8 % до 22 % необхідно додати води:

$$120\ 812 - 102\ 427,57 = 18\ 384,43 \text{ т.}$$

З урахуванням втрат шихти (0,5 %) і води (0,5 %) у глином'ялку повинно надійти:

$$- \text{ шихти з вологістю 8 \%: } \frac{102\ 427,57 \cdot 100}{100 - 0,5} = 102\ 942,28 \text{ т;}$$

$$- \text{ води: } \frac{18\ 384,43 \cdot 100}{100 - 0,5} = 18\ 476,81 \text{ т.}$$

Втрати шихти (P_2) з вологістю 8 % та води (P_3) у натуральному виразі становлять:

$$- \text{ шихти: } - P_2 = 102\ 942,28 - 102\ 427,57 = 514,71 \text{ т;}$$

$$- \text{ води: } - P_3 = 18\ 476,81 - 18\ 384,43 = 92,38 \text{ т.}$$

З урахуванням втрат шихти при її переміщенні у шихтозапаснику (1 %) до нього має надійти шихти з вологістю 8 %:

$$\frac{102\ 942,28 \cdot 100}{100 - 1} = 103\ 982,1 \text{ т.}$$

Втрати шихти у натуральному виразі (P_4) становлять:

$$P_4 = 103\ 982,1 - 102\ 942,28 = 1\ 039,82 \text{ т.}$$

До змішувача шихта надходить з вологістю, якої їй надає підсушена сировина – глина та аргіліт. Глина підсушується у сушильному барабані до

вологості 4 %, аргіліт – до вологості 3 %. Бій виробів не сушиться, тому що вологість бою за умови його зберігання у сухому приміщенні становить приблизно 0,5 %.

Вологість шихти, яка залежить від вмісту в ній сировини та вологості сировини після переробки, розраховується таким чином:

$$W_{\text{шихти}} = 70 \cdot 0,04 + 24 \cdot 0,03 + 6 \cdot 0,005 = 3,55 \%$$

У кожній сумі перший множник – це вміст сировини у шихті у відсотках, другий – волога, яка припадає на 1 % сировини.

Отже, у змішувач шихта надходить з вологістю 3,55 %, а на виході зі змішувача вона має вологість 8 %. Виходячи з цього, знайдемо кількість шихти, яка надходить на змішування:

$$\frac{10\,3982,1 \cdot (100 - 8)}{100 - 3,55} = 99\,184,58 \text{ т шихти з вологістю } 3,55 \%$$

Тоді кількість води, необхідна для дозволення шихти з 3,55 % до 8 %, становить:

$$103\,982,1 - 99\,184,58 = 4\,797,52 \text{ т.}$$

З урахуванням втрат шихти (0,5 %) і води (0,5 %) у змішувач має надійти:

$$\text{– шихти з вологістю } 3,55 \%: \quad \frac{99\,184,58 \cdot 100}{100 - 0,5} = 99\,683 \text{ т;}$$

$$\text{– води:} \quad \frac{4\,797,52 \cdot 100}{100 - 0,5} = 4\,821,63 \text{ т.}$$

Втрати шихти (Π_5) та води (Π_6) у натуральному виразі становлять:

$$\Pi_5 = 99683 - 99184,58 = 498,42 \text{ т;}$$

$$\Pi_6 = 4821,63 - 4797,52 = 24,11 \text{ т.}$$

Після того, як було визначено кількість шихти, яка потрапляє у змішувач, можна вирахувати кількість кожного сировинного матеріалу у цій шихті. Виходячи з шихтового складу керамічної маси, у шихті буде міститися сировини:

– легкоплавкої глини з вологістю 4 %:

$$99\,683 \cdot 0,7 = 69\,778,1 \text{ т};$$

– аргіліту з вологістю 3 %:

$$99\,683 \cdot 0,24 = 23\,923,92 \text{ т};$$

– бою випалених виробів з вологістю 0,5 %:

$$99\,683 \cdot 0,06 = 5\,981 \text{ т}.$$

З урахуванням втрат бою виробів при його подрібненні, транспортуванні та дозуванні (0,5 %) на складі сировини його має бути:

$$\frac{5\,981 \cdot 100}{100 - 0,5} = 6\,011,06 \text{ т}.$$

Втрати бою у натуральному виразі становлять:

$$П_7 = 6\,011,06 - 5\,981 = 30,06 \text{ т}.$$

При розрахунках кількості легкоплавкої глини та аргіліту, що має зберігатися на складі, слід пам'ятати, що ця сировина має високу природну вологість і підсушується у сушильному барабані. Як зазначалося вище, вологість глини та аргіліту, коли вони надходять у виробництво, становить відповідно 19 % і 14 %, а висушуються вони до 4 % і 3 %. Виходячи з цього, слід розрахувати кількість глини та аргіліту, яка буде потрапляти у сушильний барабан. Ця кількість становитиме:

для глини з вологістю 19 %:

$$\frac{69778,1 \cdot (100 - 4)}{100 - 19} = 82699,97 \text{ т};$$

для аргіліту з вологістю 14 %:

$$\frac{23923,92 \cdot (100 - 3)}{100 - 14} = 26983,96 \text{ т}.$$

Тоді при сушінні цієї сировини видалиться вологи:

$$- \text{ із глини} \quad B_3 = 82\,699,97 - 69\,778,1 = 12\,921,87 \text{ т};$$

$$- \text{ із аргіліту} \quad B_4 = 26\,983,96 - 23\,923,92 = 3\,060,04 \text{ т}.$$

З урахуванням втрат глини та аргіліту (по 1 %) при їх переробці у сушильному барабані на складі сировини має знаходитися:

$$\text{глини з вологістю 19 \%:} \quad \frac{82\,699,97 \cdot 100}{100 - 1} = 83\,535,32 \text{ т};$$

$$\text{аргіліту з вологістю 14 \%:} \quad \frac{26\,983,96 \cdot 100}{100 - 1} = 27\,256,53 \text{ т}.$$

Втрати глини (P_8) та аргіліту (P_9) у натуральному виразі становлять:

$$P_8 = 83\,535,32 - 82\,699,97 = 835,35 \text{ т};$$

$$P_9 = 27\,256,53 - 26\,983,96 = 272,57 \text{ т}.$$

При розрахунку матеріального балансу необхідно враховувати й усі допоміжні речовини, що використовуються при виготовленні продукції. В даному випадку для нейтралізації сульфатних солей, які містяться у глині, використовується CaCO_3 в кількості 0,7 % понад 100 % шихти за сухою вагою.

Для того, щоб розрахувати необхідну кількість карбонату барію, необхідно знати масу сухої шихти. Її можна визначити, виходячи з маси вологої шихти. Вище було розраховано, що кількість шихти з вологістю 3,55 % становить 99683 т. Тоді маса сухої шихти становить:

$$\frac{99\,683 \cdot (100 - 3,55)}{100} = 96\,144,25 \text{ т}.$$

Виходячи з витрат CaCO_3 , необхідна кількість цієї речовини становитиме:

$$96\,144,25 \text{ т сухої шихти} - 100 \%$$

$$X \text{ т } \text{CaCO}_3 - 0,7 \%$$

Звідси $X = 673 \text{ т } \text{CaCO}_3$.

За своїм хімічним складом BaCO_3 має втрати маси при прожарюванні 22,5 %, що у натуральному виразі для розрахованої вище кількості BaCO_3 становитиме:

$$П_{10} = 673 \cdot 0,225 = 151,43 \text{ т.}$$

Різницю між необхідною кількістю BaCO_3 та втратами після прожарювання цієї речовини становить маса BaO , яка буде входити у склад матеріалу і має бути додана до маси товарної продукції. Отже, маса BaO складає:

$$\text{BaO} = 673 - 151,43 = 521,57 \text{ т.}$$

На наступному етапі розрахунків для визначення відхилу балансу необхідно скласти підсумкову таблицю за таким зразком (табл. 3.1).

За даними розрахунків відхил матеріального балансу становить:

$$\frac{|140\ 657,86 - 140\ 774,33|}{140\ 657,86} \cdot 100 = 0,083 \text{ \%}.$$

Значення відхилу свідчить про високу точність проведених розрахунків.

На останньому етапі розрахунків для кожного виду сировини та допоміжних матеріалів визначаються витратні коефіцієнти на тону готової продукції, які використовуються при економічному обґрунтуванні проекту:

- бій випалених виробів – $\frac{6011,06}{84\ 521,57} = 0,07$ т/т продукції;
- легкоплавка глина – $\frac{83\ 535,32}{84\ 521,57} = 0,99$ т/т продукції.
- аргіліт – $\frac{27\ 256,53}{84\ 521,57} = 0,32$ т/т продукції;
- карбонат барію – $\frac{673}{84\ 521,57} = 0,008$ т/т продукції;
- технологічна вода – $\frac{18\ 384,43 + 4\ 797,52}{84\ 521,57} = 0,27$ т/т продукції.

На цьому розрахунок матеріального балансу виробництва лицьової цегли закінчено.

Таблиця 3.1 – Приход та витрата матеріалів при виробництві цегли

Приход		Витрати	
найменування статті	кількість матеріалу, т	найменування статті	кількість матеріалу, т
1. Сировина на складі: бій виробів з вологістю 0,5 %	6011,06	1. Товарна продукція (додатково ВаО у складі матеріалу)	84 000 521,57
-глина з вологістю 19 %	83 535,32		
-аргіліт з вологістю 14 %	27 256,53		
2. Допоміжні матеріали: ВаСО ₃	673	2. Зворотні втрати виробництва: брак випалу виробів (Б ₁)	2 597,94
-вода для дозволоження шихти з 8 % до 22 %	18 384,43	брак сушіння виробів (Б ₂)	1 903,9
-вода для дозволоження шихти з 3,55 % до 8%	4 797,52	брак при формуванні (Б ₃)	1 208,13
		3. Неповоротні втрати виробництва:	
		-втрати шихти з вологістю 8 % у глином'ялці (П ₂)	514,71
		-втрати технологічної води у глином'ялці (П ₃)	92,38
		-втрати шихти з вологістю 8 % у шихтозапаснику (П ₄)	1 039,82
		-втрати шихти з вологістю 3,55 % у змішувачі (П ₅)	498,42
		-втрати технологічної води у змішувачі (П ₆)	24,11
		-втрати бою виробів під час його підготовки (П ₇)	30,06
		-втрати глини при переробці (П ₈)	835,35
		-втрати аргіліту при переробці (П ₉)	272,57
		Втрати маси за рахунок видалення вологи:	
		-остаточна волога при випалі виробів (В ₁)	1 865,82
		-волога при сушінні напівфабрикатів (В ₂)	24 408,95
		-волога при сушінні глини (В ₃)	12 921,87
		-волога при сушінні аргіліту (В ₄)	3 060,04
		5. Втрати маси під час перебігу	
			4827,26
			151,43
Разом за статтею	140 657,86	Разом за статтею	140 774,33

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Масленникова Г. Н. Основы расчета состав масс и глазурей в электрокерамике / Г. Н. Масленникова, Ф. Я. Харитонов. – М. : Энергия, 1978. – 143 с.
2. Дудеров Ю. Г. Расчеты по технологии керамики : справ. пособ. / Ю. Г. Дудеров, И. Г. Дудеров. – М. : Стройиздат, 1973. – 80 с.
3. Боженков П.И. Строительная керамика из побочных отходов промышленности : монография / П. И. Боженков, И. В. Глибина, Б. А. Григорьев. – М. : Стройиздат, 1986. – 136 с.
4. Августиник И. А. Керамика : учеб.пособ. / И. А. Августиник. – Л. : Стройиздат, 1975.– 591 с.

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
із навчальної дисципліни

«ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТА ТЕХНІЧНОЇ КЕРАМІКИ»

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

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

Відповідальний за випуск *І. С. Зайцева*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *О. І. Фесенко*

План 2020, поз. 99 М.

Підп. до друку 11.03.2020. Формат 60 × 84/16.
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 3,4.
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.