

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
Кафедра електричної інженерії

Методичні вказівки для виконання
індивідуальної та самостійної роботи
з дисципліни
«Вогнетриви та ізоляційні матеріали»
для студентів денної та заочної форм навчання
технічних спеціальностей

Покровськ-2020

УДК 621.3
М 54

Методичні вказівки для виконання індивідуальної та самостійної роботи з дисципліни Вогнетриви та ізоляційні матеріали для студентів денної та заочної форм навчання технічних спеціальностей / уклад. О.М. Любименко. – Покровськ : ДонНТУ, 2020 . – 44 с.

У методичних вказівках надано рекомендації до самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни «Вогнетриви та ізоляційні матеріали», а також до виконання індивідуальних домашніх завдань; перелік рекомендованої літератури; вихідні дані.

Методичні вказівки можуть бути використані студентами денної та заочної форми навчання технічних спеціальностей.

Укладачі

Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц.

кафедри електричної інженерії

Рецензент

Штепа О.А. доц., к.т.н., доц. кафедри
електронної техніки

Відповідальний за випуск
завідувач кафедри

Колларов О.Ю., доц., к.т.н., доц.
кафедри електричної інженерії

Затверджено навчально-методичним відділом ДонНТУ,
протокол № 9 від 24 .03 .2020 року

Розглянуто на засіданні кафедри електричної інженерії,
протокол № 11 від 03 .03.2020 року

© Донецький національний
технічний університет, 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ	6
1.1 Визначення варіанта завдання індивідуальної роботи	6
1.2 Оцінювання індивідуальної роботи	7
1.3 Вимоги до оформлення індивідуальної роботи	8
2. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	11
2.1 Основні теоретичні положення для розрахункової роботи	11
2.2 Вихідні дані для розрахункової роботи	15
3. РОЗРАХУНКОВА ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА.....	18
3.1 Загальна характеристика, призначення і властивості мінеральної вати та виробів, виготовлених із неї.....	18
3.2 Сировина для виробництва мінеральної вати	18
3.3 Технологія виробництва мінеральної вати.....	19
3.4 Розрахунок складу шихти для виробництва мінеральної вати	19
3.4.1 Розрахунок складу шихти методом послідовного наближення.....	17
3.4.2 Розрахунок складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь	25
3.5 Розрахунок матеріального балансу для виробництва мінеральної вати	27
3.5.1 Обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини.....	27
3.5.2 Розрахунок матеріального балансу за масою для отримання 1 т мінеральної вати.....	31
3.6 Розрахунок складських приміщень для вихідної сировини та готової продукції в мінераловатному виробництві.....	36
3.7 Контроль виробництва мінеральної вати і виробів з неї	38
4. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ	40
5.ТЕСТИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	44

ВСТУП

Дані вказівки призначено для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності Теплоенергетика. Вони підготовлені відповідно до навчальної програми дисципліни «Вогнетривки та ізоляційні матеріали».

Під матеріалами для теплоенергетики розуміють констукційні матеріали, які використовуються для спорудження (монтажу), ремонтів та технічного обслуговування теплотехнологічного та теплоенергетичного устаткування.

Конструкційні матеріали класифікуються за чотирма ознаками:

- за природою: металеві, неметалеві, композиційні;
- за технологією виготовлення: на литі, деформовані, випалені, невипалені, спечені, напилювані, наплавлені, зварні;
- за умовами роботи: корозієтривкі, жаротривкі, холоднотривкі, антифрикційні, вогнетривкі, теплоізоляційні;
- за формою постачання: зливки, листи, стрічки, труби, прутки, дріт, профілі (кутники, рейки, швелери тощо), вогнетривкі порошки, штучні, фасонні, блочні, панельні і інші вогнетривкі вироби.

При виборі конструкційних матеріалів для теплотехнологічного та теплоенергетичного обладнання слід чітко визначити умови їх служби у кожному окремому елементі установки. Виходячи із умов експлуатації до конструкційних матеріалів пред'являють певні вимоги. Тому номенклатура конструкційних матеріалів теплоенергетики дуже різноманітна. Із всіх конструкційних матеріалів теплоенергетики найбільш своєрідними вважаються вогнетриви. Багатогранні вимоги та труднощі їх комплексного виконання призвели до створення великої кількості різновидів вогнетривів за їх хімікомінералогічним складом. Для правильного вибору конструкційних матеріалів і відповідних режимів експлуатації конкретних елементів теплотехнологічного обладнання необхідно вивчити і враховувати у практичній діяльності їх фізико-хімічні і механічні властивості, мати чітку уяву про сутність і зміст їх основних характеристик, що наводяться у довідниках.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- сутність характеристик конструкційних матеріалів, що наводяться у довідниках;

- маркіровку, властивості і межі застосування основних видів конструкційних матеріалів, їх відносну вартість.

вміти:

- визначати найбільш ефективні матеріали для конкретних умов роботи

- окремих елементів тепло/технологічних та теплоенергетичних установок.

1. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ, ОФОРМЛЕННЯ ТА ОЦІНЮВАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

1.1 Визначення варіанта завдання індивідуальної роботи

Варіант індивідуального завдання для кожного студента визначається за двома цифрами.

Перша цифра варіанта завдання відповідає останній цифрі номера індивідуального плану (залікової книжки) студента або в журналі академічної групи (відомості деканату) за домовленістю з викладачем. За цією цифрою з табл. 2.1 визначається розрахунковий модуль кислотності мінеральної вати, найменування основного (першого) компонента шихти – шлаку, показники його хімічного складу, модулі основності та кислотності шлаку. Друга цифра варіанта завдання відповідає останній цифрі номера студента в журналі академічної групи (відомості деканату). За цією цифрою з табл.2.2 визначається найменування додаткового компонента – коригуючої добавки, показники її хімічного складу та модулів основності і кислотності. Характеристика компонентів шихти для виробництва мінеральної вати, наведено в табл. 2.3.

Індивідуальні домашні завдання (ДЗ) охоплюють усі розділи, при виконанні ДЗ студент повинен знати відповідний теоретичний матеріал.

Текстова частина ДЗ виконується на листах одностороннього білого паперу формату А4. Другою та третьою сторінками є лист завдання, на якому повинні бути написані постановки задач з вихідними даними варіанта студента.

Усі сторінки ДЗ, окрім першої, повинні бути пронумеровані та скріплені степлером (включаючи графічну частину). Перша сторінка (титульний лист) не нумерується, але враховується. Індивідуальне завдання складається з декількох частин, тому варто кожну частину починати з нової сторінки і нумерувати.

Кожна частина закінчується окремою сторінкою, на яку виписуються результати розрахунку.

1.2 Оцінювання індивідуальної роботи

Робота, оформлена не відповідно належним вимогам, на перевірку не приймається. Якщо робота виконана не вірно, або в роботі є помилки вона повертається на доопрацювання.

Максимальна кількість балів отриманих за розрахунково- графічну роботу (домашні завдання), визначається з робочої програми дисципліни. За вірно виконану розрахункову роботу студент має можливість отримати 10 балів, а саме:

За теоретичну частину – 2 балів;

За практичну частину – 5 балів;

захист розрахункової роботи – 3 балів.

«8 - 10 балів» «відмінно» - одержують роботи, в яких містяться самостійні висновки, дається самостійний аналіз фактичного матеріалу на основі глибоких знань літератури з даного предмету.

«5 – 7» «добре» - ставиться в тому випадку, коли в роботі допущені незначні розрахункові неточності.

«3 – 4» – «задовільно» - заслуговують роботи, в яких містяться окремі помилкові положення та не чітко висвітлені відповіді на запитання.

«0 – 3» – «незадовільно» - студент одержує у випадку, коли не може відповісти на запитання викладача, в розрахунках допущені грубі помилки, не володіє матеріалом роботи, не в змозі дати пояснення висновкам і теоретичним положенням даної проблеми. У цьому випадку студенту має бути надана можливість повторного захисту.

Захист і оцінка розрахункової роботи – це підведення підсумків самостійної роботи студента й одержання права допуску до екзамену з дисципліни «Вогнетривки та ізоляційні матеріали».

Відпрацьовування пропущених лекцій та практичних занять здійснюється під час консультацій та передбачає наявність теоретичного матеріалу у конспекті та позитивних усних відповідей на запитання викладача по даній темі. Тобто

студент повинен самостійно вивчити тему та вміти розв'язувати задачі. Для відпрацювання пропущених практичних або лабораторних занять викладач назначає додатковий час консультацій.

Оцінки, отримані при виконанні індивідуального завдання та лабораторних (практичних) робіт, або під час проведення практичних занять, враховуються при виставленні заліку (екзамену). При отриманні незадовільної оцінки з будь-якого виду занять студенту назначається додаткова консультація (не більше двох на одне заняття) для перездачі.

1.3 Вимоги до оформлення індивідуальної роботи

Індивідуальна робота повинна бути написана українською мовою письмово або надрукована на комп'ютері. Для підготовки і друкування рекомендується використовувати текстовий редактор Microsoft Word.

Робота оформляється на аркушах формату А4 (210 x 297 мм) з міжрядковим інтервалом 1,5.

Рекомендується: шрифт – Times New Roman, 14 пт., формули – Microsoft Equation. Розміри полей: верхнє – 15 мм, нижнє – 25 мм, ліве – 30 мм, праве – 10 мм.

Структурні елементи та розділи повинні починатися з нової сторінки. Слід намагатися, щоб сторінка, яка передує початку нового структурного елемента, була заповнена не менше ніж на половину.

Заголовки структурних елементів та розділів необхідно розміщувати на середині рядка та друкувати великими літерами без крапки в кінці. Не можна розміщувати заголовки підрозділів в нижній частині сторінки, якщо після нього залишається тільки один рядок тексту (мінімум має бути два рядки).

Розділи, підрозділи, пункти та підпункти нумеруються арабськими цифрами. Номер підрозділу складається з номера розділу та порядкового номера підрозділу, розділених крапкою, наприклад, 1.1, 1.2 тощо (додаток Е).

Сторінки проекту нумеруються арабськими цифрами в середній верхній частині аркуша над текстом всередині рамки зі збереженням наскрізної нумерації всього тексту. На титульному аркуші номер сторінки не ставиться.

Ілюстрації необхідно розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. На всі ілюстрації повинні бути посилання в роботі.

Креслення, рисунки, графіки, схеми, діаграми повинні відповідати вимогам стандартів ЄСКД та ЄСДП.

Ілюстрації нумеруються арабськими цифрами в межах розділу та вказуються «Рисунок», що разом з назвою ілюстрації (у разі необхідності) розміщується під рисунком, наприклад,

«Рисунок 3.2 – Схема складових сил різання» (другий рисунок третього розділу).

Таблицю слід розміщувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. На всі таблиці повинні бути посилання в тексті. Слово «Таблиця» розміщується зліва над таблицею, наприклад, «Таблиця 2.1 – Результати експерименту» (перша таблиця другого розділу).

Формули та рівняння наводять безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині рядка, з полями знизу та зверху не менше одного рядка. Для набору формул у текстовому редакторі Microsoft Word рекомендується використовувати засіб Microsoft Equation.

Номер формули або рівняння складається з номера розділу і порядкового номера, розділених крапкою, наприклад, (2.4) - четверта формула другого розділу. Номер проставляється в круглих дужках на рівні формули в крайньому правому положенні на рядку.

Пояснення символів та числових коефіцієнтів формул слід наводити безпосередньо під формулою, в тій самій послідовності, в якій вони надані в формулі. Перший рядок починають з абзацу словом «де» без двокрапки.

Додатки потрібно розміщувати у порядку посилань на них у тексті. Кожний додаток повинен починатися з нової сторінки. Додатки позначають посередині рядка великими літерами /А, Б, В.../. Наприклад, «Додаток А».

Далі, симетрично до тексту, друкується заголовок додатка. Додатки повинні мати спільну з рештою частиною роботи наскрізну нумерацію сторінок.

2.ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1 Основні теоретичні положення для розрахункової роботи

Мінеральна вата – це рихло-волокнистий матеріал, який складається з тонких (1...15 мкм) волокон склоподібної структури. Технічні вимоги щодо мінеральної вати наведено в ДСТУ Б В.2.7-94-2000 (ГОСТ 4640-93). Основними показниками якості мінеральної вати є діаметр і довжина волокон, марка за середньою густиною, вміст корольків, вологість, водопоглинання, теплопровідність, температуростійкість тощо.

Сировинні матеріали для мінераловатного виробництва є достатньо різноманітними. Для виготовлення мінеральної вати застосовуються металургійні шлаки, промислові відходи, попутні продукти силікатних виробництв, гірські породи. Сировина для виробництва мінеральної вати повинна задовольняти такі вимоги: вона повинна мати певний хімічний склад, що забезпечує стійкість волокна проти дії експлуатаційних чинників (вологи, температури повітря); невисоку температуру отримання розплаву, досягну в плавильних агрегатах, які застосовуються з цією метою; утворювати силікатні розплави з необхідними для волокноутворення реологічними показниками; бути поширеною і не вимагати складної попередньої підготовки.

Вищенаведені вимоги забезпечуються виготовленням відповідної суміші (шихти), яка складається з двох і більше компонентів. Лише деякі види природної сировини можуть бути використані для отримання мінеральної вати без підшихтовування, тобто змінення хімічного й мінерального складів.

Доменні шлаки є одним з основних видів сировини для виробництва мінеральної вати. Вони є високотемпературними розплавами або продуктами їхнього охолодження, що існують у вигляді каменю, в якому кристалізуються силікати й алюмосилікати. Залежно від співвідношення оксидів, що входять до їх складу: SiO_2 , Al_2O_3 , CaO і MgO , загальна кількість яких складає 92...98% від маси, шлаки поділяються на:

- 1) Основні (з модулем основності $M_0 = \frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3} > 1$).
- 2) Кислі ($M_0 < 1$).
- 3) Нейтральні ($M_0 = 1$).

До складу шлаків входить шість основних оксидів, вміст яких у відсотках від маси є таким:

SiO_2 – 35...40; Al_2O_3 – 10...15; CaO – 35...45;
 MgO – 5...10; $Fe_2O_3 + FeO$ – 0,5...2,0.

Для отримання мінеральної вати використовуються також вагранкові шлаки, які можна застосовувати не лише в якості компонента шихти для підкислювання доменних шлаків, а й як основну сировину. Вміст оксидів у цих шлаках (у відсотках від маси) є таким:

SiO_2 – 40...49; Al_2O_3 – 17...19; CaO – 19...32;
 MgO – 3...4; Fe_2O_3 – 3...5.

За своїм хімічним складом мартенівські шлаки належать до основних. Загальний вміст у них SiO_2 і Al_2O_3 не перевищує 40 %. Крім того, до їх складу зазвичай входить майже 20% оксидів заліза і марганцю. Вони можуть використовуватись у якості добавки до доменних шлаків або гірських порід з метою зниження в'язкості розплаву.

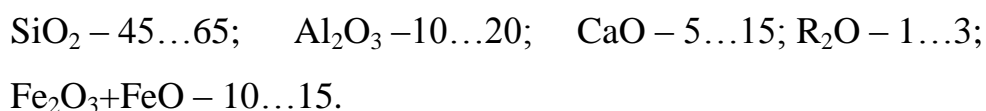
Металургійні шлаки використовуються як в охолодженому стані (відвальні шлаки), так і в вогнянорідкому, який дає можливість істотно знизити витрати палива на виробництво мінеральної вати, але суттєві труднощі корегування складу вогняно-рідких шлаків стримують розвиток даного типу їхньої переробки.

Зола теплових електростанцій є видом сировини, що характеризується несталістю хімічного складу, залежного від виду спалюваного вугілля, проте

проведені дослідження довели можливість її переробки на мінеральну вату за приготування силікатного розплаву в електропечах.

Відходи керамічного і силікатного виробництв служать для регулювання хімічного складу шихти, основним компонентом якої являються металургійні шлаки.

Гірські породи можуть застосовуватися або в якості однокомпонентної сировини, або як компонент шихти. Для виробництва мінеральної вати придатні вивержені породи габбро-базальтової групи та подібні до них за хімічним складом метаморфічні гірські породи, а також карбонатні. Вміст оксидів у складі вивержених гірських порід, які використовуються для виробництва мінеральної вати (у відсотках від маси) є таким:



Технологія виготовлення мінеральної вати передбачає такі процеси: підготовку сировини, плавлення сировини й отримання силікатного розплаву, переробку розплаву на волокно, виготовлення виробів на основі мінеральної вати. Для отримання силікатного розплаву застосовуються такі теплові агрегати і печі: вагранки, шахтні плавильні, ванні, шахтно-ванні, шлакоприймачі, електродугові, циклонні, конверторні. Переробку силікатного розплаву на мінеральне волокно виконують способами дуття, відцентровування та комбінування. Загальну технологічну схему виробництва мінеральної вати зображено на рисунку 2.1.

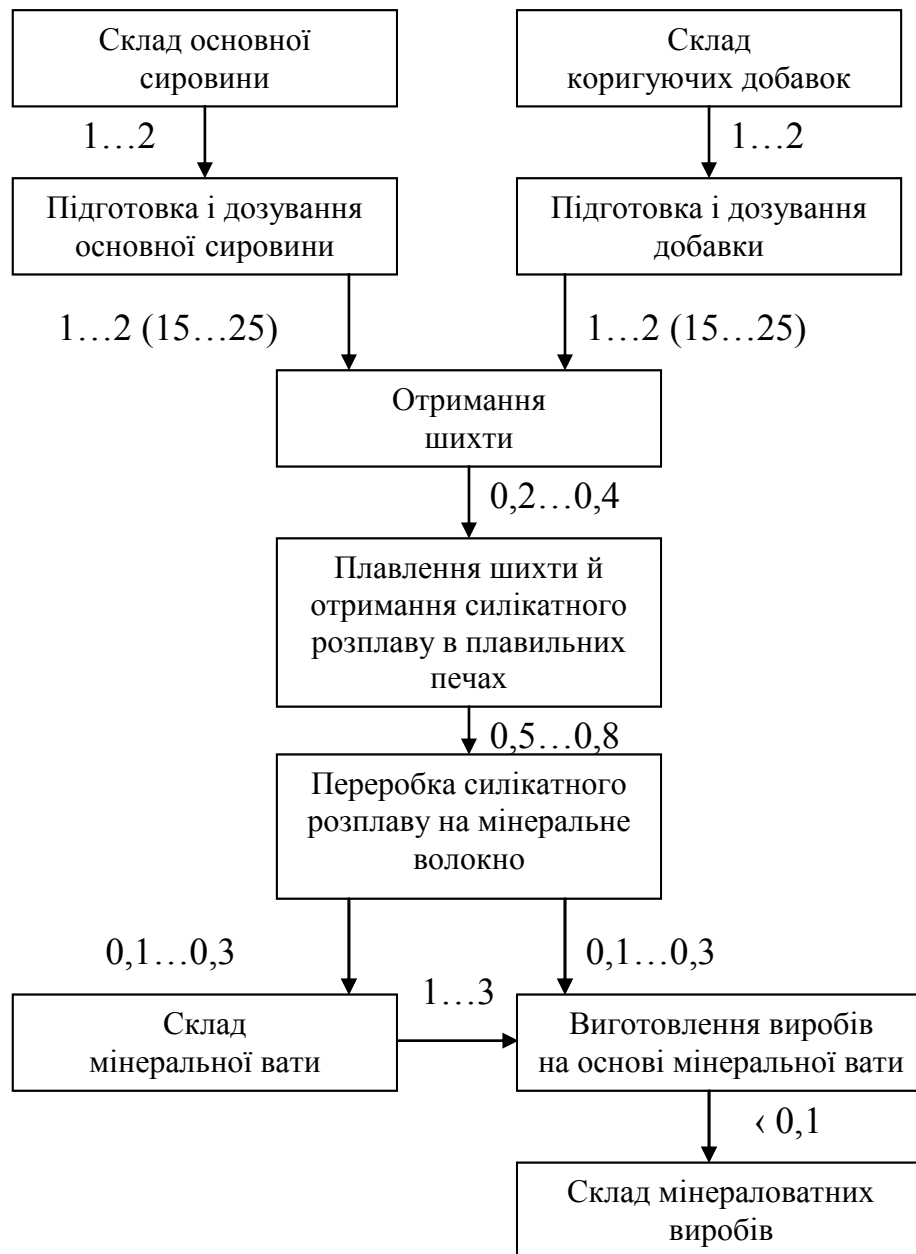


Рисунок 2.1 – Загальна технологічна схема виробництва мінеральної вати й усереднені підсумкові виробничі та технологічні втрати у відсотках від маси

2.2 Вихідні данні для розрахункової роботи

Таблиця 2.1 – Хімічний склад основного (першого) компонента шихти для виробництва мінеральної вати

Номер варіанта за заліковою книжкою	Розрахунковий модуль кислотності мінеральної вати, M_k	Найменування шлаку	Вміст основних оксидів, відсотків за масою				Модуль основності шлаку, M_o	Модуль кислотності шлаку, M_k
			SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
1	1,40	Доменний шлак, м. Макіївка	41,20	3,80	48,20	2,60	1,13	0,88
2	1,45	Мартенівський шлак, м. Запоріжжя	23,30	3,90	44,00	12,00	2,06	0,49
3	1,50	Доменний шлак, м. Маріуполь, „Азовсталь”	33,50	7,30	26,30	8,40	0,85	1,18
4	1,55	Мартенівський шлак, м. Дніпропетровськ	18,70	11,30	37,10	15,60	1,75	0,57
5	1,60	Доменний шлак, м. Кривий Ріг	38,20	15,10	43,30	8,10	0,96	1,04
6	1,40	Ферохромовий шлак, м. Нікополь	27,40	7,20	51,30	9,30	1,75	0,57
7	1,45	Доменний шлак, м. Запоріжжя	29,60	15,90	34,90	9,20	0,96	1,04
8	1,50	Ферохромовий шлак, м. Дніпропетровськ	25,90	7,00	52,10	9,20	1,86	0,54
9	1,55	Доменний шлак, м. Дніпродзержинськ	38,30	16,60	33,20	6,90	0,73	1,34
0	1,60	Доменний шлак, м. Маріуполь, ім. Ілліча	37,30	15,80	33,90	8,60	0,80	1,25

Таблиця 2.2 – Хімічний склад додаткового коригуючого компонента шихти для виробництва мінеральної вати

Номер варіанта за відомістю деканату	Найменування коригуючої добавки	Вміст основних оксидів, відсотків за масою				Модуль основності добавки, M_o	Модуль кислотності добавки, M_k
		SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
1	Глинистий сланець	53,80	18,80	2,30	4,80	0,10	10,23
2	Бій керамічної цегли	71,70	16,20	2,20	1,90	0,05	21,44
3	Сланець хлоритовий	50,10	14,80	9,20	6,40	0,24	4,16
4	Бій керамічної цегли	65,60	14,60	6,20	2,30	0,11	9,44
5	Бій силікатної цегли	84,90	1,40	5,50	0,60	0,07	14,15
6	Граніт	70,30	13,10	2,20	1,00	0,04	26,06
7	Цегляна глина	76,40	8,40	2,10	1,10	0,04	25,70
8	Базальт	51,20	13,70	9,20	6,10	0,24	4,24
9	Габбро	46,80	17,00	10,10	6,30	0,26	3,89
0	Діабаз	47,20	14,10	10,60	6,10	0,27	3,67

Таблиця 2.3 – Характеристика компонентів шихти для виробництва мінеральної вати

№ з/п	Найменування компонента	Значення показників в межах			
		Вологість, w , відсотків	Істинна густина, γ_i , г/см ³	Середня густина, γ_c , г/см ³	Насипна густина, γ_n , т/м ³
1	Доменний шлак	2...16	2,80...2,85	2,00...2,40	1,05...1,25
2	Мартенівський шлак	1...12	2,85...2,90	2,20...2,65	1,10...1,35
3	Ферохромовий шлак	2...12	2,85...2,90	2,20...2,70	1,15...1,45
4	Глинистий сланець	2...6	2,60...2,65	2,50...2,65	1,25...1,35
5	Сланець хлоритовий	1...5	2,60...2,65	2,55...2,65	1,30...1,40
6	Бій керамічної цегли	2...10	2,50...2,55	1,85...2,25	0,95...1,15
7	Бій силікатної цегли	2...6	2,65...2,70	2,35...2,65	1,20...1,40
8	Граніт	1...2	2,80...2,85	2,75...2,85	1,40...1,90
9	Цегляна глина	0...4	2,55...2,60	2,25...2,45	1,15...1,25
10	Базальт	1...2	2,90...2,95	2,85...2,90	1,45...1,50
11	Габбро	1...2	2,80...2,85	2,65...2,75	1,35...1,40
12	Діабаз	1...2	2,85...2,85	2,60...2,75	1,30...1,45

3. РОЗРАХУНКОВА ІНДИВІДУАЛЬНА РОБОТА

3.1 Загальна характеристика, призначення і властивості мінеральної вати та виробів, виготовлених із неї

У вступній частині необхідно відобразити роль ізоляційних матеріалів у будівництві, сучасний рівень і перспективи розвитку виробництва теплоізоляційних матеріалів. Враховуючи, що найбільш поширеним теплоізоляційним матеріалом є мінеральна вата, необхідно надати загальні відомості щодо її виробництва, властивостей і призначення, рекомендованих умов експлуатації, довговічності та ремонтоздатності для відновлення експлуатаційних властивостей.

Характеристику мінеральної вати за номенклатурою і властивостями надають згідно з діючими нормативними документами. Технічні вимоги щодо мінеральної вати наведено в ДСТУ Б В. 2.7-94-2000 (ГОСТ 4640-2011). Слід описати основні показники якості мінеральної вати, серед яких: діаметр і довжина волокон, марка за середньою густиною, вміст корольків, вологість, водопоглинання, теплопровідність, температуростійкість та ін. Слід також описати призначення і область застосування мінеральної вати. У цьому підрозділі наводяться відомості щодо різновидів виробів, виготовлених із мінеральної вати, класифікація, номенклатура, а також відомості щодо властивостей, призначення і галузі застосування виробів, виготовлених на основі мінеральної вати, з наведенням діючих стандартів і основних нормативних вимог. Студент визначає та погоджує з керівником курсової роботи один із виробів з мінеральної вати та надає його експлуатаційні характеристики відповідно до стандарту.

3.2 Сировина для виробництва мінеральної вати

У цьому підрозділі, користуючись навчальною, довідковою і нормативною літературою, наводиться перелік основних і додаткових сировинних матеріалів,

які рекомендовано використовувати для виробництва мінеральної вати, характеризуються їхні властивості. Необхідно навести відомості та вимоги щодо заданої основної сировини для виробництва мінеральної вати – певного виду шлаку (табл. 2.1) і заданого додаткового коригуючого компонента (табл. 2.2). Характеризуються основні й додаткові сировинні компоненти для виробництва мінеральної вати і виробів з неї (табл. 2.3), за вимогами діючих стандартів ДСТУ Б В.2.7-98-2000 (ГОСТ 21880-94), ДСТУ Б В.2.7-169:2008 (EN 13162:2001, NEQ), ДСТУ Б В.2.7-167:2008 (EN 13162:2001, NEQ), ДСТУ Б В.2.7-97-2000 (ГОСТ 9573-96), ДСТУ Б В.2.7-99-2000 (ГОСТ 22950-95), ДСТУ Б В.2.7-235:2010.

3.3 Технологія виробництва мінеральної вати

У цьому підрозділі наводиться структурно-логічна технологічна схема виробництва мінеральної вати з прийнятими студентом виробничими та технологічними втратами (як це зображено на рисунку 2.1), описуються основні технологічні операції і процеси, які відбуваються. При цьому детально описуються основні типи механічних і теплових агрегатів для підготовки шихти, отримання силікатного розплаву й обладнання для переробки розплаву на волокно і вироби, наводяться їхні схеми, принципи дії і характеристики, порівнюються переваги й недоліки, обґрунтовується обрання конкретного обладнання.

3.4 Розрахунок складу шихти для виробництва мінеральної вати

Вихідні дані для розрахунку складу шихти Вихідними даними для розрахунку складу шихти є хімічні склади сировинних матеріалів і заданий (розрахунковий) модуль кислотності мінеральної вати, який обумовлюється призначенням мінеральної вати для виробу, умовами її експлуатації у виробі або конструкції і способом переробки силікатного розплаву на мінеральне волокно. Вихідні дані для розрахунку складу шихти мінеральної вати кожен студент отримує згідно з індивідуальним завданням (підрозділ 2.2).

Наприклад, номер залікової книжки студента є таким: 2006-031 (остання цифра 1), а в списку відомості деканату або журналу академічної групи студент записаний під номером 12 (остання цифра 2). Згідно з таблицею 2.1 за рядком з цифрою 1 отримується завдання для розрахунку складу шихти з модулем кислотності 1,40 на основі доменного шлаку металургійного заводу м. Макіївка. За таблицею 2.2 у рядку з цифрою 2 визначається коригуючий компонент – бій керамічної цегли. За таблицею 2.3 визначаються показники γ_i , γ_c , γ_n та w компонентів шихти – доменного шлаку та бою керамічної цегли.

Приклад оформлення вихідних даних для розрахунку складу шихти

Необхідно визначити витрати сировинних матеріалів для отримання 1 т мінеральної вати з сухих матеріалів шихти без втрат та виробничий склад з натуральною вологістю і визначеними виробничими та технологічними втратами інгредієнтів. Вихідні дані для розрахунку є наступними: варіант 1 – за таблицею 2.1, варіант 2 – за таблицею 2.2:

- модуль кислотності розплаву – $M_k = 1,40$;
- основна сировина – доменний шлак м. Макіївка, що характеризується такими показниками (за вибором студента з таблиці 2.3): істинна густина – $2,82 \text{ г/см}^3$; середня густина – $2,20 \text{ г/см}^3$; насипна густина фракції 40...70 мм – $1,25 \text{ т/м}^3$; вологість – 2%;
- додаткова сировина – бій керамічної цегли, що характеризується такими показниками (за вибором студента з таблиці 2.3): істинна густина – $2,52 \text{ г/см}^3$; середня густина – $2,05 \text{ г/см}^3$; насипна густина фракції 40...70 мм – $1,05 \text{ т/м}^3$; вологість – 8 %;
- переробка розплаву на волокно здійснюється на багатовалковій центрифугі;

– за визначеним студентом виду виробу, мінеральна вата використовується для виготовлення прошивних матів марки «100» за середньою густиною від 80 до 105 кг/м³ відповідно до ДСТУ Б В.2.7-98-2000 (ГОСТ 21880-2011).

Розрахункові дані сировини за хімічним складом основного і додаткового компонентів зведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад вихідних сировинних компонентів шихти для виробництва мінеральної вати заданої якості та прошивних матів з неї

Сировинні компоненти	Вміст оксидів у відсотках від маси				M_o	M_k
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO		
Доменний шлак (n)	41,20	3,80	48,20	2,60	1,13	0,88
Бій керамічної цегли (m)	71,70	16,20	2,20	1,90	0,05	21,44

3.4.1 Розрахунок складу шихти методом послідовного наближення

Склад шихти для виробництва мінеральної вати з заданими властивостями розраховується методом послідовного наближення, виходячи з наявності двох компонентів: основного і коригуючого. Суть методу полягає в тому, що, задаючись вмістом будь-якого одного оксиду в отримуваній мінеральній ваті з розрахунковим модулем кислотності і знаючи вміст цього оксиду в складі сировинних матеріалів, у порядку певної послідовності знаходять кількість окремих частин шихти. Такою складовою, зазвичай, є один з оксидів, який здебільшого визначає величину модуля кислотності мінеральної вати, найчастіше – це SiO_2 .

Із двох видів сировинних матеріалів, які складають шихту, один вважають основним, а інший – додатковим коригуючим, кількість якого в шихті виражають через X . Далі задаються оптимальним вмістом SiO_2 в розплаві (a), як правило, в першому варіанті розрахунку – 50%. Знаючи відсотковий вміст SiO_2 в основній (b) і додатковій (c) сировинах, складають рівняння:

$$a = b + X \cdot (c - b).$$

Із даного рівняння визначають вміст у шихті коригуючого компонента в частках одиниці:

$$X = \frac{a - b}{c - b}.$$

Обчисливши кількість додаткової сировини X (в частках одиниці), знаходять кількість основної сировини як $(1 - X)$. Далі визначають вміст окремих хімічних оксидів у складі шихти у відсотках за співвідношенням основного $(1 - X)$ і коригуючого X компонентів. Наприклад, вміст SiO_2 в основному інгредієнті (шлаковому) складатиме n , а в коригуючому (бої керамічної цегли) – m . Тоді вміст SiO_2 у складі шихти можна виразити рівнянням у відсотках від маси: $SiO_2 = n \cdot (1 - X) + m \cdot X$.

За такою методикою знаходять вміст інших оксидів, які визначають модуль кислотності, тобто Al_2O_3 , CaO і MgO .

Підставляючи знайдені значення цих оксидів у шихті до формули для визначення модуля кислотності, знаходять його величину і порівнюють з заданим значенням. Якщо розрахунковий модуль кислотності не відрізняється більш ніж на 1 % від заданого, то розрахунок складу шихти на цьому закінчують і перераховують вміст компонентів шихти з часток одиниці в відсотки від маси, вносять поправку щодо вологості матеріалу під час визначення виробничого складу шихти за масою.

Якщо ж обчислений модуль кислотності виходить за межі допустимих значень (1%) незначно в більший бік, то задаються іншою, дещо зменшеною величиною вмісту SiO_2 у складі шихти від 50% і, навпаки. Далі повторюють розрахунок. За надмірно високого значення в першому розрахунковому модулі кислотності порівняно з заданим для повторного розрахунку приймають значно менший вміст SiO_2 в шихті за 50%, а за значно недостатньої величини модуля кислотності відносно заданого приймають вміст SiO_2 у складі шихти значно більшим за 50%. Так послідовно виконується розрахунок з наближенням модуля кислотності шихти до заданого значення з різницею в допустимих межах (1%).

У курсовій роботі наводяться послідовні розрахунки: перший – у випадку, якщо вміст SiO_2 складає 50%, передостанній і останній – обов'язково.

Приклад розрахунку складу шихти методом послідовного наближення

Для визначення кількості додаткової сировини X (бою керамічної цегли) приймаємо кількість основної сировини (шлаку) відповідно до рівняння $Y = 1 - X$ і задаємося вмістом в розплаві шихти оксиду SiO_2 , що складає 50%.

Тоді, згідно з даними таблиці 3.1, визначаємо кількість додаткової сировини:

$$X = \frac{a - b}{c - b} = \frac{(50,00 - 41,20)}{(71,70 - 41,20)} = 0,289,$$

де X – кількість бою керамічної цегли, яка додається в шихту, в долях одиниці;

a – заданий вміст SiO_2 у складі шихти, відсотків від маси (для першого варіанта розрахунку студент приймає за 50%);

b – вміст SiO_2 у шлаку, відсотків від маси (за табл. 3.1 – 41,20%);

c – вміст SiO_2 у бої керамічної цегли, відсотків від маси (за табл. 3.1 – 71,70 %).

За вирахуванням вмістом додаткової сировини $X = 0,289$ частки одиниці, вміст у шихті основної сировини – Макіївського доменного шлаку складе:
 $Y = 1 - X = 1 - 0,289 = 0,711$.

Таким чином, одна вагова частина шихти буде складатися з 0,711 вагових частин шлаку і 0,289 вагових частин бою керамічної цегли.

Вміст оксидів, які потрапляють з основної і додаткової сировини у таку шихту, у відсотках від маси, розраховується наступним чином:

$$SiO_2 = 0,711 \cdot 41,20 + 0,289 \cdot 71,70 = 50,01;$$

$$Al_2O_3 = 0,711 \cdot 3,80 + 0,289 \cdot 16,20 = 7,38;$$

$$CaO = 0,711 \cdot 48,20 + 0,289 \cdot 2,20 = 34,91;$$

$$MgO = 0,711 \cdot 2,60 + 0,289 \cdot 1,90 = 2,39.$$

За такого співвідношення оксидів у шихті модуль її кислотності розраховується наступним чином:

×

Відповідно до розрахунку відхилення складає:

$$\frac{1,54 - 1,40}{1,40} \cdot 100 = 10\% .$$

Отримане значення модуля кислотності перевищує допустиму норму відхилення (1%) від заданого за варіантом завдання. Це свідчить про необхідність зменшення в шихті розрахункового вмісту SiO_2 від 50%.

Із метою отримання розрахункового модуля кислотності, наближеного до заданого в межах допустимої норми відхилення (1%), необхідно виконати додатковий розрахунок. Зменшуємо вміст SiO_2 у складі шихти від 50% до 48,52%, в результаті чого вміст бою керамічної цегли в шихті можна розрахувати наступним чином:

$$X = \frac{48,52 - 41,20}{71,70 - 41,20} = \frac{7,32}{30,50} = 0,24 .$$

$$Y = 1 - X = 1 - 0,24 = 0,76.$$

Отже, шихта буде складатися з 76% шлаку і 24% цегляного бою. Вміст оксидів в такій шихті буде складати, відсотків від маси:

$$SiO_2 = 0,76 \cdot 41,20 + 0,24 \cdot 71,70 = 48,52;$$

$$Al_2O_3 = 0,76 \cdot 3,80 + 0,24 \cdot 16,20 = 6,78;$$

$$CaO = 0,76 \cdot 48,20 + 0,24 \cdot 2,20 = 37,16;$$

$$MgO = 0,76 \cdot 2,60 + 0,24 \cdot 1,90 = 2,43.$$

Модуль кислотності такої шихти буде складати:

$$M_k = \frac{48,52 + 6,78}{37,16 + 2,43} = \frac{55,30}{39,59} = 1,39.$$

Відхилення в значеннях заданого і визначеного модулів кислотності у даному розрахунковому варіанті складатиме:

$$\frac{1,40 - 1,39}{1,40} \cdot 100 = 0,7 \ %.$$

Розбіжність між заданою і визначеною за методом послідовного наближення величинами модуля кислотності не перевищує 1%. Отже, розрахунковий склад шихти відповідає заданим умовам отримання силікатного розплаву з модулем кислотності $M_k = 1,40$ для виробництва мінеральної вати та виробів із неї.

3.4.2 Розрахунок складу шихти методом складання і розв'язання системи алгебраїчних рівнянь

Даний метод розрахунку складу шихти для виробництва мінеральної вати рекомендується як перевірочний і прискорений.

Шихта для виробництва мінеральної вати, зазвичай, складається з двох видів сировини: основної і додаткової. Тому, розраховуючи склад шихти, складають і вирішують систему двох рівнянь з двома невідомими: X і Y , які виражають кількість складових частин шихти (відповідно X – основного, Y – додаткового коригуючого). Одне з таких рівнянь має вигляд: $X + Y = 1$.

Друге рівняння є вираженням модуля кислотності сировини шихти із доданням до шихти частки основного компонента X та додаткового Y :

$$M_k = \frac{(SiO_2' + Al_2O_3') \cdot X + (SiO_2'' + Al_2O_3'') \cdot Y}{(CaO' + MgO') \cdot X + (CaO'' + MgO'') \cdot Y},$$

де SiO_2' , Al_2O_3' , CaO' , MgO' – вміст відповідних оксидів в основному компоненті шихти, у відсотках від маси (табл. 3.1, табл. 2.1);

SiO_2'' , Al_2O_3'' , CaO'' , MgO'' – вміст таких самих оксидів у додатковому коригуючому компоненті шихти, у відсотках від маси (табл. 3.1, табл. 2.2);

M_k – величина розрахункового модуля кислотності задана в індивідуальному завданні (табл.2.1).

За розв'язання рівняння відносно X або Y визначається вміст кожного з сировинних компонентів у шихті в частках одиниці, а потім виражається склад шихти за двома компонентами у відсотках від маси. Розбіжність між величинами заданого й отриманого модулів кислотності за результатами розрахунків не повинна перевищувати 1%.

Розрахунок розбіжності між величинами модулів кислотності та порівняння відхилення з допустимим (1%) виконується обов'язково. На підставі отриманих результатів наводиться висновок про вміст у відсотках від маси основного й додаткового компонентів шихти.

**Приклад розрахунку складу шихти методом складання і розв’язання
системи алгебраїчних рівнянь**

За умовами варіанта завдання маємо вихідні дані для розрахунку (див. підрозділ 3.4.1, табл. 3.1).

Позначаючи через X вміст у шихті основного компонента (доменного шлаку), а через Y – додаткового коригуючого компонента (бою керамічної цегли), складаємо два рівняння, одне з яких – відносно заданого M_k (табл.1.1):

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{(SiO_2' + Al_2O_3') \cdot X + (SiO_2'' + Al_2O_3'') \cdot Y}{(CaO' + MgO') \cdot X + (CaO'' + MgO'') \cdot Y} = M_k; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{(41,20 + 3,80) \cdot X + (71,70 + 16,20) \cdot Y}{(48,20 + 2,60) \cdot X + (2,20 + 1,90) \cdot Y} = 1,40; \end{cases}$$

$$\begin{cases} X + Y = 1 \\ \frac{45,00 \cdot X + 87,90 \cdot Y}{50,80 \cdot X + 4,10 \cdot Y} = 1,40. \end{cases}$$

Систему рівнянь розв’язуємо за методом вилучення одного невідомого:

$$\begin{cases} X = 1 - Y \\ \frac{45,00 \cdot (1 - Y) + 87,90 \cdot Y}{50,80 \cdot (1 - Y) + 4,10 \cdot Y} = 1,40. \end{cases}$$

Розв'язуючи рівняння відносно Y , отримуємо його значення, тобто визначаємо вміст у шихті додаткового компонента (бою керамічної цегли) в долях одиниці:

$$\frac{45,00 - 45,00 \cdot Y + 87,90 \cdot Y}{50,80 - 50,80 \cdot Y + 4,10 \cdot Y} = 1,40;$$

$$\frac{45,00 + 42,90 \cdot Y}{50,80 - 46,70 \cdot Y} = 1,40;$$

$$45,00 + 42,90 \cdot Y = 1,40 \cdot (50,80 - 46,70 \cdot Y);$$

$$45,00 + 42,90 \cdot Y = 71,70 - 65,40 \cdot Y;$$

$$42,90 \cdot Y + 65,40 \cdot Y = 71,70 - 45,00;$$

$$108,30 \cdot Y = 26,70;$$

$$Y = 0,241 \approx 0,24.$$

Тоді вміст у шихті основного компонента (доменного шлаку) складатиме:

$$X = 1 - 0,24 = 0,76.$$

Округляючи отримані значення до сотих, визначаємо вміст у шихті основного компонента в долях одиниці: $X = 0,76$ і додаткового: $Y = 0,24$.

Після цього уточнюємо величину модуля кислотності, якою буде характеризуватися розплав, отриманий із шихти розрахункового складу. Для цього перемножуємо кількість оксидів вихідних компонентів шихти (табл. 3.1) основного компонента на значення X і додаткового коригуючого – на Y . Таким чином, визначаємо кількість відповідних оксидів, які вносяться в розплав шихти зі шлаком і боєм керамічної цегли.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 3.2, виходячи зі вмісту в шихті часток доменного шлаку в кількості 0,76 і часток бою керамічної цегли в кількості 0,24.

Таблиця 3.2 – Вміст оксидів у розплаві за розрахункового складу шихти, обчисленому за методом складання і розв’язання системи рівнянь

Сировинні компоненти	Вміст оксидів, відсотків від маси, які вносяться з частками компонентів			
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	MgO
Доменний шлак (частка 0,76)	31,31	2,89	36,63	1,98
Бій керамічної цегли (частка 0,24)	17,21	3,89	0,53	0,45
Шихта (сумарний внесок)	48,52	6,78	37,16	2,43

Підставляючи значення SiO_2 , Al_2O_3 , CaO і MgO , які містяться в шихті (табл. 3.2), до формули для визначення модуля кислотності, уточнюємо його значення за розрахунком:

$$M_k = \frac{48,52 + 6,78}{37,16 + 2,43} = \frac{55,30}{39,59} = 1,396.$$

Розбіжність між заданою розрахунковою і отриманою за розрахунком величинами модуля кислотності складає $\frac{1,400 - 1,396}{1,400} \cdot 100 = 0,286\%$, тобто не перевищує 1%. Отже, розрахунковий склад шихти відповідає заданим умовам отримання розплаву з модулем кислотності $M_k = 1,40$ при вмісті в ній 76% доменного шлаку Макіївського металургійного заводу і 24% бою керамічної цегли.

3.5 Розрахунок матеріального балансу для виробництва мінеральної вати

Розрахунок матеріального балансу здійснюється з урахуванням потужності заводу, цеху або технологічної лінії, яку визначає керівник курсової роботи під час видачі завдання на проектування.

У методичних вказівках наведено приклади для виробництва 1 т мінеральної вати і виробів, які виготовляються з неї.

3.5.1 Обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини

Стан вологості сировини обґрунтовують залежно від виду і властивостей сировини, умов її зберігання, вологості навколишнього середовища і наводять показники для обох компонентів шихти (табл. 3.3).

На початку виконання курсової роботи студент обґрунтовує показники вологості і наводить їх (див. підрозділ 3.4.1) за довідковими даними (табл. 2.3). Визначені показники вологості включаються до таблиці 3.3 для розрахунку матеріального балансу.

Технологічні і виробничі втрати основного та коригуючого компонентів шихти визначають залежно від обраної технологічної схеми виробництва мінеральної вати. Технологічні і виробничі втрати сировини у виробництві мінеральної вати можуть складати від 1 до 35% (рис. 1.1). Рекомендовані до використання довідкові дані щодо втрат наведено на рисунку 1.1. На розробленій технологічній схемі виробництва мінеральної вати і виробів з неї (підрозділ 3.3) наводяться виробничі та технологічні втрати на технологічних переділах (з використанням схеми, зображеної на рис. 1.1).

Приклад обґрунтування стану вологості, технологічних і виробничих втрат сировини

Для обґрунтування стану вологості сировини враховуємо, що задана відповідно до варіанта основна сировина (шлак) може характеризуватися більш високою початковою вологістю, ніж бій керамічної цегли. Шлак зберігається за умов виробництва, як правило, на відкритому складі, а бій керамічної цегли – на напівзакритому або в бункерах. Відносна вологість повітря складає 45...60%. З урахуванням наведених вище чинників (прийнятих в варіанті завдання) (див. підрозділ 3.4.1 та виходячи з даних таблиці 2.3), маємо такі величини вологості сировини у відсотках від маси: доменний шлак – 8%; бій керамічної цегли – 2%.

Аналіз обраної технологічної схеми виробництва мінеральної вати, розробленої за зразком, зображеним на рисунку 1.1, свідчить про те, що сумарні виробничі й технологічні втрати сировини під час транспортування, складування, подрібнення з нефракційного кускового матеріалу, фракціювання до розміру 40...70 мм з відсівом фракції до 40 мм, дозування компонентів шихти, перемішування компонентів шихти, отримання силікатного розплаву в вагранці, переробки силікатного розплаву на волокно на багатовалковій центрифугі, виготовлення прошивних матів марки «100» за густиною, складування готової продукції складають: для доменного шлаку – 28%, для бою керамічної цегли – 20%.

3.5.2 Розрахунок матеріального балансу за масою для отримання 1 т мінеральної вати

Вихідними даними для розрахунку матеріального балансу для виробництва 1 т мінеральної вати є визначений двома способами склад шихти з основного і додаткового компонентів, обґрунтовані величини вологості, технологічних і виробничих втрат сировинних компонентів шихти.

Спочатку необхідно визначити витрати сировинних компонентів шихти за масою (масу основного компоненту – $m_{осн}$ і масу додаткового компоненту – $m_{доод}$) для виробництва, наприклад, 1 т мінеральної вати без урахування вологості, технологічних і виробничих втрат компонентів (основного – $m_{осн}$ і додаткового – $m_{доод}$), а потім обчислити витрати сировинних компонентів шихти для виробництва 1 т мінеральної вати з урахуванням їх вологості, технологічних і виробничих втрат.

***Приклад складання матеріального балансу у відсотках від маси
для отримання 1 т мінеральної вати***

Розрахунок складу шихти за методом складання і розв’язання системи алгебраїчних рівнянь і за методом послідовного наближення дозволив установити, що до складу шихти входить 76% доменного шлаку і 24% бою керамічної цегли.

Для отримання 1 т мінеральної вати без урахування вологості компонентів шихти, технологічних і виробничих втрат сировинних матеріалів витрати компонентів шихти будуть складати:

- доменного шлаку – $m_{осн} = 1000 \cdot 0,76 = 760$ кг;
- бою керамічної цегли – $m_{доод} = 1000 \cdot 0,24 = 240$ кг.

З урахуванням вологості сировинних матеріалів отримуємо такі витрати компонентів шихти на виробництво мінеральної вати і прошивних матів марки «100»:

- доменного шлаку – $760 \cdot 1,08 = 821$ кг;
- бою керамічної цегли – $240 \cdot 1,02 = 245$ кг.

З урахуванням технологічних і виробничих втрат сировинних матеріалів від складу сировини до складу готової продукції (прошивних матів) отримуємо такі витрати компонентів шихти:

- доменного шлаку – $821 \cdot 1,28 = 1051$ кг;
- бою керамічної цегли – $245 \cdot 1,20 = 294$ кг.

Отримані результати заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Витрати сировини для виробництва 1 т мінеральної вати з модулем кислотності $M_k = 1,40$ і виготовлення з неї прошивних матів марки «100»

Найменування сировинних матеріалів	Витрати сировини без урахування вологості і втрат, кг	Вологість сировини, відсотків	Технологічні і виробничі втрати, відсотків	Виробничі витрати сировини, кг
Доменний шлак	760	8	28	1051
Бій керамічної цегли	240	2	20	294

3.6 Розрахунок складських приміщень для вихідної сировини та готової продукції в мінераловатному виробництві

Розміщення сировинних компонентів і готової продукції пов'язано з площинами та об'ємами виробничих приміщень. Тому важливо виконувати розрахунок витрат сировини і готової продукції не тільки відповідно до маси, а й відповідно до об'єму складських приміщень для розміщення сировини і готової продукції.

Розрахуємо об'єм складів для розміщення сировинних компонентів ($V_{осн}$, $V_{дод}$) за довідковими даними таблиці 2.3 відповідно до їх насипної густини, м³:

- основного компонента – $V_{осн} = \frac{m_{осн}}{\gamma_{н.осн}};$
- додаткового компонента – $V_{дод} = \frac{m_{дод}}{\gamma_{н.дод}},$

де $m_{осн}$ – маса основного компонента, т;

$\gamma_{н.осн}$ – насипна густина основного компонента, т/м³;

$m_{дод}$ – маса додаткового компонента, т;

$\gamma_{н.дод}$ – насипна густина додаткового компонента, т/м³.

Сумарний об'єм складу для розміщення компонентів шихти ($V_{шихти}$) для виробництва 1 т мінеральної вати розраховується за формулою (м³):

$$V_{шихти} = V_{осн} + V_{дод}.$$

Об'єм одиниці маси розплаву ($V_{розпл}$), який отримується в плавильному агрегаті (вагранці), з урахуванням внесення до одиниці маси шихти долі основного компонента X і додаткового компонента Y , розраховується відповідно до довідкових даних таблиці 2.3 відповідно до істинної густини основного й додаткового компонентів, м³:

$$V_{розпл} = \frac{X}{\gamma_{i.осн}} + \frac{Y}{\gamma_{i.дод}},$$

де $\gamma_{i.осн}$ – істинна густина основного компонента, т/м³;

$\gamma_{i.дод}$ – істинна густина додаткового компонента, т/м³.

Густина розплаву ($\gamma_{розпл}$) при цьому буде складати, т/м³:

$$\gamma_{розпл} = X \cdot \gamma_{i.осн} + Y \cdot \gamma_{i.дод}.$$

Вироблену мінеральну вату і, наприклад, виготовлені з неї прошивні мати марки «100» (відповідно до середньої густини ($\gamma_{с.мв}$) від 80 до 105 кг/м³) можна розмістити на складі готової продукції об'ємом ($V_{мв}$), м³:

$$V_{мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{с.мв}},$$

де $\gamma_{с.мв}$ – середня густина прошивних матів марки «100», виготовлених з мінеральної вати, т/м³.

Коефіцієнт виходу мінеральної вати ($K_{вих}$) визначається за співвідношенням її об'єму (в виробках – прошивних матах марки «100») до сумарного об'єму основного і додаткового компонентів:

$$K_{вих} = \frac{V_{с.мв}}{V_{осн} + V_{дод}}.$$

Коефіцієнт розпушування розплаву ($K_{розпуш}$) визначається за показниками густини розплаву та середньої густини мінеральної вати (виробу):

$$K_{розпуш} = \frac{\gamma_{розпл}}{\gamma_{с.мв}}.$$

Для розрахунку об'єму складських приміщень для вихідної сировини та розміщення готової продукції використовують наведені вище вказівки і методику розрахунку на одиницю маси продукції. Показники визначають з урахуванням потужності технологічної лінії, цеху або заводу відповідно до маси або об'єму готової продукції.

**Приклад розрахунку складських приміщень для вихідної сировини
та готової продукції у мінераловатному виробництві**

У прикладі наведено методику розрахунку об'єму вихідних компонентів: складових шихти для виробництва 1 т мінеральної вати і об'єму готової продукції – прошивних матів марки «100» (середня густина в межах від 80 до 105 кг/м³), виготовлених з 1 т силікатного розплаву.

Для розміщення на складі сировини для виробництва 1 т мінеральної вати необхідні об'єми, м³:

- для основного компонента (доменного шлаку):

$$V_{осн} = \frac{m_{осн}}{\gamma_{н.осн}} = \frac{0,76}{1,25} = 0,61;$$

- для додаткового коригуючого компонента (бою керамічної цегли):

$$V_{дод} = \frac{m_{дод}}{\gamma_{н.дод}} = \frac{0,24}{1,05} = 0,23.$$

Сумарний об'єм складу для розміщення компонентів шихти для виробництва 1 т мінеральної вати складає, м³:

$$V_{шихти} = V_{осн} + V_{дод} = 0,61 + 0,23 = 0,84.$$

Із розрахованої кількості компонентів шихти в плавильному агрегаті – вагранці, отримуємо силікатний розплав об'ємом, м³:

$$V_{розпл} = \frac{X}{\gamma_{i.осн}} + \frac{Y}{\gamma_{i.дод}} = \frac{0,76}{2,82} + \frac{0,24}{2,52} = 0,37.$$

Густина розплаву при цьому буде складати, т/м³:

$$\gamma_{розпл} = X \cdot \gamma_{i.осн} + Y \cdot \gamma_{i.доод} = 0,76 \cdot 2,82 + 0,24 \cdot 2,52 = 2,64.$$

Для виробленої мінеральної вати і використаної для виготовлення прошивних матів з густиною в рихло-волокнистому стані від 80 до 105 кг/м³ (марки «100») необхідно використати склад в межах, м³:

$$\text{від } V_{\min.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{\min.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,105} = \frac{1}{0,105} = 9,52.$$

$$\text{до } V_{\max.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{\max.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,08} = \frac{1}{0,08} = 12,5.$$

Для прошивних матів марки «100» середній об'єм складу розраховується таким чином, м³:

$$V_{с.мв} = \frac{X + Y}{\gamma_{с.мв}} = \frac{0,76 + 0,24}{0,1} = \frac{1}{0,1} = 10.$$

Коефіцієнт виходу мінеральної вати з сировини відповідно до її об'єму порівняно з об'ємом сировини складе:

$$K_{\text{вих}} = \frac{V_{с.мв}}{V_{осн} + V_{доод}} = \frac{10}{0,61 + 0,23} = \frac{10}{0,84} = 11,9.$$

За даними розрахунку коефіцієнт розпушування розплаву при виробництві мінеральної вати (виробу) в наведеному прикладі складе:

$$K_{розпуш} = \frac{\gamma_{розпл}}{\gamma_{с.мв}} = \frac{2,64}{0,10} = 26,4.$$

Таким чином, для розміщення компонентів шихти для виробництва 1 т мінеральної вати об'єм складу повинен складати $0,84 \text{ м}^3$, а прошивні мати марки «100» за густиною, вироблені з мінеральної вати масою 1 т поміщаються на складі готової продукції об'ємом 10 м^3 . Коефіцієнт виходу мінеральної вати з сировини за об'ємом складає 11,9, а коефіцієнт розпушування – 26,4.

3.7 Контроль виробництва мінеральної вати і виробів з неї

В індивідуальній роботі студент повинен викласти матеріал щодо системи контролю виробництва мінеральної вати, а саме:

- вхідного контролю якості й відповідності вимогам стандартів сировинних матеріалів;
- контролю технологічного процесу переробки сировинних матеріалів на мінеральне волокно і вироби з неї;
- контролю якості й відповідності показників якості продукції вимогам нормативних документів щодо мінеральної вати та виробів з неї.

Матеріал щодо системи контролю рекомендується подати в вигляді звичайного опису або в вигляді таблиці. Обов'язково при цьому потрібно звернути увагу на логічність і послідовність опису об'єктів контролю, системність проведення, указати виконавця контролю виробництва, а також навести методики та стандарти, вимогами яких керуються.

Стосовно обраного об'єкта проектування виробництва мінеральної вати під час вхідного контролю оцінюється якість шлакового щебеню відповідно до ДСТУ Б В.2.7-209:2009 та додаткового коригуючого компонента з гірських порід або штучних силікатних матеріалів згідно з методикою ДСТУ Б В.2.7-290:2011, ДСТУ Б В.2.7-42-97.

Контроль технологічного процесу переробки сировини на теплоізоляційний матеріал або виріб, виготовлений з нього, здійснюється відповідно до регламенту та нормативів, наведених у технологічній карті.

Вихідний контроль з прийомом і сертифікацією готової продукції відповідно до наведеного прикладу здійснюється лабораторією та відділом технічного контролю згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-38-95 (ГОСТ 17177-94), ДСТУ Б В.2.7-98-2000 (ГОСТ 21880-94).

В індивідуальній роботі студент посилається на вимоги діючих стандартів в щодо прийому, пакування, складування, збереження, транспортування та поставки користувачам готової продукції згідно з ДСТУ Б А.1.1-23-94, ДСТУ Б В.2.7-98-2000 (ГОСТ 21880-94).

4. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ

Студенти обирають питання за формулою

$$N = (n+3)/2,$$

де n- номер варіанта по журналу

1. Історія розвитку вогнетривкого виробництва
2. Світове виробництво вогнетривів
3. Спеціалізовані підприємства України з виробництва вогнетривів
4. Основні джерела вогнетривів
5. Вимоги до вогнетривів
6. Види вогнетривів: основні, нейтральні, кислі
7. Теплоізоляційні матеріали
8. Вогнетривкі порошки, розчини, мертелі
9. Вогнетривкі заправні матеріали
10. Температура початку розм'якшення вогнетривів під навантаженням
11. Термостійкість вогнетривів
12. Хімічна стійкість вогнетривів
13. Механічна міцність вогнетривів
14. Зростання і усадка вогнетривів
15. Зовнішній вигляд вогнетривів . Пористість вогнетривів Об'ємна вага Теплопровідність вогнетривів. Питома теплопровідність вогнетривів. Електропровідність вогнетривів
16. Види вогнетривів по ступеню вогнетривності. Визначення вогнетривкості . Визначення термостійкості
17. Основні технологічні переділи виробництва вогнетривких матеріалів
18. Виготовлення смолодоломітових вогнетривких матеріалів

19. Магнетитові вогнетривкі матеріали
20. Хромомагнетитові вогнетриви
21. Динас та Шамотні вироби
22. Види вогнетривів по засобу виготовлення
23. Типи штучних вогнетривів
24. Типи вогнетривів в залежності від форми і розмірів 2
25. Класифікація вогнетривів за хімічно-мінералогічним складом
26. Алюмосилікатні вогнетривкі матеріали .
27. Високоглиноземисті вогнетриви! матеріали .
28. Цирконисті вогнетривкі матеріали
29. Вуглецьмістячі вогнетривні матеріали
30. Глинистографітові вогнетривні матеріали
31. Коксові (вуглецеві) вогнетривні матеріали
32. Карбідкремнієві вогнетривні матеріали
33. Легковагові шамотні цегли (піношамот)
34. Діатомітові, інфузорні трепельні ізоляційні матеріали і вироби
35. Руйнування вогнетривів хімічним шляхом (хімічна стійкість)
36. Випадки руйнування вогнетривів шлаками
37. Розчинення вогнетривів в шлаках (шлакостійкість)
38. Взаємодія вогнетривів з вуглецем
39. Взаємодія вогнетривів з металами
40. Руйнування вогнетривів газами
41. Взаємодія вогнетривів різного хімічного складу між собою

5.ТЕСТИ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ

Нижче наведені тести для самоконтролю студентів із засвоєння теоретичного матеріалу навчальної дисципліни.

1. ВОГНЕТРИВКИМИ НАЗИВАЮТЬ МАТЕРІАЛИ, ЯКІ МАЮТЬ

- А. вогнетривкість не нижче 1350 °С
- В. температуру плавлення не нижче 1430 °С
- С. вогнетривкість не нижче 1580 °С

2. ШАМОТНИМИ НАЗИВАЮТЬ ВИРОБИ,

- А. які вміщують оксиди алюмінія і кремнія як основні компоненти
- В. які отримують шляхом випалу вогнетривких глинистих матеріалів
- С. які виготовляють із вогнетривких глин і каолінів зі спісненням їх шамотом

3. МУЛІТОКРЕМНЕЗЕМИСТІ, МУЛІТОВІ, МУЛІТОКОРУНДОВІ ВИРОБИ ВІДНОСЯТЬСЯ ДО ВОГНЕТРИВІВ, ЩО НАЗИВАЮТЬ

- А. алюмосилікатними
- В. корундовими
- С. високо глиноземистими

4. ЯК ОСНОВНУ СИРОВИНУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИНАСУ ВИКОРИСТОВУЮТЬ

- А. кварцити і кварцеві пісковики
- В. кварцити і кварцеві піски
- С. кристаличні кварцити

5. У ВИПАЛЕНОМУ МАГНЕЗИТІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ПЕРИКЛАЗОВИХ ВОГНЕТРИВІВ ПОВИННО БУТИ ОКСИДУ МАГНІЮ НЕ МЕНШ, НІЖ

- А. 91%
- В. 93%
- С. 95%

6. ФОРСТЕРИТОВІ ВИРОБИ ВИПАЛЮЮТЬ ПРИ ТЕМПЕРАТУРІ

- А. 1350 °С
- В. 1500 °С
- С. 1650 °С

7. ЯК ЗВ'ЯЗКУ У СМОЛОДОЛОМІТОВИХ ВОГНЕТРИВАХ ВИКОРИСТОВУЮТЬ

- А. препаративну смолу
- В. кам'яновугільну смолу
- С. антраценове мастило

8. ТЕМПЕРАТУРА ЗАСТОСУВАННЯ ВИРОБІВ З ДИОКСИДУ ЦИРКОНІЯ СКЛАДАЄ

- A. 1900-2100 °C
- B. 2100-2300 °C
- C. 2300-2500 °C

9. НЕДОЛІКОМ ВУГЛЕЦЮ ЯК ВОГНЕТРИВКОГО МАТЕРІАЛУ Є ЙОГО

- A. окислюваність при нагріванні
- B. низька температура плавлення
- C. здатність до гідратації

10. ЯК ОСНОВНУ СИРОВИНУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ КАРБОРУНДА ВИКОРИСТОВУЮТЬ НАФТОВІ КОКСИ АБО МАЛОЗОЛЬНІ АНТРАЦИТИ І ЧИСТІ

- A. кварцові піски
- B. кварцити
- C. перліти

11. СПІКАННЯ ВИРОБІВ НА ОСНОВІ БЕЗКИСНЕВИХ ТУГОПЛАВКИХ СПОЛУЧЕНЬ ПРИ ВИПАЛЮВАННІ ВІДБУВАЄТЬСЯ ЗА МЕХАНІЗМОМ

- A. дифузійного переміщення речовини
- B. рекристалізації
- C. рідинного спікання

12. ВИРОБНИЦТВО ЛЕГКОВАГИХ ВОГНЕТРИВІВ ПРИ УВЕДЕННІ АНТРАЦИТА І КОКСА ЯК ДОДАТКІВ, ЩО ВИГОРАЮТЬ, ЗДІЙСНЮЄТЬСЯ СПОСОБОМ

- A. пластичного формування
- B. напівсухого пресування
- C. шлікерного лиття

13. ВОГНЕТРИВКІ МЕРТЕЛІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ДЛЯ

- A. зв'язування кирпичей вогнетривкої кладки
- B. футерівки промислових печей
- C. ремонту вогнетривкої кладки

14. НЕФОРМОВАНІ ВОГНЕТРИВИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ПОРИСТОСТІ ПОДІЛЯЮТЬ НА

- A. щільні і теплоізоляційні
- B. високощільні і низькощільні
- C. щільні і пористі

15. ВОГНЕТРИВКІ БЕТОНИ СКЛАДАЮТЬСЯ З

- A. заповнювача, в'язучого, додатків
- B. заповнювача, в'язучого
- C. заповнювача, в'язучого, води

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов / К.К. Стрелов. - М.: Metallurgy, 1985 - 480 с.
2. Технология производства стали в современных конвертерных цехах / С.В. Колпаков, В.В. Старов и др.; под. ред. С.В. Колпакова. - М.: Машиностроение, 1991. - 464 с.
3. Стрелов К.К. Технология огнеупоров / К.К. Стрелов, И.П. Кашеев, П.С. Мамыкин. – М.: Metallurgy, 1988. – 510 с.
4. Соколов Г.А. Производство стали / Г.А. Соколов. – М.: Metallurgy, 1982. – 496 с.
5. Честерс Д.Х. Огнеупоры в сталеплавильном производстве / Д. Х. Честерс. - изд. 2. – М.: Metallurgizdat, 1961 – 510 с.

Методичні вказівки для виконання
індивідуальної та самостійної роботи
з дисципліни
««Вогнетриви та ізоляційні матеріали»»

для студентів денної та заочної форм навчання технічних
спеціальностей.

Комп'ютерний набір і верстка: Любименко Олена Миколаївна

Укладачі: Любименко О.М., доц., к.ф.-м.н., доц

Донецький національний технічний університет
85300, м. Покровськ, пл. Шибанкова, 2.

Покровськ
2020