

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ЗАТВЕРДЖЕНО
Вченою радою
Хіміко-технологічного факультету
Протокол № ____ від ____ лютого 2017 р.

Голова вченої ради _____ І.М. Астрелін

М.П.

ПРОГРАМА

комплексного фахового випробування для вступу на освітньо-професійну програму підготовки
магістра
спеціальності **161 «Хімічні технології та інженерія»**

зі спеціалізації **«Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів»**

Програму рекомендовано кафедрою
хімічної технології кераміки та скла
Протокол № ____ від ____ лютого 2017 р.

Завідувач кафедри _____ Б.Ю. Корнілович

ВСТУП

Програма комплексного фахового випробування складена для випускників бакалаврату і їх подальшої підготовки до вступу на навчання за програмою підготовки ОС «магістр», що має на меті відбір на конкурсній основі найбільш здібних і перспективних студентів.

Програма орієнтована на освітньо-професійну програму підготовки магістра зі спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» і за спеціалізацією «Хімічні технології неорганічних керамічних матеріалів».

Програма комплексного фахового випробування уніфікує і об'єднує різні Програми спеціалізацій спеціальності в одну – узагальнену Програму вступу в магістратуру з даної спеціальності.

Програма складається з чотирьох блоків, за якими відповідно передбачено чотири теоретичних питання в екзаменаційному білеті. Кількість екзаменаційних білетів – 25. Питання в кожному блоці складені відповідно до фахових дисциплін, які викладалися в рамках бакалаврської підготовки.

Блок 1. Технічний аналіз, стандартизація та сертифікація кераміки та скла.

Блок 2. Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів.

Блок 3. Основи технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів (технологія кераміки і технологія скла).

Блок 4. Теплові процеси в технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів. Тепло-технологічні агрегати силікатного виробництва.

Тривалість екзамену 4 академічні години (180 хв. без перерви).

ОСНОВНИЙ ВИКЛАД

БЛОК 1.

ТЕХНІЧНИЙ АНАЛІЗ КЕРАМІКИ ТА СКЛА

1. Технічний аналіз.

Технічний аналіз як один з найважливіших засобів правильного ведення технологічного виробництва і забезпечення якості продукту на підприємствах. Зв'язок технічного аналізу з іншими предметами. Хімічні, фізико-хімічні і фізичні методи в технічному аналізі, які застосовуються у технології кераміки та скла, їх коротка характеристика.

2. Методи технічного аналізу.

Маркувальні, експресні і арбітражні види аналізу. Математична обробка результатів аналізу. Загальні правила роботи і техніка безпеки в лабораторії технічного аналізу. Принципи дії приладів та інструментів. Задачі стандартизації, її економічна ефективність. Основні поняття і визначення метрології, стандартизації, сертифікації і документації систем якості.

3. Організація технічного контролю виробництва керамічних та скломатеріалів.

Стандарти і оцінка якості матеріалів. Комплексна система управління якістю продукції. Функції і завдання відділу управління якістю продукції, відділу технічного контролю і заводської лабораторії. Вхідний контроль сировини, матеріалів. Автоматизація контролю технологічних процесів.

4. Методи відбору середніх проб сировини, напівфабрикатів і готових виробів. Підготовка їх до випробування.

Приймання і відбір проб кускових і сипучих матеріалів. Відбір проб суспензій. Автоматичний відбір проб. Відбір середньої проби готових виробів. Скорочення проб. Макроскопічний опис сировини. Підготовка керамічних мас і виготовлення зразків для випробувань. Підготовка зразків скломас для випробувань.

5. **Визначення основних властивостей сировинних матеріалів.**

Водозатворюваність глинистих матеріалів. Пластичність глин. Зв'язність і зв'язуюча здатність глин. Чутливість глин до сушки. Усадка глин і керамічних мас при сушінні і випаленні. Спінання глин і керамічних мас (температура і інтервал спінання). Вогнетривкість керамічних матеріалів.

6. **Визначення технічних властивостей керамічних мас і шлікерів.**

Гранулометричний склад і площа питомої поверхні подрібнених матеріалів. Вологість керамічних шлікерів. Показники пружності і порогу структуроутворення каолінової суспензії. Розріджуваність керамічних мас і ливарні властивості водних шлікерів. Концентрація водневих іонів в шлікерах. Вміст органічної зв'язки в шлікерах для гарячого литва. Технологічні властивості термопластичних керамічних шлікерів.

7. **Хімічні методи дослідження.**

Основні хімічні (якісні та кількісні) методи дослідження силікатів – гравіметричний, об'ємний методи аналізу. Гравіметрична форма. Точка еквівалентності. Індикатори. Вибір індикатора для аналізу. Вимоги до реакцій в титриметричному аналізі. Концентрації. Границі визначення.

8. **Фізико-хімічні методи визначення мінералогічного та хімічного складу силікатів.**

Основні фізичні та фізико-хімічні методи дослідження силікатів. Класифікації методів за різними ознаками - вимірюваними властивостями.

Кристаллооптичний метод аналізу. Рентгенівські методи аналізу. Термічні методи аналізу. ІЧ-спектроскопія. Оптичні методи аналізу. Спектральний аналіз (емісійна спектроскопія, полум'янева спектроскопія, атомно-адсорбційна спектроскопія). Фотометричний аналіз. Спеціальні інструментальні методи дослідження силікатів.

9. **Визначення термомеханічних, електричних, хімічних і спеціальних властивостей керамічних матеріалів і виробів.**

Пористість, водопоглинання і середня щільність. Щільність. Механічна міцність. Твердість. Деформаційні властивості. Температурні коефіцієнти лінійного і об'ємного розширення. Узгодженість ТКЛР глазури і кераміки. Термічна стійкість. Теплопровідність і температуропровідність. Газопроникність. Водопроникність. Морозостійкість. Хімічна стійкість. Білизна. Просвічуваність. Електричні властивості.

10. **Метрологія та стандартизація.**

Задачі стандартизації, її економічна ефективність. Основні поняття і визначення метрології. Приведення несистемних величин досліджень у відповідність до діючих стандартів і міжнародної системи СІ.

БЛОК 2.

ФІЗИЧНА ХІМІЯ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ ТА СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Силікати. Загальна характеристика.

Методи досліджень. Визначення, склад і систематика силікатів і тугоплавких речовин. Основні методи їх досліджень: термічні, рентгеноструктурні, мікроскопічні, електронно-мікроскопічні і інші методи аналізу. Термічні і гідротермальні синтези силікатів.

2. Фазова рівновага в силікатних системах.

Основні поняття і визначення. Система, параметри системи, компонент, фаза, ступені свободи, варіантність системи, термодинамічна рівновага. Правило фаз Гіббса. Рівняння Клаузіуса-Клапейрона. Загальні поняття про діаграми стану. Використання правила фаз для силікатних систем. Використання діаграм стану для рішення технічних задач.

Діаграма стану однокомпонентної системи. Діаграма із сполукою, що має кілька поліморфних модифікацій. Поліморфізм. Енантіотропні і монотропні поліморфні перетворення. Змінення питомих об'ємів при поліморфних перетвореннях. Діаграма стану системи SiO₂. Поліморфні модифікації і області їх стабільного і метастабільного існування. Послідовність і швидкість фазових перетворень в системі SiO₂. Зміна питомої ваги і об'ємні

зміни при поліморфних перетвореннях. Вплив мінералізаторів на фазові перетворення. Механізм дії мінералізаторів. Характеристика окремих поліморфних модифікацій і фаз в системі SiO_2 : кварц, тридиміт, кристобаліт, кремнеземисте (кварцове) скло, коесіт, китіт, стишовіт, волокнистий кремнезем, конденсоване кварцове скло. Значення діаграми стану SiO_2 для хімії і технології силікатів.

Діаграма стану двокомпонентних (бінарних) систем. Діаграми стану: з евтектикою (без хімічних сполук і твердих розчинів), з хімічною сполукою, що плавиться без розкладу (конгруентно) із розкладом (інконгруентно), з хімічною сполукою, що розпадається чи утворюється при зміні температури в твердому стані, з розшаруванням рідкої фази, ліквідацією, з поліморфними перетвореннями, з безперервним рядом твердих розчинів, з обмеженим рядом твердих розчинів.

Елементи будови діаграми стану бінарних систем: криві ліквідусу і солідусу, точки евтектики і перитектики. Евтектичний склад і евтектична температура. Перитектична реакція. Шляхи фазових перетворень при нагріві і охолодженні в бінарних системах. Правило важеля.

Діаграма стану систем $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$ і $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$. Особливості систем і характеристика бінарних сполук, що існують у них. Значення систем для технології силікатів. Силікати натрію і калію в гідратованому стані. Розчинне або рідке скло. Модуль рідкого скла. Методи отримання, властивості і використання рідкого скла.

Діаграма стану систему $\text{SiO}_2\text{-CaO}$. Особливості системи і характеристика сполук, що існують в ній. Оксид кальцію, структура і властивості. Метасилікат кальцію і його поліморфні модифікації - воластоніт і псевдоволастоніт. Ортосилікат кальцію. Діаграма стану однокомпонентної системи $2\text{CaO}\text{-SiO}_2$. Поліморфізм двокальцієвого силікату. Синтез і характеристика окремих модифікацій. Тверді розчини в двокальцієвім силікаті. Трикальцієвий силікат, синтез, особливості його структури і властивості. Значення системи для технології силікатів. Силікати кальцію в гідратованому стані. Характеристика найважливіших індивідуальних фаз в системі $\text{SiO}_2\text{-CaO}\text{-H}_2\text{O}$, межі їх існування. Умови утворення сполук в цій системі. Синтез гідросилікатів кальцію. Тоберморитоподібні гідросилікати і їх значення в технології.

Діаграма стану системи $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$ по Боуену і Грейгу і у сучасній інтерпретації. Особливості системи і характеристика сполук, що існують у ній. Глинозем, його різновиди, властивості, використання. Мінерали силіманітової групи. Муліт - отримання, структура, властивості, використання. Значення системи для технології силікатів. Гідросилікати алюмінію. Розповсюдження у природі. Глини. Глинисті мінерали каолінітової, монтморилонітової і інших груп. Особливості структури і характерні властивості глинистих мінералів. Перетворення каолініту і монтморилоніту при нагріванні. Значення для технології кераміки.

Діаграма стану системи $\text{SiO}_2\text{-MgO}$. Особливості системи і характеристика сполук, що існують в ній. Периклаз - отримання, властивості, використання. Форстерит і олівіновий ряд твердих розчинів. Метасилікат магнію і його поліморфні різновиди: енстатит, кліноенстатит, протоенстатит. Піроксени. Значення системи для технології силікатів. Силікати магнію в гідратованому стані. Гідросилікати магнію - азбест, серпентин, тальк. Синтез гідросилікатів магнію і їх розповсюдження в природі. Значення гідросилікатів магнію як сировини керамічної промисловості.

Характеристика інших двокомпонентних систем і їх значення в технології силікатів.

Діаграми стану трикомпонентних систем. Просторові зображення трикомпонентних діаграм. Елементи будови діаграм. Діаграми стану: з евтектикою, з подвійною і потрійною хімічною сполукою, що плавляться конгруентно і інконгруентно, з подвійною хімічною сполукою, що розпадається при зміні температури в твердому стані, з ліквідацією, з поліморфними перетвореннями, з утворенням твердих розчинів. Правила визначення: складу твердої фази, що випадає первинно, температури початку кристалізації, початкового шляху зміни складу рідкої фази, напрямку падіння температури на граничних кривих, складу кінцевих продуктів кристалізації (правило елементарного трикутника), кінцевої точки кристалізації, точки, в якій шлях кристалізації покидає інконгруентну криву, подальшого шляху кристалізації

із точки подвійного опускання, кінцевої точки кристалізації в системі з твердими розчинами. Визначення кількісного співвідношення фаз за правилом важеля.

Діаграма стану системи $\text{SiO}_2\text{-CaO-Na}_2\text{O}$. Особливості діаграми і характеристика потрійних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій вапняно-натрієвих силікатних стекл.

Діаграма стану системи $\text{SiO}_2\text{-CaO-Al}_2\text{O}_3$. Особливості діаграми і характеристика потрійних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій в'язучих речовин, кераміки, вогнетривів. Области складу різних силікатних матеріалів на цій діаграмі.

Діаграма стану систему $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. Особливості діаграми і характеристика потрійних сполук, що існують в ній. Значення системи для технологій ситалів, кераміки, вогнетривів. Области складу різних силікатних матеріалів на цій діаграмі.

3. Силікати в кристалічному стані

Особливості кристалічного стану речовини. Дефекти кристалічних ґраток. Типи і класифікація дефектів. Тверді розчини. Класифікація. Ізоморфізм. Умови утворення твердих розчинів і їх властивості.

Структура кристалічних силікатів. Класифікація структур силікатів. Відображення структурних формул. Острівні силікати з ізольованими тетраедрами. Силікати з радикалами кінцевих розмірів. Ланцюгові силікати. Стрічкові силікати. Шаруваті силікати, каркасні силікати. Тверді розчини в силікатах. Особливості структури силікатів з великими катіонами. Вплив структури силікатів на їх властивості.

4. Твердофазові реакції. Теорія спікання

Поняття про реакції речовин в твердому стану і їх роль в технології силікатів. Фактори, що впливають на реакції в твердому стані. Роль процесу дифузії при твердофазових реакціях. Механізм і кінетика реакції в твердому стані.

Процеси спікання і рекристалізації. Суть процесу спікання. Види спікання. Механізм і кінетика твердофазового спікання.

Спікання чистих оксидів. Спікання в присутності рідкої фази. Значення процесу спікання в технології силікатних матеріалів. Суть процесу рекристалізації. Первинна і вторинна рекристалізація. Фактори, що впливають на процес рекристалізації. Значення процесу рекристалізації в технології силікатів.

5. Силікати в рідкому стані

Особливості рідкого стану речовин. Гіпотези будови рідин. Структура силікатних розплавів. Ступінь асоціації іонів в силікатних розплавах і її залежність від атомарного співвідношення O/Si і інші фактори.

Властивості силікатних розплавів. В'язкість. Залежність в'язкості від температури і хімічного складу. Методи визначення в'язкості силікатних матеріалів. Поверхневий натяг. Залежність величини поверхневого натягу від складу і температури розплаву. Методи визначення поверхневого натягу. Здатність розплавів змочувати. Крайовий кут змочування. Вплив хімічного складу, температури, властивостей твердої фази і інших факторів на здатність змочувати. Щільність. Методи визначення. Ліквіація. Суть явища. Характерні прояви.

Кристалізація силікатних розплавів. Гомогенні і гетерогенні утворення центрів кристалізації. Фактори, що впливають на процес кристалізації. Ріст кристалів із рідкої фази. Каталізатори кристалізації. Роль ліквіації. Значення процесів кристалізації в технології силікатів.

6. Силікати в склоподібному стані, ситали

Особливості склоподібного стану речовин. Гіпотези будови скла. Роль окремих оксидів у склі. Умови утворення оксидних стекл. Роль температури, складу і інших факторів на процес склоподібного затвердіння речовини. Залежність в'язкості від температури. Температури T_g і T_f . Аномальний інтервал склоутворення.

Властивості силікатних стекл. Адитивність властивостей. Фізико-механічні, термічні, оптичні, хімічні і інші властивості. Особливості методів їх дослідження. Внутрішні напруження у склі, їх причини і знешкодження.

Кристалізаційна здатність скла. Умови кристалізації скла. Методи визначення кристалізаційної здатності. Процес керованої кристалізації скла. Склокристалічні матеріали. Властивості ситалів.

7. Силікати у високодиспергованому стані

Природні і штучні колоїди в силікатних системах. Колоїдні форми кремнезему і гелі кремнекислоти. Колоїдно-хімічні явища в системі глина - вода. Колоїдно-хімічні процеси у кольоровому і світлочутливому склі. Структурно-механічні властивості диспергованих структур, їх значення для технології силікатів.

8. Термохімія і термодинаміка силікатів

Основні поняття термохімії силікатів: теплоємність і теплові ефекти реакцій. Методи їх визначення.

Термодинаміка зворотних і незворотних процесів. Термодинамічні функції. Використання другого закону термодинаміки для визначення термодинамічних можливостей проходження реакцій.

9. Хімія силіцію

Значення кремнію та його сполук в техніці. Елементарний кремній. Методи одержання, властивості і використання в техніці. Бінарні сполуки силіцію, силіциди, карбід силіцію, нітриди і бориди силіцію. Сполуки з киснем, силіцій-гідрогенні сполуки, силіційгалогени, методи отримання, властивості і застосування в техніці.

Силіційорганічні сполуки. Особливості. Номенклатура. Мономерні силіційорганічні сполуки. Синтез, властивості і застосування. Полімерні сполуки. Отримання, властивості, основні галузі застосування. Значення силіційорганічних сполук у техніці. Перспективи подальшого розвитку і застосування.

Надтверді матеріали. Жаростійкі матеріали. Напівпровідники і їх властивості. Діелектричні матеріали. Матеріали з особливими електрофізичними властивостями: сегнетоелектрики, п'єзоелектрики, феромагнетики. Їх використання в різних областях науки і техніки.

БЛОК 3.

ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СИЛІКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

ТЕХНОЛОГІЯ КЕРАМІКИ

1. Вступ. Поняття про кераміку

Вступ. Поняття про кераміку. Класифікація керамічних виробів. Галузі застосування кераміки. Нові напрямки в кераміці.

2. Основна керамічна сировина – пластичні і непластичні матеріали

Класифікація сировинних матеріалів. Пластичні матеріали. Глини і каоліни, їх специфічні властивості та склад (речовинний, хімічний, гранулометричний). Пісні матеріали і плавні, їх призначення. Домішки, що вигорають.

Властивості пластичних матеріалів, що проявляються у технологічних процесах – водні, механічні, сушильні, термічні.

Підготовка сировини та її збереження. Обробка глин, опіснювачів, флюсів, домішок, що вигорають.

3. Методи приготування керамічних мас і формування керамічних виробів

Приготування пластичних мас, прес-порошків, водних та гарячих шлікерів. Методи фізико-хімічної обробки пластичних керамічних мас. Вакуумування, зволоження, підігрів, введення хімічних реагентів.

Методи формування керамічних виробів. Пластичне формування. Пресування з порошків, лиття з водних і гарячих шлікерів. Інтенсивні способи формування.

4. Процеси утворення керамічних матеріалів

Сушка керамічних виробів. Основні процеси, що протікають при сушці керамічних виробів. Натуральні і штучні методи сушки. Сушка струмами високої частоти та інфрачервоними променями. Сушильні установки. Класифікація, принцип роботи.

Основні процеси, що протікають при обпаленні керамічних виробів. Типи печей, що застосовуються при обпаленні різних видів керамічних виробів.

5. Види і методи виробництва спеченої кераміки

Кам'яно-керамічні матеріали. Класифікація. Виробництво кам'яно-керамічних виробів. Види і галузі застосування виробів. Основні вимоги до клінкерної цегли, каналізаційних труб, плиток для підлоги та хімічно-стійких виробів.

Тонка кераміка. Поняття про поливу. Види полив та їх склади. Одержання полив. Методика підбору полив до керамічних виробів. Основні методи глазурування. Фаянс. Класифікація, види виробів. Вимоги до господарського, санітарного і будівельного фаянсу. Технологічні схеми і особливості виробництва різних видів фаянсових виробів. Властивості фаянсу.

Фарфор. Класифікація. Види виробів. Поняття про м'який і твердий фарфор. Технологічні схеми і особливості виробництва м'якого і твердого фарфору. Фізико-хімічні процеси, які протікають при обпаленні фарфорової маси. Основні вимоги до фарфору.

Вогнетриви. Класифікація вогнетривів. Властивості виробів.

Алюмосилікатні вогнетриви. Особливості виробництва шамотних, напівкислих, високоглиноземистих виробів. Динас і особливості його виробництва. Процеси, які протікають при обпалюванні динасу. Магнезійні вогнетриви - магнезитові, форстеритові, доломітові, хромомagneзитові. Особливості виробництва.

Вуглецьвміщуючі вогнетриви. Основні відомості про виготовлення вогнетривів на основі чистих оксидів. Вимоги стандартів до вогнетривів. Застосування вогнетривів.

6. Керамічні матеріали із спеціальних мас

Нова (технічна) кераміка. Високоглиноземиста, магнезійна, конденсаторна кераміка. Сегнето- і п'езокераміка. Напівпровідники. Керамічні феромагнітні матеріали. Сировинні матеріали. Особливості двостадійної технології виробництва. Галузі застосування виробів - технічна кераміка як матеріали космічної ери. Техніка безпеки та захист довкілля на керамічних заводах.

ТЕХНОЛОГІЯ СКЛА

1. Вступ. Поняття про скло та склоподібний стан речовини.

Теорії будови скла. Теорії Менделєєва, Лебедева, Захаріасена. Поняття про ближній і дальній порядок.

2. Загальні фізико-хімічні характеристики типових склоутворювачів і склоподібних тіл у розплавленому стані

В'язкість. Залежність від хімічного складу, температури. Значення в'язкості у виробництві скла.

Поверхневий натяг. Роль поверхневого натягу в технології скла. Здатність скломаси змочувати.

Кристалізаційна здатність скла. Види кристалізації: спонтанна і примусова. Типові криві швидкості утворення центрів кристалізації і лінійної швидкості росту кристалів. Методи визначення кристалізаційної здатності. Методи попередження кристалізації. Вплив хімічного складу на кристалізаційну здатність.

Ліквіаційні явища в склі. Стабільна і метастабільна ліквіація. Кінетика процесу ліквіації.

3. Властивості скла у твердому стані

Хімічна стійкість скла. Корозійні агенти. Руйнування скла реагентами 1 і 2 групи. Вплив хімічного складу на хімічну стійкість

Механічні властивості скла. Щільність скла. Міцність на розтяг, стискання і згин. Вплив хімічного складу на міцність. Зміцнення скла.

Термічні властивості скла. Теплоємність, теплопровідність, , термічне розширення, термостійкість, вплив температури і хімічного складу.

Електричні властивості скла. Об'ємна електропровідність і електроопір. Вплив хімічного складу і температури, відпалу, загартування. Поверхнева електропровідність.

Оптичні властивості скла. Оптичні константи скла. Показник заломлення і дисперсія. Пропускання, поглинання, віддзеркалювання світла. Коефіцієнт пропускання.

4. Теорія забарвлювання скла

Кольорове скло. Вибіркове поглинання видимого випромінювання. Поняття кольору. Молекулярне і колоїдне забарвлювання. Іонні, молекулярні і колоїдні барвники. Приклади. Обезбарвлювання скла.

5. Класифікація неорганічного скла

Елементарне скло. Оксидне скло. Силікатні, боратні, фосфатні стекла. Їх властивості і використання. Безкисневе скло.

6. Шихтові матеріали і шихтування

Головні сировинні матеріали і допоміжні. Матеріали для введення склаутворюючих оксидів, оксидів лужних, лужно-земельних матеріалів. Кварцові піски. Допоміжні матеріали. Барвники. Окислювачі. Відновники.

Готування шихти. Вимоги до шихти. Зволоження шихти. Підготовка матеріалів, подрібнення, помел. Обладнання. Сушка, сушарки. Сорткування та збагачення матеріалів.

7. Теорія і практика скловаріння

Теоретичні основи. Стадії: силікатоутворення, склоутворення, освітлення, гомогенізація, студка. Фізико-хімічні процеси при нагріванні содової і сульфатної шихти. Окислювальні і відновлювальні процеси у скломасі. Леткість компонентів при нагріванні. Газу в скломасі і їх розчинність. Вплив освітлювачів. Механізм процесу освітлювання. Основні напрямки інтенсифікації процесу освітлення. Гомогенізація скломаси.

Потоки скломаси у ванних печах. Конструкції печей. Теплообмін в печі. Склад газового середовища і режим тиску. Температурний режим ванних печей. Класифікація видів браку.

Вогнетриви в скляній промисловості. Електроплавлені вогнетриви. Вогнетриви, що виготовляються по керамічній технології. Нейтральні, кислі, напівкислі, лужні. Властивості.

8. Технологія скловиробів

Теоретичні основи формування. Роль в'язкості і поверхневого натягу. Швидкість твердіння. В'язкісні і температурні інтервали для основних способів формування.

Основні методи формування. Пресування, пресовидування, витягування, прокат.

9. Обробка скляних виробів

Термічна обробка виробів. Відпал виробів із скла. Температурно-часовий режим відпалу. Гартування. Властивості загартованого скла. Обладнання для відпалу і гартування. Інші види термічної обробки скла.

Механічна і хімічна обробка скла. Види механічної обробки. Хімічна і фізична обробка скла.

БЛОК 4.

ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ В ТЕХНОЛОГІЇ ТУГОПЛАВКИХ НЕМЕТАЛЕВИХ І СИЛКАТНИХ МАТЕРІАЛІВ

ТЕПЛОТЕХНОЛОГІЧНІ АГРЕГАТИ СИЛКАТНОГО ВИРОБНИЦТВА

Паливно-енергетичні ресурси технології силікатів

1. **Вступ.** Споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) підприємствами силікатної промисловості. Теплова обробка матеріалів. Теплові процеси в теплових установках (печах, сушарках). Перебіг хімічних, теплових, масообмінних процесів в матеріалах і теплових, масообмінних й гідродинамічних процесів в установках.

Теплові процеси в матеріалах і виробках, що піддаються тепловій обробці.

Види теплової обробки: нагрівання, сушіння, дегідратація, тепловологісна обробка, випал, спучування, спікання, плавлення, варіння, відпал, загартування.

Фізичні й фізико-хімічні процеси, що супроводжуються поглинанням або виділенням теплоти. Зміна внутрішньої енергії (ентальпії) речовини

2. Джерела й процеси одержання теплоти

Органічне паливо і його склад. Класифікація за призначенням, походженням і агрегатному стану. Хімічний склад палив. Горюча частина і баласт.

Основні технічні характеристики палива. Теплота згоряння. Вища і нижча теплоти згоряння. Поняття умовного палива. Леткі компоненти і твердий залишок. Кокс.

Температура плавлення золи. В'язкість рідкого палива. Температура спалаху. Температура займання. Вибір палива для теплової обробки силікатних матеріалів. Вимоги охорони навколишнього середовища. Перспективи розвитку паливно-енергетичної бази.

Способи електронагріву і його застосування. Пряме і непряме нагрівання за рахунок джоулевої теплоти, електродуговим методом, високочастотним нагріванням. Нагрівальні елементи, електроди

3. Паливні процеси

Види палива і процеси горіння

Природні й штучні палива. Кам'яні вугілля. Бурі вугілля. Торф. Сланці. Зольність, вологість, баласт палива. Теплота згоряння. Мазут. Класифікація. Хімічний склад. Теплота згоряння. Природний газ. Теплота згоряння.

Склад твердого, рідкого й газоподібного палива. Спосіб визначення елементарного хімічного складу. Мінеральні домішки, волога, зола палива. Зола палива. Волога палива: зовнішня й внутрішня. Теплота згоряння палива. Вища і нижча теплота згоряння палива. Умовне паливо. Температури горіння палива. Теоретична, калориметрична, дійсна температура.

Газоподібне паливо. Переваги. Недоліки. Класифікація газоподібного палива за теплою згоряння. Приклади. Процеси горіння природного газу. Розрахунки процесу горіння. Визначення температури горіння на основі балансу теплоти. Визначення витрат повітря й виходу продуктів горіння на основі матеріального балансу. Перерахування складу газоподібного палива із сухого на вологий.

Теплота згоряння палива. Витрата повітря на горіння. Коефіцієнт витрати повітря. Об'єм продуктів горіння. Температура горіння. Баланс теплоти для газів. Статті надходження і витрат. Рівняння теплового балансу. Приклад розрахунку горіння.

Аеродинаміка теплових агрегатів

Закономірності течії нагрітих газів. Зв'язок аеродинамічних процесів з технологічними. Види течій нагрітих газів. Природний і примусовий рух газів. Режими ламінарний і турбулентний. Канальна, струминна, фільтраційна, циклонна течія. Властивості газоподібних тіл. Поняття ідеальних й реальних газів.

Рушійна сила руху газів. Види напорів. Геометричний напір - потенційна енергія газу в гравітаційному полі Землі. Схема виникнення геометричного напору газу. Статичний (п'єзометричний) напір - потенційна енергія газу, обумовлена міжмолекулярними взаємодіями. Динамічний (швидкісний) напір - кінетична енергія газу, що рухається. Схеми виміру напорів U-подібними манометрами.

Рівняння течії газів. Взаємозв'язок між напорами - рівняння Бернуллі. Рівняння Бернуллі для ідеального і реального газу. Опори течії газів. Втрати напору. Втрати на здолення геометричного напору. Втрати від тертя. Природа втрат. Коефіцієнт втрат. Залежність від геометрії і стану поверхні каналів. Визначення. Місцеві втрати. Природа втрат. Коефіцієнт втрат. Залежність від геометрії каналів. Визначення.

Принцип розрахунку газоходів. Етюра напорів в повітряно-димових трактах печі. Рушійна сила руху повітря і димових газів в печах. Тяго-дутьові пристрої: димососи й вентилятори, димарі й т.д. Розрахунок димаря.

4. Теплообмінні процеси

Кондуктивний теплообмін

Загальні положення. Три види (способи, механізми) теплообміну. Кондукція, конвекція, радіація. Природа кондуктивного теплообміну. Роль кондукції в перенесенні теплоти в твердих, рідких і газоподібних субстанціях.

Поняття про температурне поле. Еволюція температурного поля в просторі і у часі. Вимірність температурного поля. Рівняння теплопровідності Фур'є для одновимірного поля. Система просторових координат (прямокутна, циліндрична, сферична). Поняття про градієнт температур, тепловий потік. Одиниці виміру.

Коефіцієнт теплопровідності. Його залежність від природи матеріалу, будови, температури. Вогнетривкі і теплоізоляційні матеріали для оснащення теплових агрегатів. Стаціонарна теплопровідність через плоску стінку. Одношарова плоска стінка. Багатошарова плоска стінка.

Нестаціонарні теплообмінні процеси. Рівняння енергії. Диференціальне рівняння Фур'є для нестаціонарних процесів. Поняття про дивергенцію температур. Коефіцієнт температуропровідності. Умови однозначності. Геометрія і вимірність. Початкові умови. Граничні умови. Теплофізичні властивості. Інформація про об'ємні джерела або стоки теплоти. Аналітичні методи в теорії нестаціонарних процесів. Чисельні методи розрахунку нестаціонарних процесів. Кінцево-різнична схема обчислень. Апроксимація диференціального рівняння Фур'є. Алгоритм розрахунку.

Приклад розрахунку нестаціонарного температурного поля.

Конвективний теплообмін

Конвекція. Закон Ньютона. Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією. Основні фактори, що впливають на процес тепловіддачі конвекцією. Природа виникнення руху газів і рідин уздовж поверхонь порожнин. Режим руху газів і рідин. Фізичні властивості газів і рідин.

Використання теорії подібності. Критерії подібності. Форма, розміри й орієнтація поверхні. Основні емпіричні рівняння для обчислення коефіцієнтів тепловіддачі.

Теплопередача через плоску стінку. Поняття про термічний опір конвективної і кондуктивної складової теплового потоку. Одношарова і багатошарова стінка.

Приклад визначення теплових втрат через огороження печей.

Теплообмін випромінюванням

Загальні положення. Джерела теплового випромінювання. Електромагнітне випромінювання інфрачервоного діапазону. Безперервний спектр випромінювання твердих тіл. Інтегральний або повний променистий потік. Випромінювальна здатність тіла. Поняття абсолютно чорного тіла. Інтенсивність випромінювання. Закони випромінювання. Закон Кірхгофа, Планка, Віна, Ламберта, Стефана-Больцмана.

Відбивання, поглинання й пропускання променів. Коефіцієнтом поглинання, відбиття, проникності. Поняття про ступень чорноти і випромінювальної здатності твердих тіл. Приклади значень для матеріалів пічного обладнання.

Радіаційний теплообмін за участю газів. Лінійчатий спектр випромінювання газів. Селективне (вибіркове) випромінювання газів. Об'ємний характер випромінювання газів.

Прозорість для теплового випромінювання одно- та двоатомних газів зі симетричними молекулами. Поглинальна і випромінювальна здатність трьохатомних газів (вуглекислого газу CO_2 і парів води H_2O) в інфрачервоній частині спектра.

Залежність коефіцієнтів поглинання і випромінювання газів від температури, тиску (густини, концентрації), просторової протяжності газового шару. Випромінювальна здатність або ступінь чорноти. Визначення ефективної товщини газового шару. Визначення ступеню чорноти газів за допомогою діаграм. Теплопередача від полум'я у камерах згоряння, топках та пальниках.

5. Сушильні процеси

Теорія процесів сушіння

Основні методи сушіння і їх реалізація. Теплове сушіння. Природне сушіння Штучне сушіння. Конвективне, кондуктивне і радіаційне сушіння. Сушіння в електричному полі високої частоти. Сублимаційне і вакуумне сушіння. Механічний вид сушіння.

Основні форми зв'язку води з твердим каркасом. хімічно зв'язана волога, адсорбційно-зв'язана вода, осмотично-зв'язана вода, капілярно-зв'язана вода. Вода, вільно утримувана й захоплена при формуванні виробу в процесі його зволоження. Волога матеріалу. Вологість матеріалу. Рівноважна вологість. Абсолютна і відносна вологість матеріалу.

Залежності вологовмісту, температур та швидкості сушіння вологих матеріалів від часу Ізотерма сорбції-десорбції (крива рівноважної вологості). Три періоди сушіння. Інтенсивність сушіння. Усадкові явища при сушці. Повітряна усадка. Об'ємні зміни в глині при сушці. Залежності вологовмісту, температур та швидкості сушіння вологих матеріалів від часу. Виникнення напружень у процесі сушіння.

Тривалість сушіння.

Тепло- масообмінні процеси при сушінні

Розподіл вологості і температури у матеріалі при різних способах підведення теплоти. Матеріальний баланс процесу сушіння

Параметри сушильного агента. Вологість і тепломісткість повітря. Абсолютна вологість повітря або газів. Залежність абсолютної вологості насиченого повітря від температури. Відносна вологість повітря. Температура точки роси. Вологовміст d повітря. Тепломісткість вологого повітря.

Визначення витрат тепла й повітря на сушіння. $I-d$ – діаграма. Приклади користування $I-d$ – діаграмою. Процес сушіння повітрям. Теоретичний процес сушіння. Дійсний процес сушіння..

6. Тепло-енергетичні процеси в технології силікатів

Теоретичні засади високотемпературних технологічних процесів

Високотемпературні процеси в технології силікатних матеріалів.

Основні хімічні і фізико-хімічні процеси в технології в'язучих матеріалів, кераміки та скла. Температури перебігу таких процесів. Витрати теплоти. Приклади ендотермічних та екзотермічних процесів. Особливості технології керамічних, скляних виробів, в'язучих матеріалів. Сировинні матеріали.

Процеси одержання в'язучих матеріалів (цементного клінкеру, вапна, гіпсу), керамічних виробів (фаянсу, порцеляни, вогнетривів), виробів зі скла (тарне, листове, технічні стекла). Температури перебігу процесів та енерговитрати. Теплові агрегати. Приклади з технології.

Термодинаміка перетворень при синтезі силікатних матеріалів. Приклади обчислення теплових ефектів реакцій. Термодинамічний аналіз.

Процес випалу в технології кераміки і в'язучих матеріалів. Спікання – основний процес термічної обробки. Основні ознаки перебігу процесів спікання.

Рідкофазове і твердофазове спікання. Газове середовище і окисно-відновні умови випалу. Основні способи інтенсифікації спікання.

Високотемпературні процеси і їх реалізація в технології силікатів

Процеси варіння в технології скла і склокристалічних матеріалів. Основні процеси: дисоціація вихідних компонентів шихти, утворення проміжних силікатних сполук, плавлення евтектик і кінцевої речовини. Процеси газоутворення в розплаві, поява пазирів і їх видалення. Теплові агрегати – скловарні печі. Відпал – термічна дія на скляний виріб (напівфабрикат) з метою усунення залишкових термічних напруг. Печі відпалу. Кристалізація - термічна дія на скляний виріб (напівфабрикат) з метою керованої кристалізації і отримання склокристалічного матеріалу (ситалу). Печі кристалізації. Приклади температурних параметрів і питомих енергетичних витрат.

Одержання вихідних даних по перетворенням в сировинних матеріалах і їх сумішах.

Диференціальний термічний, гравіметричний, дилатометричні аналізи. Рентгенофазовий аналіз і інфрачервона мікроскопія.

Визначення оптимальних температурно-часових параметрів термічної обробки з метою синтезу матеріалів із заданими експлуатаційними властивостями. Експериментальне моделювання процесу випалу. Проектування режиму випалу.

Метод теплових балансів при визначенні витрат палива в теплових агрегатах. Принципи складання теплових балансів. Теплові баланси окремих ділянок печей і теплового агрегату в цілому. Типові статті надходження теплоти в печах. Продуктивні та непродуктивні витрати теплоти. Рівняння теплового балансу. Визначення витрат палива.

Коефіцієнт корисної дії (ККД) теплового агрегату. Шляхи зниження теплових втрат і підвищення ККД. Теплообмінні апарати. Рекуператори, регенератори. Казани-утилізатори.

7. Установки для сушіння матеріалів і виробів

Схеми сушильних установок і їхні основні елементи. Класифікація сушильних установок. Вимоги до сушарок. Барабанні сушарки. Призначення, будова і принцип роботи барабанної сушарки.

Особливості протиточної і прямої схеми роботи сушарок. Будова основних вузлів барабанної сушарки.

Камерні й тунельні сушарки. Призначення, будова і принцип роботи. Варіанти руху теплоносія в цих сушарках і шляхи інтенсифікації процесу сушіння в них.

Сушарки киплячого шару. Будова, принцип роботи й область застосування.

Розпилювальні сушарки. Призначення, будова і принцип роботи.

Пневматичні сушарки. Схеми й конструктивні особливості, область застосування, переваги й недоліки.

Радіаційні й радіаційно-конвективні конвеєрні сушарки.

Сушарки із застосуванням струмів високої частоти. Призначення, будова, принцип роботи й область застосування. Комбінована сушарка, що поєднує високочастотне й конвективне сушіння.

Вибір сушарок. Основи розрахунку сушарок. Шляхи зниження витрат теплоти на сушіння.

8. Теплообмінні апарати

Теплообмінні апарати, застосовувані на установках виробництва силікатних матеріалів. Класифікація.

Регенеративні й рекуперативні теплообмінники. Рекуперативні теплообмінники для утилізації теплоти.

Калорифери, трубчасті, керамічні й металеві рекуператори.

Регенеративні теплообмінники для утилізації теплоти печей. Будова і принцип роботи регенератора. Насадки.

Теплотехнічний розрахунок регенераторів. Нові конструкції регенераторів і використання їх для енергозбереження.

Використання теплообмінних апаратів для зниження витрат теплоти в печах.

9. Високотемпературні процеси

Процеси, що відбуваються при випалі матеріалів у печі. Теоретичні основи спікання, плавки й спучування, конструкції печей для їхнього здійснення. Загальні схеми печей.

Застосування газоподібного палива. Переваги застосування газу.

Фактори, що впливають на швидкість горіння газоподібного палива. Довжина факела полум'я. Конструкції газових пальників.

Застосування рідкого палива. Фактори, що визначають швидкість горіння рідкого палива. Визначення довжини палаючої частини факела.

Конструкції форсунок. Механічні й пневматичні форсунки.

Застосування твердого палива. Фізичні основи горіння твердого палива. Факельне спалювання пилоподібного твердого палива. Довжина палаючого факела. Конструкції пальників для спалювання пилоподібного твердого палива.

Топки. Основні конструкції топків для спалювання газоподібного, рідкого й твердого палива.

10. Устаткування для високотемпературної обробки матеріалів

Печі. Класифікація печей.

Оберткові барабанні печі. Призначення, будова і принцип дії. Конструктивні елементи печей. Внутрішні теплообмінні пристрої. Футеровка барабана.

Шахтні печі. Конструктивні схеми шахти. Типи завантажувальних і вивантажувальних пристроїв. Особливості випалу різних матеріалів.

Тунельні печі. Призначення, область застосування, будова і принцип роботи. Зони термообробки матеріалу в печі. Основні принципові схеми печей. Конструкція склепіння й стін. Пересування матеріалу в печі.

Камерні печі для випалу керамічних виробів. Будова і принцип роботи.

Кільцеві печі з рухливим вогнем. Будова й принцип роботи.

Скловарні печі. Типи печей, їхні конструктивні особливості й призначення. Використання тепла газів, що відходять. Напрямок паливного факела у ванних печах. Особливості кладки скловарних печей.

Розрахунок печей. Складання матеріального й теплового балансів печей. Розрахунок основних розмірів печей. Шляхи зниження енергоспоживання при експлуатації печей.

Вогнетривкі й ізоляційні матеріали і їхнє застосування при експлуатації теплових установок.

ПРИКІНЦЕВІ ПОЛОЖЕННЯ

1. Допоміжний матеріал

В разі необхідності дозволяється користуватися наступним допоміжним матеріалом.

Блок 2. Діаграми стану силікатних систем: 6 бінарних діаграм і 3 –потрійні діаграми

2. Критерії оцінювання

Критерії оцінювання формуються в рамках стандарту *ECTS* (*A, B, C, D, E* – за стобальною шкалою). Критерії оцінювання стосуються лише змісту відповіді вступника на питання Комплексного фахового випробування.

На комплексному фаховому випробуванні вступник отримує екзаменаційний білет, який включає 4 питання з переліку зазначених вище тем і розділів навчальних дисциплін.

Відповідь на кожне питання оцінюється атестаційною комісією виходячи з максимальної оцінки - 25 балів.

В залежності від повноти і правильності відповіді на кожне окреме питання вступник отримує:

Відсоток правильної відповіді	91- 100	81-90	71-80	61-70	51-60	41-50	31-40	21-30	11-20	6-10	0-5
Бали	23-25	21-22	18-20	15-17	13-14	11-12	9-10	7-8	5-6	1-4	0

Правильною відповіддю вважається повне і адекватне висвітлення питання згідно з Програмою комплексного фахового випробування.

Загальна оцінка за комплексне фахове випробування обчислюється як проста арифметична сума балів за чотири відповіді. Таким чином, за результатами Комплексного фахового випробування вступник може набрати від 0 до 100 балів.

Залежно від загальної суми отриманих балів вступнику, згідно критеріїв *ECTS*, виставляється оцінка:

Сума набраних балів	Оцінка
95...100	А
85...94	В
75...84	С
65...74	Д
60...64	Е
менше 60	Ф

3. Приклад білету

1. Хімічна стійкість керамічних виробів.
2. Ланцюгові і стрічкові силікати.
3. В'язкість розплавів скла.
4. Низькотемпературні теплотехнологічні агрегати – тунельні вагонеткові сушарки.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Блок 1

1. Корнілович Б.Ю., Андрієвська О.Р., Племянніков М.М., Спасьонова Л.М. Фізична хімія кремнезему та нанодисперсних силікатів: навч. посібник/ за ред. Чл.-кор. НАН України Корніловича Б.Ю.- К.: Освіта України, 2013. – 178 с.
2. Ивановский А.Л., Швейкин Г.П. Квантовая химия в материаловедении. Неметаллические тугоплавкие соединения и неметаллическая керамика. – Екатеринбург: Изд-во «Екатеринбург», 2000. – 396с.
3. Годовская К.И., Рябина Л.В., Новик Г.Ю., Гернер М.М. Технический анализ: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1988.- 48с.
4. Лукин Е.С., Андрианов Н.Т. Технический анализ и контроль производства керамики. – М.: Стройиздат, 1986. – 272с.
5. Горшков В.С., Савельев В.Г., Федоров Н.Ф. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
6. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 190 с.
7. Самчук А.И., Пилипенко А.Т. Аналитическая химия минералов. – Киев: Наук.думка, 1982.- 200 с.
8. Практика по технологии керамики: Учеб. пособие для ВУЗов/ Под ред. И.Я. Гузмана. – М.: ОООРИФ «Стройматериалы», 2003. – 336 с.
9. Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2006. – 638с.
10. Ляликов Ю.С. Физико-химические методы анализа. – М.: Химия, 1974.
11. Коренман И.М. Фотометрический анализ. – М.: Химия, 1975.

Блок 2

1. Пащенко А.А., Мясников А.А., Мясникова Е.А. и др. Физическая химия силикатов. Учебник для вузов.-М.: Высш. шк., 1986.
2. Куколев Г.В., Пивень И.Я. Задачник по химии кремния и физической химии силикатов. Учеб. пособие для вузов. -М.: Высш. шк., 1971.
3. Бережний А.С., Питак Я.М., Пономаренко О.Д., Соболев Н.П. Фізико-хімічні системи тугоплавких неметалічних і силікатних матеріалів. Навчальний посібник. –К.: НМК ВО, 1992.

4. Бобкова Н.М., Силич Л.М., Терещенко И.М. Сборник задач по физической химии силикатов и тугоплавких соединений. Учебное пособие для вузов. – Минск: Университет, 1990.
5. Торопов Н.А. и др. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Вып. 1. Двойные системы. М.Л., наука, 1967; Вып.3, Тройные системы. Л.,Наука, 1972.
6. Бабушкин В.Н., Матвеев Т.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Стройиздат, 1986.-408 с.
7. Ралко А.В. и др. Термодинамические и термографические исследования процессов обжига керамики. Киев, Высшая школа, 1980.
8. Крупа О.А., Племянников М.М. Фізико-хімія та діаграми стану силікатних систем (Потрійні системи). Методичні вказівки по вивченню дисципліни “Фізична хімія тугоплавких неметалевих та силікатних матеріалів, 1999.
11. Корнілович Б.Ю., Андрієвська О.Р., Племянников М.М., Спасьонова Л.М. Фізична хімія кремнезему і нанодисперсних силікатів / Навчальний посібник – К.: «Освіта України», 2013. - 178 с.

Блок 3

1. Пашенко А.А. и др. Общая технология силикатов. - Киев: Вища школа, 1983.- 408 с.
2. Бобкова Н.М., Дятлова Е.М., Куницкая Т.С. Общая технология силикатов. – Минск: Вышэйшая школа, 1987. - 288 с.
3. Будников П. П и др. Химическая технология керамики и огнеупоров.- М.: Стройиздат, 1972. - 552 с.
4. Августинник А.И. Керамика. - Л.: Стройиздат, 1975. - 592 с.
5. Мороз И.И. Технология строительной керамики. - Киев: Вища школа, 1980. - 384 с.
6. Мороз И.И. Фарфор, фаянс, майолика. Киев: Техніка, 1975. - 352 с.
7. Павлушкин Н.М. Химическая технология стекла и ситаллов. - М.: Стройиздат, 1983. . -431 с
8. Яцишин Й.М. Технологія скла: Ч.1. "Фізика і хімія скла" – Львів: Видавництво НТУ "Львівська політехніка", 2001. -188 с.
9. Яцишин Й.М. Технологія скла: Ч.2. "Технологія скляної маси" – Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2004. -250 с.
10. Аппен А.А. Химия стекла. - Из-во "Химия", 1970.
11. Шелби Дж. Структура, свойства и технология стекла. Перевод с английского. Москва. «Мир». 2006.
12. Шаеффер Н.А. Технология стекла. Пер. с немецкого /Под общ. ред. Н.И.Минько. – Кишинев: Изд-во «СТІ-Print», 1998. – 179 с.
13. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов. - М.: Стройиздат, 1979. – 359 с.
14. Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2015. – 183 с.
15. Величко Ю.М., Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія кераміки. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К. : «Освіта України», 2016. – 160 с.

Блок 4

1. Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія скла. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К.: «Освіта України», 2015. – 183 с.
2. Величко Ю.М., Племянников М.М., Яценко А.П., Корнілович Б.Ю. Хімія і технологія кераміки. Високотемпературні процеси / Навчальний посібник. – К. : «Освіта України», 2016. – 160 с.
3. Ралко А.В., Крупа А.А., Племянников Н.Н. Теплотехника, тепловые процессы и агрегаты в технологии тугоплавких неметаллических и силикатных материалов: Учебник для вузов. - К. УМК В. 1993 .- 400 с.
4. Ралко А.В., Крупа А.А., Племянников Н.Н., Алексенко Н.В., Зинько Ю.Д. Тепловые процессы в технологии силикатов: Высш. шк.. Головное изд-во 1986. - 232с.

5. Племянников М.М., Крупа О.А. Хімія та теплофізика скла / Навчальний посібник. – К.: НТУУ”КПІ” 2000.– 560с.
6. Булавин И.А., Макаров И.А., Рапопорт А.Я.Хохлов В.К. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов: учебник для вузов. -М.: Стройиздат. 1982. - 243с.
7. Перегудов В.В., Роговой М.И. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и деталей. Учебн. для вузов. -М.: Стройиздат. 1983. -416с.
8. Чечеткин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника: учебник для хим.-тех. спец. вузов. - М.:Высш. шк. 1986 - 344с.
10. Лариков Н.Н. Теплотехника; Учебник для вузов - 3 изд. перераб. и доп. - М.: Стройиздат. 1975. - 432с.
11. Булавин А.Н. Теплотехника в производстве фарфора и фаянса. М.: Легкая индустрия. 1972. - 440с.
12. Строительная керамика. Справочник, Под редакцией Рохваргера Е Л.-М.: Стройиздат, 1983.- 432с.
13. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности. М.: Высш. шк., - 1968. - 367 с.
14. Болдырев А.С., Золотов П.П. Строительные материалы: Справочник. М.: Стройиздат, 1989. - 567 с.

Програму склали:

Завідувач кафедри ХТКС,
член-кор. НАН України
д.х.н., проф.

Б.Ю. Корнілович

Професор кафедри ХТКС

М.М. Племянников

Доцент кафедри ХТКС

Л.М. Спасьонова