

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Саратовский государственный технический  
университет имени Гагарина Ю.А.»

Проректор по науке и инновациям

« 22 » декабря 2025 г.



Научная специальность

#### 2.6.14 «Технология силикатных и тугоплавких неметаллических материалов»

Саратов, 2025

# ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## ВОПРОСЫ

1 Физико-химические основы технологии силикатных и тугоплавких неметаллических материалов

1.1 Общая характеристика силикатных и тугоплавких неметаллических материалов. Место и роль силикатных и тугоплавких неметаллических материалов (СиТНМ) в экономике и научно-техническом прогрессе. Роль отечественных ученых и научных школ в создании и развитии материаловедения и научных основ технологии СиТНМ. Классификации СиТНМ: по химической природе, по структуре слагающих фаз, по особенностям технологии, строению, функциональному назначению, по размерным параметрам. Основные принципы системного проектирования СиТНМ и их технологий.

1.2 Структура и свойства СиТНМ. Структура кристаллов и кристаллическая решетка. Симметрия кристаллов, трансляционные решетки Бравэ, пространственные группы симметрии. Основы кристаллохимии: простейшие кристаллические структуры, плотнейшие упаковки, атомные и ионные радиусы, координационные числа. Дефекты кристаллической решетки. Типы дефектов.

1.3 Твердые растворы: типы твердых растворов, условия образования и термодинамической стабильности. Эффект Френкеля-Киркендала. Твердые растворы в силикатах. Химическая связь в кристаллах. Правила построения ионных кристаллов. Структура тугоплавких простых и сложных оксидов, углерода, карбидов, нитридов и других бинарных соединений. Особенности структуры кристаллических силикатов. Кремнекислородные мотивы в структурах силикатов. Структура силикатов с крупными катионами. Явления полиморфизма и изоморфизма в СиТНМ. Изоморфные замещения в силикатах. Нестехиометрические твердые тела. Переходы порядок беспорядок. Наночастицы, наноструктуры и наноматериалы.

1.4 Механические и упругие свойства кристаллических и стеклообразных тел. Пластическая и упругая деформация. Хрупкое разрушение: основные теории, стадии, механизмы. Коэффициент интенсивности напряжений. Влияние микроструктуры и текстуры материалов на их разрушение. Термические напряжения: причины возникновения и виды. Устойчивость материалов к воздействию термических напряжений. Теории термостойкости. Способы повышения работоспособности при разрушении СИТНМ.

1.5 Физико-химические основы технологии СИТНМ. Правило фаз и его значение. Методы построения диаграмм состояния. Основные типы одно-, двух- и трехкомпонентных диаграмм состояния. Диаграммы состояния важнейших силикатных, алюминатных, фосфатных и других систем; характеристика фаз, образующихся в этих системах.

1.6 Основные закономерности процессов технологии СИТНМ. Классификация и характеристика основных и вспомогательных сырьевых материалов. Физико-механическая подготовка сырьевых материалов. Сущность и кинетика процессов измельчения твердых материалов. Закономерности классификации порошков, их технологическая характеристика. Новые методы измельчения. Особенности получения высокодисперсных нанопорошков. Основные способы формования изделий в технологии СИТНМ. Важнейшие технологические характеристики процессов формования и способы управления ими. Процессы сушки в технологии СИТНМ. Процессы тепло- и массообмена, протекающие при сушке. Параметры и режимы сушки, способы управления процессом сушки. Современные методы сушки. Разновидности и сущность процессов термообработки материалов и изделий. Обжиг: параметры и режимы. Влияние условий обжига на качество изделий. Основные типы тепловых агрегатов различного назначения, особенности теплообмена в них. Процессы спекания, их классификация. Активированное спекание, физические основы. Новые процессы получения СИТНМ. Выращивание нитевидных кристаллов,

плазмохимическое получение порошков и покрытий, самораспространяющийся высокотемпературный синтез, импульсное высокоэнергетическое воздействие.

## 2 Основы технологии стекла.

2.1 Структурные теории, физическая и химическая природа стеклообразного состояния, свойства стекол. Теория строения стекла. Общие признаки стеклообразного состояния. Определение стекла Химическая и физическая природа стеклообразного состояния. Кристаллитная теория, теория непрерывной сетки. Современные взгляды на строение стекла.

2.2 Основные и вспомогательные сырьевые компоненты, подготовка сырьевых материалов.

2.3 Основные стадии процесса стекловарения, стекловаренные печи. Горшковые и ваннные стекловаренные печи. Стадии стекловарения. Пороки стекла при варке и методы их устранения.

2.4 Основы формования стеклоизделий, отжиг стеклоизделий. Основы формования стеклоизделий. Технологическая шкала вязкости. Методы формования стеклоизделий. Производство листового стекла. Лодочный способ вертикального вытягивания ленты стекла (метод ВВС). Вертикальное вытягивание ленты стекла со свободной поверхности (метод БВВС). Полированное листовое стекло (флоат-метод). Прессование, пресс-выдувание. Выдувание.

## 2.5 Классификация стекол.

## 3 Основы технологии высокотемпературных материалов.

3.1 Классификация огнеупоров по общим и специальным признакам Краткая характеристика типов и групп огнеупоров, классифицируемых по химико-минеральному составу. Главнейшие свойства огнеупорных изделий и материалов. Огнеупорность. Факторы, влияющие на огнеупорность. Метод определения огнеупорности (ГОСТ 4069-69). Температура деформации под нагрузкой. Факторы, влияющие на величину деформации сжатия. Методы определения (ГОСТ 4070-83). Термостойкость. Методы измерения и оценки.

Определение термостойкости изделий по ГОСТ 7875-83. Влияние фазового состава, текстуры, геометрии изделий и внешних факторов на термостойкость огнеупорных изделий. Коррозионная и эрозионная устойчивость. Основные механизмы износа огнеупоров. Основные факторы, оказывающие влияние на устойчивость огнеупоров в условиях воздействия агрессивных сред.

3.2 Сырьевые материалы и основы технологии огнеупорных материалов и изделий. Сырьевые материалы для производства огнеупоров. Принципы построения технологического процесса подготовки сырья и производства изделий. Процессы, протекающие на отдельных технологических операциях. Основные виды технологического оборудования.

3.3 Технология и свойства динасовых, алюмосиликатных и магнезиальношпинелидных огнеупоров. Кремнеземистые огнеупоры. Способы формирования структуры динасовых огнеупоров. Технология изготовления и свойства динасовых огнеупоров. Технология производства алюмосиликатных огнеупоров. Алюмосиликатное сырье для получения шамотных порошков и технология их получения. Технология производства шамотных изделий. Сырье и технология производства высокоглиноземистых огнеупоров. Свойства и области применения алюмосиликатных огнеупоров. Основы технологии глиноземистых огнеупоров. Технология высокомагнезиальных и магнезиальношпинелидных огнеупоров. Сырьевые материалы и их термообработка. Принципиальная технологическая схема изготовления изделий. Процессы, протекающие при термообработке изделий. Свойства изделий и возможности их применения в футеровках тепловых агрегатов.

3.4 Технология изготовления плавнелитых огнеупоров, теплоизоляционных материалов и изделий и их технические характеристики. Технология изготовления плавнелитых высокоглиноземистых и бадделентокорундовых огнеупоров и их технические характеристики.

Теплоизоляционные материалы и изделия. Способы получения пористой структуры. Эффективность применения теплоизоляции. Особенности технологии и области применения оксидных и бескислородных огнеупоров.

3.5 Углеродсодержащие огнеупоры. Сырье, технология, свойства.

3.6 Применение огнеупоров в стекловаренных печах, печах для обжига керамики и цементного клинкера. Требования к огнеупорам для обжига цементного клинкера. Футеровки стекловаренных печей, обжига керамики. Влияние состава и показателей характеристик и свойств огнеупора на его эксплуатационные характеристики.

4 Основы технологии вяжущих веществ.

4.1 История возникновения и развития вяжущих веществ. История возникновения гипсовых вяжущих. Римская известь. Применение гидравлической извести в древней Руси. История возникновения портландцемента. Романцемент. Современное состояние технологии вяжущих веществ.

4.2 Классификация вяжущих веществ

Виды классификации: по условиям применения, по способу твердения, по составу вяжущего, по способу синтеза вяжущего вещества. Термодинамика системы. Взаимосвязь размера и состава частиц. Зависимость энергии от размера и состава частиц.

4.3 Воздушные вяжущие вещества. Технология получения, свойства. Гипсовые вяжущие вещества. Сырье для производства гипсовых вяжущих: природное, техногенное. Модификационные превращения двуводного гипса при нагревании. Виды гипсовых вяжущих. Технологии получения низкообжиговых и высокообжиговых вяжущих. Свойства и области применения гипсовых вяжущих. Известковые вяжущие вещества, классификация. Сырье для синтеза известковых вяжущих. Технология получения известковых вяжущих и их свойства. Магнезиальные вяжущие вещества, затворители для магнезиальных вяжущих. Сырье, технологические

способы синтеза магнезиальных вяжущих веществ, свойства, области применения.

4.4 Гидравлические вяжущие вещества. Технология получения, свойства. Портландцемент. Фазовый и минералогический состав клинкера. Модульные характеристики портландцементного клинкера, химический состав клинкера. Природное и техногенное сырье для производства портландцемента. Вещественный состав портландцемента, активные минеральные добавки, наполнители. Основные технологические синтеза портландцементного клинкера. Стандарты на портландцемент. Марки и классы прочности портландцемента. Твердение портландцемента. Белые и цветные портландцементы. Особенности технологии синтеза, фазовый состав, области применения. Глиноземистый цемент. Фазовый состав. Сырье, технологические особенности синтеза. Твердение глиноземистого цемента. Свойства и области применения глиноземистого цемента.

4.5 Развитие науки о вяжущих веществах. Модифицирующие добавки. Современные строительные материалы на основе портландцемента: бетоны и растворы. Модифицирующие добавки для бетонов: состав, характер действия. Сухие строительные смеси на основе портландцемента. Виды, области применения. Основные свойства сухих строительных смесей на основе портландцемента и методы их испытаний. Состав сухих строительных смесей: вяжущие, заполнители, наполнители, модифицирующие добавки. Сухие строительные смеси на основе гипсовых вяжущих веществ. Особенности состава, виды модифицирующих добавок, свойства, назначение. Методы испытания сухих строительных смесей на гипсовой основе. Области применения.

## 5 Основы технологии керамики.

5.1 Сырьевые материалы для производства керамики. Природное пластичное и непластичное сырье. Техногенное сырье. Классификация глин. Основные месторождения глин и каолинов в России. Генезис глинистых минералов. Главнейшие глинообразующие минералы и их термографические

характеристики. Особенности тонкого кристаллического строения сырья и влияние его на технологические характеристики керамических масс. Свойства глин - водозатворение, пластичность, тиксотропия, связующая способность, огнеупорность, спекаемость, интервал спекшегося состояния, механические и термические свойства. Теория пластичности глин. Отношение каолинита к нагреванию. Кварцевый песок и кварцсодержащие породы, их технические характеристики, применение. Карбонатное сырье. Природные карбонаты (мел, мрамор, доломит, магнезит) и их назначение. Отношение к нагреванию. Полевые шпаты, пегматиты, их заменители. Заменители полевошпатового сырья.

5.2 Технология формования заготовок. Временные технологические связки и ПАВ. Методы контроля качества формовочного полуфабриката. Основные виды формовочного полуфабриката и их изготовления (пластичная масса, пресс-порошки, шликеры), способы металлических форм

5.3 Теоретические основы сушки керамических заготовок. Параметры сушильного процесса температура, относительная влажность, скорость движения теплоносителя. Внешняя и внутренняя диффузия влаги и способы их регулирования. Распространение влаги в сырце при сушке. Скорость сушки, способы ее регулирования. Виды брака при сушке и способы его устранения. Основные типы сушильных агрегатов.

5.4 Теоретические основы обжига керамики. Теория спекания различных типов керамических масс. Физико-химические процессы при спекании грубой керамики и фарфора. Изменение фазового состава при спекании. Основные положения теории спекания керамических масс с участием и без участия жидкой фазы. Влияние технологических факторов на процессы спекания. Основные технологические приемы регулирования скорости спекания.

5.5 Технология глазурования и декорирования керамических изделий. Принципы подбора состава глазурей. Значение согласованных коэффициентов линейного расширения глазурей и черепа. Технология

приготовления глазурей и нанесения их на поверхность полуфабриката. Влияние отдельных компонентов глазури на ее эксплуатационные характеристики. Фригтованные и нефритованные глазури. Основные приемы декорирования фарфора.

## ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Брыков, А. С. Силикатные растворы и их применение: учебное пособие / А. С. Брыков. СПбГТИ (ТУ), 2008. - 53 с.
2. Брыков, А.С. Ультрадисперсные кремнеземы в технологии бетонов: учебное пособие / А.С. Брыков. СПбГТИ (ТУ), 2009. - 26 с.
3. Гулоян. Ю.А. Физико-химические основы технологии стекла / Ю.А. Гулоян Владимир: Транзит-Икс, 2008. – 736 с.
4. Кащеев, И.Д., Химическая технология огнеупоров: учебное пособие для студентов вузов/ И.Д. Кащеев, К.К. Стрелов, П.С. Мамыкин М.: Интермет Инжиниринг, 2007. - 747 с.
5. Химическая диагностика материалов / В.Г. Корсаков, М.М. Сычев, С.В. Мякин, Л.Б. Сватовская. СПб., Изд-во ПГУПС, 2010. - 224 с.
6. Кузнецов, Н.Т. Основы нанотехнологии: учебник / Н.Т. Кузнецов, В. Н Новоторцев, В.А. Жабрев, В.И. Марголин. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. - 397 с.
7. Введение в нанотехнологию: учебник / В.И. Марголин, В.А. Жабрев, Г.Н. Лукьянов, В.А. Тупик. СПб.: Лань, 2012. - 464 с.
8. Матухин, В. Л. Физика твердого тела: учеб, пособие / В. Л. Матухин, В. Л. Ермаков. СПб: М.; Краснодар: Лань, 2010. - 218 с.
9. Орданьян, С.С. Проектирование состава, структуры и свойств керамических конструкционных наноматериалов: учебное пособие / С.С. Орданьян, А.Е. Кравчик. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2014. - 84 с.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Абдрахимов, В.З. Теоретические и технологические аспекты использования техногенного сырья в производстве теплоизоляционных материалов: Монография / В.З. Абдрахимов, Д. Ю. Денисов. - Самара, 2010. - 69 с.
2. Суздалев, И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов/ И.П. Суздалев. - Изд 2-е испр. - М.: Книжный дом «ЛИБРОМ», 2009. - 592с. (Синергетика: от прошлого к будущему).
3. Брыков, А.С. Химия силикатных и кремнеземсодержащих вяжущих материалов: учебное пособие / А.С. Брыков. - СПбГТИ (ТУ), 2011. - 144 с.
4. Медведева, И.Н. Гармонизованные с европейскими нормами стандарты на цементы: учеб. пособие // И.Н. Медведева, В.И. Корнеев, Е.Ю. Алешунина. - СПб.:СПбГТИ (ТУ), 2010. - 35 с.
5. Журнал "Огнеупоры и техническая керамика".
6. Журнал "Новые огнеупоры".
7. Журнал «Стекло и керамика».
8. Журнал «Физика и химия стекла».

Зав. кафедрой «Химия и химическая  
технология материалов»,  
д.х.н., профессор



А.В. Гороховский