

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
Василенко В. Н.  
« 25 » мая 2023 г.

**А Н Н О Т А Ц И И  
К РАБОЧИМ ПРОГРАММАМ**  
Направление подготовки  
18.04.01 Химическая технология

Направленность (профиль)  
Химическая технология неорганических веществ

Квалификация (степень) выпускника

**магистр**

---

**Воронеж**

## Современные проблемы химической технологии

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Категория общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Разработка и реализация проектов	УК-2 Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	ИД1 <sub>УК-2</sub> – Разрабатывает концепцию проектного решения в рамках обозначенной проблемы, представляет публично результаты проекта и предлагает возможные пути внедрения их в практику
		ИД2 <sub>УК-2</sub> – Организует разработку плана реализации проекта, его корректировку и контроль за выполнением на всех этапах жизненного цикла
Инженерная и технологическая подготовка Инженерная и технологическая подготовка	ОПК-3 Способен разработать нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, контролировать параметры технологического процесса, выбирать оборудование и технологическую оснастку	ИД1 <sub>ОПК-3</sub> – Разрабатывает нормы выработки, технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии,
		ИД2 <sub>ОПК-3</sub> – Контролирует параметры технологического процесса, выбирает оборудование и технологическую оснастку
Производственная деятельность	ОПК-4 Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты	ИД1 <sub>ОПК-4</sub> – Находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости
		ИД2 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет рациональные пути решения профессиональных задач с позиций обеспечения безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты

### **Содержание разделов дисциплины.**

Энергоемкость промышленности и темпы экономического роста страны. Топливно-энергетический баланс России и фактор энергосбережения. Энерго- и материалоемкость существующих промышленных производств в химической промышленности, нефтехимии и биотехнологии. Пути энерго- и ресурсосбережения на различных иерархических уровнях. Роль термодинамического подхода, оптимизации материальных и тепловых потоков в решении задач энерго- и ресурсосбережения в проектируемых и существующих производствах. Антропогенное влияние на окружающую среду. Эффективность технологий. Значение малоотходных и ресурсосберегающих технологий. Понятия биосферы, техносферы, экологической безопасности, окружающей, природной среды, техногенного, антропогенного воздействия, экологического обеспечения. Принципы экологизированных технологий. Промышленная экология. Малоотходные технологии и замкнутые циклы. Социально-экономический эффект безотходных производств. Концепции и глобальные модели будущего мира. Законы, принципы и правила

функционирования техносферы. Общие подходы к созданию безотходных производств. Использование энерготехнологических схем. Направления получения продуктов химического синтеза. Эффективное использование многокомпонентного сырья в безотходном производстве. Методологические принципы создания безотходных производств. Классификация загрязнений. загрязнение атмосферы, гидросферы, литосферы. Экологизация химической технологии. Основные принципы и направления. Понятия устойчивого развития и зеленой химии. Биомасса как источник химических продуктов. Альтернативные стратегии получения нефтехимических продуктов. Примеры действующих производств и разработанных процессов с использованием принципов «зеленой» химии. Децентрализация производства - стратегия будущего.

### **Основы научно-исследовательской деятельности**

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-1	УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	ИД1 <sub>УК-1</sub> – Критически анализирует проблемную ситуацию как систему, выявляя ее составляющие и связи между ними ИД2 <sub>УК-1</sub> – Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе системного подхода, вырабатывает стратегию действий
2	ОПК-1	Способен организовывать самостоятельную и коллективную научно-исследовательскую работу, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок	ИД1 <sub>ОПК-1</sub> – Демонстрирует знание областей информационной и коммуникационной культуры и технологий с учетом основных требований информационной безопасности ИД2 <sub>ОПК-1</sub> – Выбирает современные информационные и коммуникационные технологии при решении задач в профессиональной деятельности

**Содержание разделов дисциплины:** Взаимосвязь между наукой и производством. Организация научных исследований в России. Научные и инженерные исследования, научные организации. Маркетинговые исследования, предшествующие разработке технологии новой продукции. Патентно-информационные исследования. Экспериментальные исследования. Поисковые и систематические лабораторные исследования. Статистический и корреляционный анализ экспериментальных данных. Математическая обработка экспериментальных данных. Математическое планирование эксперимента. Методы решения изобретательских задач

**Иностранный язык**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	ИД1 <sub>УК-4</sub> – Демонстрирует интегративные умения, необходимые для написания, письменного перевода и редактирования различных академических текстов и эффективного участия в академических и профессиональных дискуссиях
			ИД2 <sub>УК-4</sub> – Использует коммуникативные технологии в сфере профессиональной деятельности и в научной среде, в том числе общается на иностранном языке
2	УК-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия	ИД1 <sub>УК-5</sub> – Анализирует особенности поведения и мотивацию людей различного социального и культурного происхождения в процессе взаимодействия с ними
			ИД2 <sub>УК-5</sub> – Владеет навыками создания не дискриминационной среды межкультурного взаимодействия при выполнении профессиональных задач

**Содержание разделов дисциплины:** Восстановительно-адаптационный курс (лексико-грамматические аспекты). Профессиональная лексика и грамматические аспекты перевода научно-профессиональных текстов. Творческий поиск и обработка полученной информации. Чтение оригинальной литературы научно-профессионального характера, сопоставление и определение путей научного исследования (изучение статей, монографий, патентов и пр., выполнение полного, реферативного, аннотационного перевода) Письменная и устная информационная деятельность. Составление письменного высказывания по научно-профессиональной тематике (написание докладов, рефератов и пр.). Деловая корреспонденция: виды деловых писем и их оформление. Устная коммуникация: беседа на научно- и профессионально-ориентированные темы.

**«Самоменеджмент»**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели	ИД1 <sub>УК-3</sub> – Вырабатывает стратегию сотрудничества и на ее основе организует работу команды для достижения поставленной цели
			ИД2 <sub>УК-3</sub> – Планирует командную работу, распределяет поручения и делегирует полномочия членам команды. Организует обсуждение разных идей и мнений и имеет навыки преодоления возникающих в

			команде разногласий с учетом предвидения результатов как личных так и коллективных действий
2	УК-6	УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	ИД1 <sub>УК-6</sub> – Объективно оценивает свои возможности, ресурсы и их пределы, определяет способы совершенствования собственной и профессиональной деятельности ИД2 <sub>УК-6</sub> – Самостоятельно выявляет мотивы и стимулы для саморазвития, определяя реалистические цели профессионального роста, планирует свою профессиональную деятельность
3	ОПК-4	ОПК-4 Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты	ИД1 <sub>ОПК-4</sub> – Находит оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости ИД2 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет рациональные пути решения профессиональных задач с позиций обеспечения безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты

### **Содержание разделов дисциплины.**

Основные понятия управления инновационным проектом. Инновационная деятельность, особенности и характеристики. Основные свойства, критерии, классификация инноваций. Инновационный процесс как процесс создания и распространения нововведений. Задачи управления производственными инновациями, определяемые внешними и внутренними факторами развития организации. Разработка и реализация инновационных проектов. Жизненный цикл инновации. Классификация инновационных организаций. Стратегии виолентов, пациентов, коммутантов, эксплерентов. Нормативно-правовое регулирование инновационной деятельности. Государственное регулирование инновационных процессов в Российской Федерации.

Система показателей эффективности инновационных проектов. Анализ эффективности инновационной деятельности на разных стадиях инновационного проекта (прединвестиционной, инвестиционной, эксплуатационной).

Виды рисков, сопряженных с инновационной деятельностью, пути их минимизации. Методы управления рисками. Институциональные способы защиты прав интеллектуальной собственности. Патентование интеллектуальной собственности.

Классификация научно-технического персонала. Методы организации исследовательских и проектных работ. Особенности организации, мотивации и стимулирования персонала и работников научно-технического труда. Принципы организации управленческих инноваций. Политика в области человеческих ресурсов инновационной организации. Виды социальной и этической ответственности за принятые управленческие решения.

### **Цифровизация химико-технологических процессов**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК - 2	Способен использовать современные	ИД1 <sub>ОПК-2</sub> – Использует современные приборы и методики, организует проведение экспериментов и испытаний

		приборы и методики, организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить их обработку и анализировать их результаты	ИД2 <sub>ОПК-2</sub> – Проводит обработку экспериментальных данных и анализирует их результаты
--	--	---	--

### Содержание разделов дисциплины.

Основные понятия о цифровых системах управления. Комбинационное и последовательное управление. Цифровые коммуникации в управлении процессами. Дискретизация аналоговых сигналов. Цифро-аналоговое и аналого-цифровое преобразования. Основные операции обработки данных. Аналитическая градуировка измерительных преобразователей и коррекция результатов измерений. Контроль и повышение достоверности исходной информации. Импульсная передаточная функция. Передаточные функции замкнутых импульсных систем.

### «Мембранные процессы в химической технологии» (наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 <sub>ПКв-1</sub> – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования
			ИД2 <sub>ПКв-2</sub> – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.

**Содержание разделов дисциплины.** Процессы разделения. Введение в мембранные процессы. Преимущества мембранных процессов. Мембранные материалы и их свойства. Получение синтетических мембран. Характеристики мембран. Инверсия фаз: осаждение под действием паровой фазы, с помощью испарения растворителя, с контролирующим испарением, термическое осаждение, осаждение путем погружения. Методы получения композитных мембран: межфазная полимеризация. нанесение при погружении, плазменная полимеризация, модификация плотных полимерных мембран. Влияние различных параметров на морфологию мембраны. Свойства мембран (проницаемость, селективность, стабильность). Определение характеристик мембран. Электронная микроскопия, метод точки пузырька, метод ртутной порометрии, метод проницаемости (пористые мембраны). Методы проницаемости, физические методы анализа, методы оценки толщины рабочего слоя мембраны (непористые мембраны). Мембранные процессы (движущие силы, типы мембран, объекты разделения, применение в химической промышленности): баромембранные процессы (микрофильтрация, ультрафильтрация, обратный осмос); газоразделение; электромембранные процессы (электродиализ); диализ. Проектирование модулей и мембранных процессов. Виды мембранных модулей. Режимы работы модулей. Расчет процессов. Мембранный катализ и его использование в мембранных реакторах.

## Моделирование в технологических процессах

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у магистров следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПК <sub>г</sub> - 1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов заданными свойствами	ИДЗ <sub>ПКв-1</sub> - Применяет методы математического моделирования и оптимизации технологических процессов производства на базе стандартных пакетов прикладных программ с целью создания материалов с заданными свойствами

**Содержание разделов дисциплины:** Моделирование и модели. Общие вопросы математического описания процессов. Случайные события и случайные величины. Метод наименьших квадратов. Планирование эксперимента. Кинетические модели гомогенных химических реакций. Краткие сведения из химической кинетики, скорость химической реакции, закон действующих масс. Стехиометрический анализ, механизмы реакций. Экспериментальные методы исследования кинетики химических реакций в проточных реакторах идеального вытеснения и идеального перемешивания. Кинетические модели гомогенных химических реакций. Методы численной реализации. Типовые математические модели структуры потоков в аппаратах. Уравнения баланса вещества, энергии, импульса. Структура потоков - гидродинамическая основа математических моделей. Процессы переноса вещества и тепла, основные законы диффузии и массопередачи. Модель идеального перемешивания, идеального вытеснения, диффузионные модели, комбинированные гидродинамические модели. Адекватность моделей структуры потоков. Экспериментально-аналитические методы определения кривых отклика, кривые отклика типовых процессов. Методы решения уравнений. Модели тепловых процессов. Основные уравнения тепловых процессов. Модели теплообменных аппаратов, модели идеального вытеснения и идеального перемешивания. Исследование процессов аналитическими и численными методами. Исследование стационарного режима работы теплообменного аппарата при постоянной температуре греющего пара. Моделирование процесса нагрева в трубчатой печи. Моделирование процессов сушки. Метод МНК. Методы аппроксимации экспериментальных данных. Варианты метода МНК, позволяющие проводить процедуры линеаризации зависимостей. Регрессионный анализ. Вариант описания экспериментальных результатов многомерной функцией Тейлора. Ограничение размерности разложения, приводящие к частному виду - уравнению регрессии. Процедура построения матриц эксперимента в общем виде и в варианте с кодированными переменными. Статистические критерии воспроизводимости, адекватности и значимости. Понятия активного и пассивного эксперимента. Матричный метод решения системы уравнений для нахождения коэффициентов уравнения регрессии. Процедура рандомизации эксперимента. Примеры применения методов регрессионного анализа. Оптимизация химико-технологических процессов. Основные виды функций отклика сложной системы на внешние возмущения и методы поиска экстремумов многомерных функций, систематизированные как градиентные и безградиентные методы.

## Перспективная химическая технология

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-5	Готовность к организации работы коллектива, принятию приоритетных решений и составлению технической документации	ИД1 <sub>ПКв-3</sub> – Формулирует цели и задачи по обеспечению выполнения производственных заданий, организует работу коллектива исполнителей
			ИД2 <sub>ПКв-3</sub> – Составляет и применяет нормативную техническую документацию в производстве

**Содержание разделов дисциплины:** Системный подход к разработке современных технологий, значение и задачи системотехники. Общие подходы к созданию безотходных производств. Создание безотходных территориально-промышленных комплексов. Смена поколений технологических процессов в отечественной и мировой химической промышленности. Анализ научно-технической информации по заданной тематике, нормативную и техническую документацию, технологические регламенты. Энергетические проблемы ХТ. Причины повышенного расхода энергии в химической промышленности РФ по сравнению с ведущими странами. Использование вторичных энергетических ресурсов. Новые химические реакторы. Совмещение как принцип создания прогрессивных технологий и важнейшая задача. Классификация совмещенных процессов. Основные этапы исследования реакционно-массообменных процессов и создания технологических схем на их основе. Примеры создания новейших совмещенных реакционно-массообменных процессов в химической технологии. Влияние технологического цикла на трудоемкость производства. Основные изменения в организации производства и трудоемкости технологических процессов в связи с механизацией и автоматизацией производства и сокращением технологических циклов.

### «Комплексное использование сырья и утилизация отходов»

Процесс изучения модуля направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ПКв-3	Готовность к разработке мероприятий по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов производства	ИД1 <sub>ПКв-3</sub> – Разрабатывает мероприятия по способам утилизации отходов производства. Выбирает системы экологической безопасности производства.
		ИД2 <sub>ПКв-3</sub> – Изучает и анализирует состав и свойства сырья, влияющие на оптимизацию технологического процесса и качество готовой продукции, ресурсосбережение

### **Содержание разделов дисциплины.**

Сырьевые источники для получения продуктов неорганической технологии. Вторичные материальные ресурсы в технологии получения неорганических продуктов. Требования к химическому сырью. Запасы сырья. Индекс использования ресурсов. Рациональное использование химического сырья. Рециркуляция сырья. Классификация

сырья. Комплексное использование сырья. Основные и подготовительные операции. Виды оборудования для подготовительных и основных операций различного сырья. Технологические схемы комплексного использования сырья. Безотходные технологии. Классификация отходов. Пределы и возможности утилизации. Механические, гидродинамические, тепловые, диффузионные, химические, биохимические процессы в технологии переработки. Основные методы очистки сточных производственных и технологических вод. Основные отходы производства фосфорных удобрений и фосфорной кислоты, калийных удобрений, каустической соды и кальцинированной соды, аммиака, азотной кислоты, азотных удобрений, сернокислотного производства.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ**  
**ИССЛЕДОВАНИЯ ВЕЩЕСТВ**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у студентов следующей компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-4	Способность к проведению научных исследований и готовность к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство	ИД1 <sub>ПКв-4</sub> - Осуществляет поиск, обработку и анализ научно-технической информации по заданной тематике;
			ИД2 <sub>ПКв-4</sub> - Проводит научные исследования, обработку и анализ их результатов, формулирует выводы и рекомендации к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать**

- современные физико-химические методы исследования, используемые для качественного и количественного определения неорганических веществ;
- теоретические основы используемых физико-химических методов исследования;
- области применения и точность используемых методов;
- общие принципы проведения эксперимента при использовании конкретного физико-химического метода.;

**уметь**

- пользоваться современными компьютерными программами: для расчета термодинамических параметров молекул, расчета УФ- и ИК-спектров;
- пользоваться современными базами данных спектральных характеристик веществ;
- оформлять результаты экспериментов;

**владеть**

- методами интерпретации экспериментальных данных,
- выбором метода (методов) исследования для конкретного вещества и конкретной задачи.

**Содержание разделов дисциплины:**

Прямая и обратная задачи методов. Корректно и некорректно поставленные задачи. Классификация физических методов. Теоретические основы спектральных методов анализа.

Абсорбционные оптические методы Атомно-абсорбционный анализ. Люминесцентный анализ. Молекулярно-абсорбционный анализ: колориметрия, спектрофотометрия, фотоколориметрия. ИК-спектроскопия. Классическая задача о колебаниях многоатомных

молекул. Квантовомеханический подход к описанию колебательных спектров. Уровни энергии и их классификация. Правила отбора и интенсивность в ИК поглощении и в спектрах КР. Частоты и формы нормальных колебаний молекул. Рентгеноструктурный анализ. Природа рентгеновских спектров. Значение рентгеновских методов исследования неорганических веществ. Строение химической связи. Классификация рентгеновских методов анализа. Масс-спектрометрия Общие положения метода масс-спектрометрии. Основные правила и подходы к интерпретации масс-спектров.

**Тонкий неорганический синтез**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-4	Способность к проведению научных исследований и готовность к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство	ИД1 <sub>ПКв-4</sub> - Осуществляет поиск, обработку и анализ научно-технической информации по заданной тематике;
			ИД2 <sub>ПКв-4</sub> - Проводит научные исследования, обработку и анализ их результатов, формулирует выводы и рекомендации к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство

**Содержание разделов дисциплины.** Общие принципы применения физических воздействий при синтезе. Высокотемпературные синтезы. Термодинамика высокотемпературных реакций. Металлотермия и самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Принципы регулирования процесса горения. Синтез боридов, карбидов, силицидов. Закономерности СВС сложных оксидов. Технологическое горение. Преимущества и недостатки СВС. Плазменный синтез. Механизмы генерации химически активных частиц. Равновесная плазма. Термодинамика плазмы. Неравновесная (низкотемпературная) плазма; принципы получения. Синтез при высоком давлении. Газы, жидкости и твердые тела под давлением. Последовательность фазовых переходов при повышении давления. Сверхкритическое состояние вещества. Удельные объемы и сжимаемость. Металлизация. Механохимический синтез. Упругие свойства твердых тел, энергетика и кинетика диспергирования твердых веществ. Дефектообразование и активация при механическом воздействии. Физико-химические явления, сопровождающие диспергирование Механохимические реакции тв. + тв., тв. + газ, тв. + жидк. Окислительно-восстановительные механохимические реакции (восстановление оксидов, окисление сульфидов, восстановление нитратов). Реакции соединения (синтез сульфидов, фосфидов, карбидов, галогенидов, интерметаллидов, карбониллов). Синтез при ультразвуковом воздействии. Элементы физики ультразвука. Диагностический и технологический ультразвук. Сонохимическое оборудование. Явление кавитации. Криохимический неорганический синтез. Синтетические возможности метода матричной изоляции. Синтез гигантских кластеров металлов. Роль сублимационного обезвоживания в формировании свойств солевых порошков и продуктов их термической обработки. Криоэкстрагирование и криоосаждение - альтернатива сублимации льда. Механизмы этих процессов и целесообразные области их применения. Синтез ферритов, твердых электролитов, ВТСП-материалов, сегнето- и пьезоэлектриков, адсорбентов, контактных композиционных материалов.

**Кристаллохимия**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	УК-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	ИД1 <sub>УК-6</sub> – Объективно оценивает свои возможности, ресурсы и их пределы, определяет способы совершенствования собственной и профессиональной деятельности
			ИД2 <sub>УК-6</sub> – Самостоятельно выявляет мотивы и стимулы для саморазвития, определяя реалистические цели профессионального роста, планирует свою профессиональную деятельность
2	ПКв-4	Способность к проведению научных исследований и готовность к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство	ИД1 <sub>ПКв-4</sub> - Осуществляет поиск, обработку и анализ научно-технической информации по заданной тематике;
			ИД2 <sub>ПКв-4</sub> - Проводит научные исследования, обработку и анализ их результатов, формулирует выводы и рекомендации к внедрению результатов научно-исследовательских разработок в производство

**Содержание разделов дисциплины.**

Введение. Кристаллография и кристаллохимия. Предмет и задачи кристаллохимии. Основные аспекты кристаллохимии: стереохимический, кристаллоструктурный, характеристика химических связей, зависимость свойств кристаллов от их строения. Закрытые операции и элементы симметрии. Теоремы о сочетаниях закрытых элементов симметрии. Кристаллографические точечные группы симметрии. Международные символы и символы Шенфлиса. Единичные и полярные направления. Стереографические проекции кристаллов. Трансляции. Кристаллографические системы координат. Сингонии. Элементарная ячейка. Кристаллическая решетка. Решетки Бравэ. Открытые операции и элементы симметрии. Пространственные группы симметрии. Общие и частные правильные системы точек. Узловые ряды и узловые сетки. Межплоскостные расстояния. Миллеровские индексы. Число формульных единиц и рентгеновская плотность. Координационное число и координационный полиэдр. Собственная симметрия координационных полиэдров, молекул и сложных ионов. Структурные типы. Изоточечность, изоструктурность, изотипность. Полиэдрический метод изображения структур. Представление о теории плотнейших шаровых упаковок. Простейшие структурные типы и соотношения между ними. Описание структур в терминах шаровых упаковок и кладок. Семейства кристаллических структур. Островные, цепочечные, слоистые и каркасные структуры. Кристаллоструктурные характеристики атомов и химических связей. Основные типы кристаллохимических радиусов атомов (ионные, ковалентные, металлические, орбитальные, ван-дер-ваальсовы). Систематика кристаллических структур по типу связи.

Основы рентгено-структурного анализа Дифракция рентгеновских лучей. Уравнение Брэгга-Вульфа. Основные методы рентгенографии. Основы рентгенофазового анализа. Требованиями охраны труда и экологической безопасности при осуществлении лабораторных исследований кристаллических веществ изученными методами. Этапы

анализа структуры кристалла. Представление о методах определения координат атомов. Современные источники кристаллоструктурной информации: важнейшие компьютерные базы кристаллоструктурных данных. Возможности компьютерных методов поиска и анализа кристаллоструктурной информации. Структуры простых веществ. Координация атомов. Правило Юм-Розери. Изменение характера структуры по группам периодической таблицы. Типы изоморфизма. Твердые растворы. Предел изоморфной замещимости и морфотропия. Изоморфизм с заполнением пространства. Типы полиморфизма. Политипия. Термодинамика полиморфных превращений. Структурный тип перовскита. Структурный тип шпинели. Островные структуры солей кислородсодержащих кислот. Структуры фосфатов и силикатов. Классификация структур силикатов. Строение реальных кристаллов. Важнейшие типы дефектов. Влияние дефектов кристаллов на их свойства. Принципы планирования целей собственной деятельности с учетом условий, средств, личностных возможностей и временной перспективы развития (на примере подготовки, выполнения, защиты и презентации реферата по фундаментальным основам и прикладным направлениям современной кристаллохимии).

### **Новое технологическое оборудование для производства неорганических веществ**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у магистров следующих компетенций:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПК <sub>6</sub> - 2	Способность принимать решения о проведении модернизации оборудования и (или) приобретении нового оборудования для производства материалов	ИД1 <sub>ПК<sub>6</sub>-2</sub> – Принимает решения о проведении модернизации и реконструкции оборудования.
			ИД2 <sub>ПК<sub>6</sub>-2</sub> – Осуществляет выбор нового оборудования и технологической оснастки для производства материалов

**Содержание разделов дисциплины:** Классификация оборудования по назначению и принципу действия, области применения, по роли в технологическом процессе и условиям работы. Технологические и конструктивные требования. Порядок расчета оборудования (технологический, тепловой, гидравлический, энергетический и механический расчеты). Приемка и испытание аппаратов. Коррозия металлов и сплавов. Особенности конструирования и изготовления аппаратов, работающих под давлением. Стандартизация и унификация в химическом машиностроении. Тонкостенные сосуды и аппараты. Расчет толстостенных сосудов и аппаратов. Уплотнения и затворы сосудов высокого давления. Днища и крышки, область применения и расчет толщины крышки. Опоры аппаратов. Трубопроводы и трубопроводная арматура, назначение и классификация. Выбор труб, расчет диаметра. Оборудование погрузки и выгрузки пылевидного и кускового природного сырья. Дробилки, мельницы, классификаторы, элеваторы, транспортеры, расходные бункеры, питали. Подбор оборудования при проектировании с учетом механико-химических свойств сырья и производительности. Устройства для предотвращения зависания твердого сырья или полупродуктов в бункерах. Аппараты для проведения каталитических процессов в газовой фазе. Конструкции колонн, работающих под высоким давлением, в производствах аммиака, метанола. Специальное оборудование для массообменных процессов. Насадочные колонны, конструкции оросителей и устройств для перераспределения потоков. Конструкции абсорбционных колонн в производствах серной и азотной кислот. Печи для сжигания колчедана, серы, фосфора и т.д. Печи для высокотемпературного обжига. Оборудование для сушки. Смесители и суперфосфатные камеры. Нейтрализационные аппараты. Грануляторы.

### **Выбор оборудования и технологической оснастки**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование у магистров следующих компетенций:

<b>№ п/п</b>	<b>Код компетенции</b>	<b>Формулировка компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>
1	ПК <sub>г</sub> - 2	Способность принимать решения о проведении модернизации оборудования и (или) приобретении нового оборудования для производства материалов	ИД1 <sub>ПКв-2</sub> – Принимает решения о проведении модернизации и реконструкции оборудования.
			ИД2 <sub>ПКв-2</sub> – Осуществляет выбор нового оборудования и технологической оснастки для производства материалов

**Содержание разделов дисциплины:** Основы конструирования технологической оснастки. Основные понятия и определения. Составные элементы оснастки и их функции. Классификация приспособлений. Расчёт необходимой точности технологической оснастки. Установка заготовок и установочные элементы приспособлений. Принципы установки заготовок в приспособлениях. Требования, предъявляемые к установочным элементам приспособлений. Погрешности установки заготовок в приспособлениях. Типовые схемы установки заготовок в приспособления. Выбор базирующих элементов и координирующих устройств. Закрепление заготовок. Зажимные устройства приспособлений. Назначение зажимных устройств приспособлений. Методика расчёта сил зажима. Силовые узлы и устройства приспособлений. Силовые расчёты приспособлений. Вспомогательные устройства приспособлений. Детали приспособлений для направления и контроля положения режущего инструмента при настройке станка на заданный размер обработки детали. Вспомогательные элементы приспособлений. Основные элементы приспособлений. Особенности проектирования сборочных приспособлений. Загрузочные, установочные, ориентирующие и рабочие приспособления. Расчёт и проектирование контрольных приспособлений. Назначение и типы приспособлений. Автоматизация приспособлений. Основные направления автоматизации приспособлений. Загрузочные, разгрузочные и ориентирующие автоматические устройства. Приспособления для автоматических линий. Назначение и типы приспособлений. Классификация и конструкция приспособлений. Расчёт и проектирование приспособлений для крепления и фиксации режущего инструмента на станках. Требования, предъявляемые к конструированию химической аппаратуры. Особенности конструирования и изготовления аппаратов, работающих под давлением. Стандартизация и унификация в химическом машиностроении. Тонкостенные сосуды и аппараты. Понятия о категориях прочности, допускаемых напряжениях и коэффициентов запаса прочности, коэффициент прочности сварного шва и прибавка на коррозию. Расчетные и рабочие температура и давление. Гидравлические и пневматические испытания аппаратов. Расчет сосудов и аппаратов. Методы расчета на прочность колонных аппаратов, работающих под действием внутреннего и наружного избыточного давления. Понятие о моментной теории расчета. Толстостенные сосуды и аппараты. Методы изготовления, технико-экономическая оценка различных типов. Расчет толстостенных сосудов и аппаратов. Уплотнения и затворы сосудов высокого давления. Днища и крышки, область применения и расчет толщины крышки. Конструкция и способ присоединения фланцев. Опоры аппаратов. Расчет теплоизоляции. Трубопроводы и трубопроводная арматура, назначение и классификация. Выбор труб, расчет диаметра. Определение температурных деформаций, компенсаторы. Оборудование погрузки и выгрузки пылевидного и кускового природного сырья. Оборудование для измельчения и перемещения горно-химического сырья. Организация измельчения. Дробилки, мельницы, классификаторы, элеваторы, транспортеры, расходные бункеры, питали. Подбор оборудования при проектировании с учетом механико-химических свойств сырья и

производительности. Устройства для предотвращения зависания твердого сырья или полупродуктов в бункерах. Аппараты для проведения каталитических процессов в газовой фазе. Конструкции колонн, работающих под высоким давлением, в производствах аммиака, метанола. Специальное оборудование для массообменных процессов. Насадочные колонны, конструкции оросителей и устройств для перераспределения потоков. Типы массообменных элементов (колпачковые, ситчатые и т.д.). Конструкции абсорбционных колонн в производствах серной и азотной кислот. Печи для сжигания колчедана, серы, фосфора и т.д. Печи для высокотемпературного обжига. Оборудование для сушки. Смесители и суперфосфатные камеры. Нейтрализационные аппараты. Грануляторы.

### Технология перспективных керамических материалов

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПК <sub>в</sub> - 1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов заданными свойствами	ИДЗ <sub>ПКв-1</sub> - Применяет методы математического моделирования и оптимизации технологических процессов производства на базе стандартных пакетов прикладных программ с целью создания материалов с заданными свойствами

#### **Содержание разделов дисциплины:**

Современное состояние промышленного производства функциональной и конструкционной керамики в России и за рубежом. Задачи и перспективы отрасли. Классификация керамических изделий. Сырье для производства керамики. Природное сырье. Искусственное сырье. Классификация оксидов по их роли в формировании структуры керамики, методы их получения. Техногенное сырье. Уровни структуры керамических материалов: макроструктура, микроструктура, наноструктура, атомно-молекулярная структура. Структура бинарных оксидов, карбидов, нитридов и других тугоплавких соединений. Фазовые равновесия. Системы Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; MgO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>; CaO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SiO<sub>2</sub>.

Выбор оптимальной области составов, расчет компонентного состава шихт по составу исходного сырья. Моделирование состава материала по заданному фазовому составу с использованием диаграмм состояния силикатных систем. Определение температурного режима получения материала. Определение компонентного состава шихты по химическому составу рекомендуемых компонентов. Термический анализ.

Основные традиционные конструкционные керамические материалы. Композиционные материалы на основе нитрида, карбида кремния, тугоплавких оксидов. Вязкая керамика. Пьезосегнетоэлектрическая керамика. Пористость и мелкозернистость керамики. Оптически прозрачная керамика. Формование наноструктурной керамики. Наноструктурные композиты на основе керамики. Сверхпроводящие материалы. Понятие сверхпроводимости, описание явления, эффект Мейснера, теплопроводность

сверхпроводников, теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера, высокотемпературная сверхпроводимость, технология получения сверхпроводящей высокотемпературной керамики. Керамические мембраны. Медицинская керамика. Прозрачные керамические материалы. Вакуум-плазменные технологии получения керамики. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования. Магнитноимпульсное прессование. Ультразвуковое квазирезонансное прессование. СВЧ-спекание керамики. Влияние технологического цикла на трудоемкость производства. Основные изменения в организации производства и трудоемкости технологических процессов в связи с механизацией и автоматизацией производства и сокращением технологических циклов. Разработка и внедрение норм выработки, технологических нормативов на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки. Технологические карты. Регламент.

**Технология наноразмерных материалов**  
(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	ИД1 <sub>ПКв-1</sub> – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования
			ИД2 <sub>ПКв-2</sub> – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.

**Содержание разделов дисциплины:**

Современное состояние промышленного производства нанопорошков в России и за рубежом. Задачи и перспективы отрасли. Классификация наноматериалов. Сырье для производства. Природное сырье. Искусственное сырье. Классификация оксидов по их роли в формировании структуры керамики, методы их получения. Техногенное сырье. Электронная микроскопия. Уровни структуры керамических материалов: макроструктура, микроструктура, наноструктура, атомно-молекулярная структура. Структура бинарных оксидов, карбидов, нитридов и других тугоплавких соединений. Пористость и мелкозернистость керамики. Оптически прозрачная керамика. Рентгенофазовый анализ. Дифференциально-сканирующая калориметрия, термогравиметрия. Химические методы синтеза нанопорошков. Основные традиционные конструкционные керамические материалы. Композиционные материалы на основе нитрида, карбида кремния, тугоплавких оксидов алюминия и циркония. Вязкая керамика. Пьезосегнетоэлектрическая керамика. Наноструктурные композиты на основе керамики. Сверхпроводящие материалы. Понятие сверхпроводимости, описание явления, эффект Мейснера, теплопроводность сверхпроводников, теория сверхпроводимости Бардина-Купера-Шриффера, высокотемпературная сверхпроводимость, технология получения сверхпроводящей высокотемпературной керамики. Керамические мембраны. Медицинская керамика. Прозрачные керамические материалы. Вакуум-плазменные технологии получения керамики. Холодное статическое прессование в закрытых пресс-формах. Горячее прессование. Изостатическое и квазиизостатическое прессование. Динамические, высокоэнергетические и импульсные методы прессования. Магнитноимпульсное прессование. Ультразвуковое квазирезонансное прессование. СВЧ-спекание керамики. Разработка и внедрение норм выработки, технологических нормативов

на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии, к выбору оборудования и технологической оснастки. Технологические карты. Регламент. Влияние технологического цикла на трудоемкость производства. Основные изменения в организации производства и трудоемкости технологических процессов в связи с механизацией и автоматизацией производства и сокращением технологических циклов.

### **Каталитические процессы в химической технологии**

(наименование дисциплины)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующей компетенции:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ПКв-1	Способность оценивать эффективность новых технологий получения веществ и материалов и внедрять их в производство, находить оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами	<p>ИД1<sub>ПКв-1</sub> – Оценивает эффективность и надежность процессов производства и технологического оборудования</p> <p>ИД2<sub>ПКв-2</sub> – Находит оптимальные решения при создании материалов с заданными свойствами.</p>

#### **Содержание разделов дисциплины:**

Возникновение и развитие катализа. Важнейшие каталитические реакции и катализаторы. Роль и место каталитического процесса в технологической схеме производства. Важнейшие понятия и термины катализа. Внешнедиффузионное торможение и разогрев внешней поверхности катализатора. Пути устранения внешней диффузии. Критерии существования внутридиффузионной области. Внутридиффузионное торможение и внутренний разогрев катализатора. Способы устранения внутренней диффузии. Фактор эффективности работ зерна катализатора, модуль Тиле. Основы синтеза промышленных катализаторов. Качественные принципы подбора катализаторов. Количественные методы прогнозирования активности и селективности катализаторов. Требования к промышленным катализаторам. Методы получения катализаторов. Характеристика методов пропитки и осаждения–соосаждения. Распределение активного компонента по грануле. Специальные методы приготовления катализаторов. Механическая прочность катализаторов, методы испытания. Геометрия зерна. Основные модели каталитических реакторов. Химические факторы, влияющие на выбор реактора. Типы двухфазных каталитических реакторов со стационарным слоем катализатора. Трубочатые реакторы, охлаждаемые водой, органическими теплоносителями или расплавами солей. Трубочатые реакторы с внутренним теплообменом. Секционированные реакторы с промежуточным вводом сырья, с внутренними или выносными теплообменниками.

Автотермические реакторы с объёмным или каталитическим зажиганием сырья. Противоточные абсорбционно-каталитические реакторы с движущимся слоем катализатора. Реакторы каталитического крекинга с псевдоожиженным слоем. Полифункциональные мембранные реакторы. Устойчивость каталитических реакторов к температурным и концентрационным возмущениям. Определение устойчивости стационарного режима.