

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
высокомолекулярных соединений и коллоидной химии  
Шестаков А.С.  
30.04.2020



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.15 Химическая технология**

- 1. Код и наименование специальности:** 04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия
- 2. Специализация:** фундаментальная химия в профессиональном образовании
- 3. Квалификация (степень) выпускника:** специалист
- 4. Форма обучения:** очная
- 5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии
- 6. Составители программы:** Шестаков Александр Станиславович, доктор химических наук, доцент
- 7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета, протокол № 3 от 19.03.2020
- 8. Учебный год:** 2022-2023, 2023-2024 **Семестр:** 6, 7

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- формирование основ технологического мышления;
- раскрытие взаимосвязи между развитием химической науки и химической технологии;
- подготовка выпускников университетов к работе по созданию перспективных процессов, материалов и технологических схем.

*Задачи учебной дисциплины:*

- формирование способности определять рациональный путь создания химико-технологического процесса;
- формирование способности находить способы решения экологических проблем, возникающих при создании химико-технологического процесса;
- развитие способности выбирать наиболее адекватный способ аппаратного оформления химико-технологического процесса.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** курс входит в блок Б1, обязательную часть. Студент для изучения курса должен освоить курсы неорганической, органической, физической, аналитической химии, биологии с основами экологии. Студент должен иметь представления о термодинамике и кинетике, владеть математическим аппаратом химии, иметь представление об основных классах неорганических и органических веществ и их реакционной способности. Дисциплина является предшествующей для курса «Высокомолекулярные соединения».

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	ОПК-1.1	Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результатов расчетов свойств веществ и материалов	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- причины роста интенсивности опасных технологических аварий и катастроф;</li><li>- способы химического воздействия на природу;</li><li>- основные закономерности химической технологии как науки;</li><li>- направления решения проблемы создания материалов с заданными свойствами;</li><li>- экономические и научные (химические) проблемы основ энергетики (вода, её переработка, нефть и нефтепереработка, альтернативные источники энергии), крупнотоннажных производств неорганических и органических веществ (удобрения, серная и азотная кислоты, аммиак и т.д.);</li><li>- основные направления использования достижений химии в сельском хозяйстве, производстве средств бытовой химии (синтетические моющие средства, чистящие и отбеливающие вещества, краски, средства гигиены) и кулинарии.</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- работать на учебно-научной аппаратуре, используемой в лаборатории химической технологии</li><li>- устанавливать связь между знаниями основ химии, математики и физики и областями применения этих знаний</li><li>- грамотно оформлять результаты лабораторных и практических работ, правильно за-</li></ul>
		ОПК-1.2	Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	
		ОПК-1.3	Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической	

			направленности	<p>полнять лабораторный журнал</p> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- лабораторными навыками и умениями при работе с современной аппаратурой для моделирования современных технологических производств;</li> <li>- способами ориентации в профессиональных источниках информации (журналы, сайты, образовательные порталы).</li> </ul>
ОПК-2	Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности	ОПК-2.1	Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- о необходимости обеспечения эффективного безопасного управления техногенными комплексами, утилизации существующих отходов, переводение промышленности на безотходные виды производства;</li> <li>- виды опасностей промышленных производств (социально-экономические, техногенные, экологические, военные) и химической лаборатории;</li> <li>- физико-химические и токсикологические характеристики, области и способы применения, способность перемещаться в пространстве, накапливаться и разлагаться в биологических организмах и окружающей среде и т.д. основных продуктов химической технологии, в том числе особо опасных веществ и энергоресурсов;</li> <li>- экологические проблемы производства и использования основных продуктов химической технологии и пути решения экологических проблем в организации химических производств;</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- использовать основные методы защиты от воздействия опасных веществ (ядовитых, экологически опасных, пожаро- и взрывоопасных, радиоактивных, коррозионно-активных);</li> <li>- устранять последствия проливов и просыпаний химических реактивов;</li> <li>- оказывать первую медицинскую помощь при отравлениях химическими веществами и т.п.</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками безопасной работы в химической лаборатории;</li> <li>- навыками работы с лабораторным оборудованием и проводить эксперименты с соблюдением правил техники безопасности</li> </ul>
		ОПК-2.2	Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности	
		ОПК-2.3	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования	
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения	ОПК-3.1	Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- аппаратное оформление химико-технологических лабораторий</li> <li>- особенности эксплуатации установок и аппаратуры, используемой на химических производствах</li> <li>- требования к аппаратуре, источники погрешностей физико-химических методов</li> <li>- проблемы воспроизводимости результатов.</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять оптимальные условия проведения технологических процессов</li> <li>- решать типовые задачи по химической технологии;</li> </ul> <p><b>владеть (иметь навык(и)):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способами совершенствования профессиональных знаний и умений путем использова-</li> </ul>
		ОПК-3.2	Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности	

				<p>ния возможностей информационной среды региона, области, страны;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- техникой работы с устройствами, используемыми в лаборатории химической технологии</li> <li>- методами регистрации и обработки результатов, полученных на оборудовании в лаборатории химической технологии</li> </ul>
--	--	--	--	--

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 7/252.**

**Форма промежуточной аттестации** зачет, экзамен.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы	Трудоемкость			
	Всего	По семестрам		
		6 семестр	7 семестр	...
Контактная работа	148	72	76	
в том числе:	лекции	74	36	38
	практические			
	лабораторные	74	36	38
	курсовая работа			
Самостоятельная работа	68	36	32	
Промежуточная аттестация (для экзамена)	36		36	
Итого:	252	108	144	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Основные понятия химической технологии	<p>Химическая технология как наука, предмет, цель и методы исследования. Классификация технологических процессов по отраслям. Определение и стадии химико-технологического процесса. Переменные и постоянные компоненты химического производства. Технические показатели химико-технологического процесса: производительность, интенсивность, расходные коэффициенты, степень превращения, выход, селективность. Экономические показатели химико-технологического процесса: себестоимость, производительность труда, цена. Эксплуатационные и социальные показатели химико-технологического процесса.</p> <p>Организация химико-технологического процесса:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- химическая, принципиальная и технологические схемы;</li> <li>- выбор параметров и методов их контроля;</li> <li>- подбор материалов и аппаратуры;</li> <li>- проектирование процесса (проектное задание, пояснительная записка, технологическая схема, рабочие чертежи). Техническая документация (ГОСТы, ТУ, ISO, ASTM, технический регламент, технологический регламент).</li> </ul>	<p>Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *</p> <p>ЭУМК «Химическая технология (ФПХ)»  <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2311">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2311</a></p>
1.2	Стехиометрия химических	Формы записи стехиометрических уравнений и	

	превращений	взаимосвязь с материальными балансами. Способы расчета числа стехиометрических уравнений. Алгоритм определения стехиометрически независимых уравнений с использованием матрицы коэффициентов. Выбор системы стехиометрических уравнений. Уравнения расчета количества и концентрации реагента с использованием значения степени превращения.	
1.3	Термодинамические расчеты химико-технологических процессов	Тепловой эффект и термохимические уравнения. Изобарно-изотермический потенциал как критерий возможности протекания процесса. Зависимость энергии Гиббса от температуры и состава реакционной смеси (на примере конверсии метана водяным паром). Химическое равновесие, уравнение Вант-Гоффа, зависимость константы равновесия от температуры. Расчет равновесных концентраций с использованием константы равновесия. Принцип Ле-Шателье. Смещение равновесия изменением температуры, давления и концентраций реагирующих веществ. Виды энергии, используемые в технологических процессах, их взаимопревращение, критерий качества энергии. Цикл Карно как основа технической термодинамики. Параметры окружающей среды и их влияние на качество энергии. Понятие эксергии, количественная оценка, уравнение эксергии и его принципиальное отличие от уравнения изобарно-изотермического потенциала. Эксергетические потери, анергия, энтропийный характер эксергетических потерь (формула Гюи-Стодолы). Потоки энергии и эксергии в виде диаграмм.	
1.4	Кинетика химико-технологических процессов	Понятие о микро- и макрокинетике. Влияние температуры на скорость и степень превращения (простой необратимый процесс, простые обратимые экзо- и эндотермические реакции). Взаимосвязь степени превращения, температуры и продолжительности процесса. Сопоставление термодинамических и кинетических факторов. Повышение селективности процесса с учетом энергии активации конкурирующих реакций. Влияние концентрации реагентов на скорость процесса - обратимые и необратимые (простые, параллельные и последовательные реакции). Катализ и катализаторы. Классификация катализаторов. Представление о механизме действия катализаторов (влияние на порядок реакции). Характеристики катализаторов: активность, температура зажигания, селективность. Отравление катализатора. Гетерогенный катализ. Элементарные стадии процесса на твердых катализаторах. Определение лимитирующей стадии гетерогенного катализа.	
1.5	Основные химические производства	Производство серной кислоты. Технология минеральных удобрений. Технология производства аммиака. Технология азотной кислоты. Первичная переработка нефти. Деструктивная переработка нефти. Синтезы на основе CO и H <sub>2</sub> .	
1.6	Химические реакторы	Конструкционные и технологические параметры реакторов. Классификация реакторов по конструктивной форме, организационной структуре процесса, фазовому состоянию реагентов, гидродинамическому и тепловому режиму, направлению движения потоков реагентов, материалному оформлению. Режимы работы реактора. Уравнение материального баланса реактора (конвективный и диффу-	

		<p>зионный перенос вещества, химическое превращение). Реактор идеального смешения периодический. Решения уравнения для простой необратимой реакции n-го порядка. Реактор идеального смешения непрерывный. Величина <math>\bar{\tau}</math>. Решения уравнений относительно <math>\bar{\tau}</math> и <math>C_A</math>. Графический способ решения для кинетики дробного порядка. Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический способ расчета числа секций, необходимых для достижения <math>X_A</math>. Графический способ расчета для реакций дробного порядка. Реактор идеального вытеснения. Допущения режима идеального вытеснения. Аналитический и графический способы решения относительно <math>\bar{\tau}</math>. Сравнение реакторов различных типов по интенсивности, селективности, выходу целевого продукта.</p>	
1.7	Тепловые режимы химических реакторов	<p>Изотермический, адиабатический и политропический тепловые режимы. Уравнение теплового баланса реактора. Политропический тепловой режим реактора. Решение уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (периодического и непрерывного) и идеального вытеснения. Адиабатический тепловой режим реактора. Решение уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (периодического и непрерывного) и идеального вытеснения. Изотермический режим. Уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (непрерывного) и идеального вытеснения. Условия поддержания устойчивого теплового режима реактора. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в адиабатическом режиме для необратимого экзотермического процесса. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в адиабатическом режиме для обратимого экзотермического и эндотермического процессов. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в изотермическом и политропическом режимах. Параметрическая чувствительность. Чувствительность теплового режима реактора идеального вытеснения для необратимого экзотермического процесса от температуры стенки реактора. Чувствительность теплового режима системы из теплообменника и реактора гетерогенного катализа для обратимого экзотермического процесса от температуры на входе в реактор. Выбор типа реактора с учетом теплового режима. Сравнение скорости процесса в различных реакторах для необратимых эндо- и экзотермических процессов. Создание оптимального теплового режима в реакторах для необратимых эндо- и экзотермических процессов и обратимого экзотермического процесса.</p>	
1.8	Химико-технологическая система	<p>Элементы теории систем (структура, стратификация, системный подход). Понятие о химико-технологической системе (параметры, операторы, связи). Графическое представление химико-технологических систем. Анализ химико-технологической системы. Зависимость режима одного аппарата от режимов других. Влияние усовершенствования одного элемента на работу системы в целом. Различие оптимальных режимов для отдельно взятого элемента и системы</p>	

		<p>в целом. Неоднозначность режимов и их устойчивость. Влияние обратной связи на устойчивость режима в системе. Колебательный режим. Синтез химико-технологической системы.</p> <p>Разработка химико-технологического процесса с последовательным проведением экспертиз. Концепции создания химико-технологической системы. Концепция полного использования сырьевых ресурсов (выбор процесса, использование избытка одного из реагентов, противоточного контакта фаз, фракционного рецикла, регенерации с рециклом, утилизации отходов и альтернативного сырья). Концепция комплексного использования сырья (производство двух и более продуктов во взаимосвязанных ХТС, комбинирование различных ХТС, производящих один продукт). Концепция полного использования энергетических ресурсов (регенерация и утилизация теплоты и энергии, использование альтернативных источников энергии, замена химической схемы получения продукта, использование вторичных энергетических ресурсов, создание энерготехнологических систем). Концепция минимизации отходов (очистка и обезвреживание выбросов, замена вспомогательного потока, создание замкнутого водооборота, повышение надежности оборудования, создание безотходных и малоотходных производств). Концепция эффективного использования оборудования (выбор процесса, организация процесса в аппарате, организация процесса в подсистеме, конструктивные решения аппаратов, увеличение единичной мощности). Концепция совмещенных процессов (конструктивное и функциональное совмещение). Концепция перестраиваемых химико-технологических систем. Причины создания перестраиваемых систем, затраты и выигрыш при эксплуатации.</p>	
1.9	Региональные химические производства	Коксохимическое производство. Производство чугуна. Производство стали. Мидрекс-процесс. Получение сахарного песка. Производство этилового спирта. Производство синтетических каучуков. Технология получения резиновых изделий. Производство портландцемента.	
1.10	Общие вопросы химической технологии	Сырьевая база химической промышленности. Вода и воздух в химической технологии. Энергетическая база химической промышленности. Очистка газовых выбросов. Очистка сточных вод химических производств. Процессы биотехнологии.	
<b>2. Лабораторные занятия</b>			
2.1		Определение сахара в корнеплодах и фруктах методом экстракции	
2.2		Анализ нефтепродуктов	
2.3		Анализ синтетических латексов	
2.4		Определение серы в металлах и угле	
2.5		Реакторы в режимах идеального смешения и идеального вытеснения	
2.6		Окисление диоксида серы (процессы и реакторы)	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				Всего
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	
1.1	Основные понятия химической технологии	4			4	4

1.2	Стехиометрия химических превращений	4		4	4	8
1.3	Термодинамические расчеты химико-технологических процессов	4		8	8	12
1.4	Кинетика химико-технологических процессов	10		10	10	20
1.5	Основные химические производства	24		24	12	48
1.6	Химические реакторы	6		6	6	12
1.7	Тепловые режимы химических реакторов	6		6	6	12
1.8	Химико-технологическая система	6		6	6	12
1.9	Региональные химические производства	8		10	8	18
1.10	Общие вопросы химической технологии	2			4	2
	Итого:	74		74	68	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций,
- проведение лабораторных работ,
- занятия в интерактивной форме (дискуссии),
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.
3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия:

1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов.
2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами.
3. Выполнение экспериментальной части работы.
4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде контрольной работы).

Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде коллоквиума и выполнения домашних заданий. Выполнение домашних заданий контролирует лектор. Ежеженедельно студенты имеют возможность выяснять все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK ВГУ»



(<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: в 2 кн./под ред. В.Г. Айнштейна. - М. : Физматкнига : Логос, 2006.- Кн.1. –881с; Кн.2. –1757с.
2	Химико-технологические процессы : учебник и практикум для академического бакалавриата / Ю. А. Комиссаров, М. Б. Глебов, Л. С. Гордеев, Д. П. Вент. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 359 с.
3	Теоретические основы химической технологии. / Москвичев Ю.А., Григоричев А.К., Павлов О.С. Уч. пособие, 3-е изд., стер.М. «Лань», 2018 г.
4	Баранов Д. А. Процессы и аппараты химической технологии: Учебное пособие / Д. А. Баранов. — 2-е изд. М. «Лань», 2018 г.
5	Бочкарев В. В. Оптимизация химико-технологических процессов : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. В. Бочкарев. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 263 с.
6	Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов./ под ред. Х.Э. Харлампыди. – СПб.: «Лань», 2013. – 448 с.
7	Кутепов А.М. Общая химическая технология / А.М. Кутепов, Т.И. Бондарева, М.Г. Беренгартен. — 3-е изд., перераб. — М. : Академкнига, 2007. — 528 с.

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
8	Общая химическая технология: в 2 ч. / [И.П. Мухленов и др.] ; под ред. И.П. Мухленова. — М. : Альянс, 2009-.
9	Абалонин Б.Е. Основы химических производств / Б.Е. Абалонин, И.М. Кузнецова, Х.Э. Харлампыди / - М.: «Химия», 2001. – 472 с.
10	Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии / Ю.И. Дытнерский. - М.: Химия, 1995.-Т.1.-400с; Т.2.-383с.
11	Общая химическая технология / под ред А.Г. Амелина – М. «Химия», 1977. – 400 с.
12	Технологические и термодинамические особенности производства аммиака. метод. указания для студентов 4 курса дневн. отделения хим. фак./ сост.: В.А. Кузнецов. -Воронеж : ВГУ, 2004. - 35с.
13	Сафонов М.С. Критерии термодинамического совершенства технологических систем/М.С. Сафонов. - М. : МГУ, 1998. - 73с.
14	Кузнецов Л.Д. Синтез аммиака / Л.Д. Кузнецов. - М.: Химия, 1982. - 254с.
15	Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза / Н.Н. Лебедев. - М.: Химия, 1988. - 738с.
16	Основы технологии переработки пластмасс/под ред. В.Н. Кулезнева, В.К. Гусева. - М. : Химия, 1995.-367с.
17	Вольфович С.И. Общая химическая технология: в 2 кн./С.И. Вольфович. - М.: Химия.- Т.1-1952.-989с; Т.2. -1959. -806с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
12	"Университетская библиотека online", <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
13	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
14	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Зональная научная библиотека ВГУ.
15	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a> - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
16	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
17	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> –Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
18	ЭУМК «Химическая технология (ФПХ)» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2311">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2311</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Технологические и термодинамические особенности производства аммиака. метод. указания для студентов 4 курса дневн. отделения хим. фак./ сост.: В.А. Кузнецов. -Воронеж : ВГУ, 2004. - 35с.
2	Практикум по общей химической технологии / Воронеж. гос. ун-т ; сост.: П.О. Кущев, В.А. Кузнецов, С.А. Шестаков .— Электрон. текстовые дан. — Воронеж : Издательский дом ВГУ, 2017.— Свободный доступ из интрасети ВГУ .— <URL: <a href="http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-133.pdf">http://www.lib.vsu.ru/elib/texts/method/vsu/m17-133.pdf</a> >
3	Инструкция по технике безопасности при работе в лаборатории с применением химических веществ. Воронеж : ВГУ, 2002 – 33 с.

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение текущих аттестаций и промежуточных аттестаций осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

При реализации учебной дисциплины используются элементы электронного обучения и различные дистанционные образовательные технологии, позволяющие обеспечивать опосредованное взаимодействие (на расстоянии) преподавателей и обучающихся, включая инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «МООК ВГУ» (<https://mooc.vsu.ru>), проведение вебинаров, видеоконференций (в том числе с применением сервисов Zoom, Discord и др.), взаимодействие в соцсетях, посредством электронной почты, мессенджеров.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Ноутбук
2. Мультимедийный проектор
3. Экран
4. Рефрактометр ИРФ-454 Б2М
5. Установка с насадкой Дина-Старка.
6. Прибор для работы с латексом.
7. Установка определения температуры вспышки.
8. Титровальная установка.
9. Весы аналитические.
10. Весы техно-химические.
11. Модульный спектрометр динамического и статического рассеяния света Photocor-Complex.
12. Компьютер.
13. Турбидиметр.
14. Ультразвуковой диспергатор.
15. Водоструйные насосы.
16. Шкаф сушильный
17. Шкаф вакуумный.
18. Фотометр КФК-3 «ЗОМЗ»
19. Аппараты Сокслета.
20. Термостаты.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
-------	--	----------------	-------------------------------------	--------------------

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Основные понятия химической технологии	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	Тестовые задания
2.	Стехиометрия химических превращений	ОПК-3	ОПК-3.1, ОПК-3.2	Тестовые задания Домашние задания
3.	Термодинамические расчеты химико-технологических процессов	ОПК-2 ОПК-3	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 ОПК-3.1, ОПК-3.2	Лабораторные работы Домашние задания Коллоквиум
4.	Кинетика химико-технологических процессов	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практикоориентированные задания
5.	Основные химические производства	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Лабораторные работы, коллоквиум
6.	Химические реакторы	ОПК-2 ОПК-3	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 ОПК-3.1, ОПК-3.2	Лабораторные работы, Тестовые задания
	Тепловые режимы химических реакторов	ОПК-1 ОПК-2 ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3 ОПК-3.1, ОПК-3.2	Лабораторные работы Тестовые задания Домашние задания
	Химико-технологическая система	ОПК-1 ОПК-3	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 ОПК-3.1, ОПК-3.2	Лабораторные работы Тестовые задания Домашние задания
	Региональные химические производства	ОПК-1 ОПК-2	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3 ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Тестовые задания Домашние задания
	Общие вопросы химической технологии	ОПК-1	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3	Тестовые задания Домашние задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет, экзамен				Перечень вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков.

При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2. При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практикоориентированные задания, лабораторные работы, тестовые задания.

Перечень лабораторных работ:

- 1) Определение сахара в корнеплодах и фруктах методом экстракции.

- 2) Анализ нефтепродуктов.
- 3) Анализ синтетических латексов.
- 4) Определение серы в металлах и угле.
- 5) Реакторы в режимах идеального смешения и идеального вытеснения.
- 6) Окисление диоксида серы (процессы и реакторы).

Лабораторные работы выполняются на занятии в течение 2 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя и лаборанта выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке выводов. Следующее лабораторное занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Вопросы для домашнего задания формулирует лектор на лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Коллоквиумы проводятся на лабораторном занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся. Темы, по которым проводятся коллоквиумы, и программа к ним представлена в соответствующих методических указаниях, рекомендованных студентам. По согласованию с обучающимися коллоквиум и зачет может проводиться в форме устной беседы или форме тестирования по основным разделам курса. Экзамен проводится только в устной форме.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по экзаменационным билетам (по билетам к зачету).

### Вопросы к экзамену, зачету

1. Химическая технология как наука, предмет, цель и методы исследования. Классификация технологических процессов по отраслям. Определение и стадии химико-технологического процесса. Переменные и постоянные компоненты химического производства.
2. Технические показатели химико-технологического процесса: производительность, интенсивность, расходные коэффициенты, степень превращения, выход, селективность. Экономические показатели химико-технологического процесса: себестоимость, производительность труда, цена. Эксплуатационные и социальные показатели химико-технологического процесса.
3. Организация химико-технологического процесса:
  - химическая, принципиальная и технологические схемы;
  - выбор параметров и методов их контроля;
  - подбор материалов и аппаратуры;
4. Формы записи стехиометрических уравнений и взаимосвязь с материальными балансами. Способы расчета числа стехиометрических уравнений. Алгоритм определения стехиометрически независимых уравнений с использованием матрицы коэффициентов. Выбор системы стехиометрических уравнений. Уравнения расчета количества и концентрации реагента с использованием значения степени превращения.
5. Изобарно-изотермический потенциал как критерий возможности протекания процесса. Зависимость энергии Гиббса от температуры и состава реакционной смеси (на примере конверсии метана водяным паром). Химическое равновесие, уравнение Вант-Гоффа, зависимость константы равновесия от температуры. Расчет равновесных концентраций с использованием константы равновесия. Принцип Ле-Шателье. Смещение равновесия изменением температуры, давления и концентраций реагирующих веществ.
6. Виды энергии, используемые в технологических процессах, их взаимопревращение, критерий качества энергии. Цикл Карно как основа технической термодинамики. Параметры окружающей среды и их влияние на качество энергии. Понятие эксергии, количественная оценка, уравнение эксергии и его принципиальное отличие от уравнения изобарно-изотермического потенциала. Эксергетические потери, анергия, энтропийный характер эксергетических потерь (формула Гюи-Столды). Потоки энергии и эксергии в виде диаграмм.
7. Понятие о микро- и макрокинетике. Влияние температуры на скорость и степень превращения (простой необратимый процесс, простые обратимые экзо- и эндотермические реакции). Взаимосвязь степени превращения, температуры и продолжительности процесса. Сопоставление термодинамических и кинетических факторов. Повышение селективности процесса с учетом энергии активации конкурирующих реакций. Влияние концентрации реагентов на скорость процесса - обратимые и необратимые (простые, параллельные и последовательные реакции).

8. Катализ и катализаторы. Классификация катализаторов. Представление о механизме действия катализаторов (влияние на порядок реакции). Характеристики катализаторов: активность, температура зажигания, селективность. Отравление катализатора. Гетерогенный катализ. Элементарные стадии процесса на твердых катализаторах. Определение лимитирующей стадии гетерогенного катализа.
9. Производство серной кислоты. Технология минеральных удобрений. Технология производства аммиака. Технология азотной кислоты.
10. Первичная переработка нефти. Деструктивная переработка нефти.
11. Синтезы на основе CO и H<sub>2</sub>.
12. Конструкционные и технологические параметры реакторов. Классификация реакторов по конструктивной форме, организационной структуре процесса, фазовому состоянию реагентов, гидродинамическому и тепловому режиму, направлению движения потоков реагентов, материальному оформлению. Режимы работы реактора. Уравнение материального баланса реактора (конвективный и диффузионный перенос вещества, химическое превращение).
13. Реактор идеального смешения периодический. Решения уравнения для простой необратимой реакции n-го порядка. Реактор идеального смешения непрерывный. Величина  $\bar{t}$ . Решения уравнений относительно  $\bar{t}$  и C<sub>A</sub>. Графический способ решения для кинетики дробного порядка. Каскад реакторов идеального смешения. Аналитический способ расчета числа секций, необходимых для достижения X<sub>A</sub>. Графический способ расчета для реакций дробного порядка.
14. Реактор идеального вытеснения. Допущения режима идеального вытеснения. Аналитический и графический способы решения относительно  $\bar{t}$ . Сравнение реакторов различных типов по интенсивности, селективности, выходу целевого продукта.
15. Изотермический, адиабатический и политропический тепловые режимы. Уравнение теплового баланса реактора. Политропический тепловой режим реактора. Решение уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (периодического и непрерывного) и идеального вытеснения.
16. Адиабатический тепловой режим реактора. Решение уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (периодического и непрерывного) и идеального вытеснения. Изотермический режим. Уравнения теплового баланса для реакторов идеального смешения (непрерывного) и идеального вытеснения. Условия поддержания устойчивого теплового режима реактора. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в адиабатическом режиме для необратимого экзотермического процесса. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в адиабатическом режиме для обратимого экзотермического и эндотермического процессов. Условия устойчивой работы реактора идеального смешения (непрерывного) в изотермическом и политропическом режимах.
17. Параметрическая чувствительность. Чувствительность теплового режима реактора идеального вытеснения для необратимого экзотермического процесса от температуры стенки реактора. Чувствительность теплового режима системы из теплообменника и реактора гетерогенного катализа для обратимого экзотермического процесса от температуры на входе в реактор. Выбор типа реактора с учетом теплового режима. Сравнение скорости процесса в различных реакторах для необратимых эндо- и экзотермических процессов. Создание оптимального теплового режима в реакторах для необратимых эндо- и экзотермических процессов и обратимого экзотермического процесса.
18. Элементы теории систем (структура, стратификация, системный подход). Понятие о химико-технологической системе (параметры, операторы, связи). Графическое представление химико-технологических систем.
19. Анализ химико-технологической системы. Зависимость режима одного аппарата от режимов других. Влияние усовершенствования одного элемента на работу системы в целом. Различие оптимальных режимов для отдельно взятого элемента и системы в целом. Неоднозначность режимов и их устойчивость. Влияние обратной связи на устойчивость режима в системе. Колебательный режим.
20. Синтез химико-технологической системы. Разработка химико-технологического процесса с последовательным проведением экспертиз. Концепции создания химико-технологической системы. Концепция полного использования сырьевых ресурсов (выбор процесса, использование избытка одного из реагентов, противоточного контакта фаз, фракционного рецикла, регенерации с рециклом, утилизации отходов и альтернативного сырья).
21. Концепция комплексного использования сырья (производство двух и более продуктов во взаимосвязанных ХТС, комбинирование различных ХТС, производящих один продукт). Концепция полного использования энергетических ресурсов (регенерация и утилизация теплоты и энергии, использование альтернативных источников энергии, замена химической схемы получения продукта, использование вторичных энергетических ресурсов, создание энерготехнологических систем).
22. Концепция минимизации отходов (очистка и обезвреживание выбросов, замена вспомогательного потока, создание замкнутого водооборота, повышение надежности оборудования, создание безотходных и малоотходных производств).

23. Концепция эффективного использования оборудования (выбор процесса, организация процесса в аппарате, организация процесса в подсистеме, конструктивные решения аппаратов, увеличение единичной мощности).
24. Концепция совмещенных процессов (конструктивное и функциональное совмещение). Концепция перестраиваемых химико-технологических систем. Причины создания перестраиваемых систем, затраты и выигрыш при эксплуатации.
25. Коксохимическое производство. Производство чугуна.
26. Производство стали. Мидрекс-процесс.
27. Получение сахарного песка. Производство этилового спирта.
28. Производство синтетических каучуков. Технология получения резиновых изделий.
29. Производство портландцемента.
30. Сырьевая база химической промышленности. Вода и воздух в химической технологии. Энергетическая база химической промышленности. Очистка газовых выбросов. Очистка сточных вод химических производств. Процессы биотехнологии.

- проектирование процесса (проектное задание, пояснительная записка, технологическая схема, рабочие чертежи). Техническая документация (ГОСТы, ТУ, ISO, ASTM, технический регламент, технологический регламент).

По окончании VII семестра по курсу «Химическая технология» проводится промежуточная аттестация в форме экзамена. К экзамену обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету. Приходя на экзамен, обучающийся должен иметь при себе зачетную книжку и тетрадь с лабораторным практикумом. Обучающийся выбирает КИМ и готовится к ответу. Время на подготовку регламентировано Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом науки о производственных процессах;
- 2) умение связывать теорию с практикой;
- 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
- 4) умение применять теоретические знания, решать практические задачи;
- 5) владение способами синтеза лекарственных веществ и методами их исследования;

Для оценивания результатов обучения на зачете используются следующие показатели (ЗУНЫ из 19.1):

- 1) знание основные закономерности химической технологии как науки;
- 2) знание особенностей эксплуатации установок и аппаратуры, используемой на химических производствах;
- 3) знание проблем и перспектив развития химических производств;
- 4) умение определять оптимальные условия проведения технологических процессов.
- 5) умение раскрыть взаимосвязи между развитием химической науки и химической технологии;
- 6) умение устанавливать связь между знаниями основ химии и физики и областями применения этих знаний;
- 5) владение понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач.

Для оценивания результатов обучения на зачете используется – зачтено, не зачтено.

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
---------------------------------	--------------------------------------	--------------

Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области химической технологии.	Повышенный уровень Базовый уровень Пороговый уровень	зачтено
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Незачтено

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения.

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Обучающийся в полной мере владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований, применять теоретические знания для решения практических задач в области химической технологии.	Повышенный уровень	Отлично
Обучающийся владеет понятийным аппаратом данной области науки (теоретическими основами дисциплины), способен определять оптимальные условия проведения технологических процессов, допускает ошибки при описании конкретных установок и аппаратуры, используемой на химических производствах.	Базовый уровень	Хорошо
Обучающийся владеет частично теоретическими основами дисциплины, фрагментарно способен определять оптимальные условия проведения технологических процессов, не умеет устанавливать связь между знаниями основ химии и физики и областями применения этих знаний.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки.	–	Неудовлетворительно