

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.  
22.04.2024



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.05 Химическая технология**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

04.03.01 Химия

**2. Профиль подготовки/специализация:** прикладная химия

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии

**6. Составители программы:** Кущев Петр Олегович, кандидат химических наук, доцент

**7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,  
протокол № 4 от 11.04.2024

**8. Учебный год:** 2026-2027, 2027-2028

**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
УК-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов	УК-8.1	Идентифицирует и анализирует опасные и вредные факторы элементов среды обитания и в рамках осуществляемой деятельности; знает основные вопросы безопасности жизнедеятельности;	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания</li><li>– основные вопросы безопасности жизнедеятельности;</li><li>– правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, социального и биологосоциального происхождения;</li><li>– правила оказания первой помощи при травмах и неотложных состояниях, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций;</li></ul>
		УК-8.2	Способен осуществлять действия по предотвращению возникновения чрезвычайных ситуаций природного, техногенного, социального (биологосоциального) происхождения; грамотно действовать в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени, создавать безопасные условия реализации профессиональной деятельности-	<b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– Анализировать факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания;</li><li>– Идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности;</li><li>– грамотно действовать в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени, создавать безопасные условия реализации профессиональной деятельности;</li></ul> <b>владеть (иметь навык(и)):</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– навыком идентифицировать опасные и вредные факторы в рамках осуществляемой деятельности;</li><li>– навыком быстро разьяснять и исполнять правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций;</li><li>– навыком оказания первой помощи при</li></ul>

			ности;	травмах и неотложных состояниях, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций;
		УК-8.3	Готов принимать участие в оказании первой и экстренной допсихологической помощи при травмах и неотложных состояниях, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций в мирное и военное время;	
		УК-8.4	Способен обеспечить безопасные и/или комфортные условия труда на рабочем месте, в том числе с помощью средств защиты; выявить и устранить проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте;	
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	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-2.4	Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	

12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 5/180.

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой, экзамен.

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			6 семестр	7 семестр	...
Контактная работа		90	54	36	
в том числе:	лекции	54	36	18	
	практические	18	18		
	лабораторные	18		18	
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		54	18	36	
Промежуточная аттестация (для экзамена)		36		36	
Итого:		180	72	108	

#### 13.1. Содержание дисциплины

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью он-лайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Общие вопросы химической технологии	Роль и масштабы использования процессов в различных сферах материального производства. Тенденции развития техносферы и возрастающее значение проблем обеспечения безопасности химических производств и защиты окружающей среды. Химическое производство как сложная система. Основные этапы создания химико-технологических систем. Структурная иерархия технологических систем: молекулярные процессы - макрокинетика - аппараты - производства глобальные процессы развития техносферы.	
1.2	Термодинамические критерии эффективности технологических систем	Фундаментальные критерии эффективности использования сырья и энергоресурсов в химико-технологических процессах. Интегральные уравнения баланса материальных потоков в технологических системах. Интегральные уравнения баланса потоков энергии. Коэффициент преобразования энергии. Термодинамическая шкала качества тепловой энергии. Интегральное уравнение баланса энтропии, рост энтропии в технологическом процессе. Эксергия как мера потенциальной работоспособности системы. Уравнение баланса эксергии.	
1.3	Моделирование химико-технологических процессов	Моделирование химико-технологических процессов. Физическое и математическое моделирование. Теория подобия. Теоремы подобия. Критерии подобия. Критериальные уравнения. Принцип изоморфизма дифференциальных уравнений. Аналогия.	
1.4	Равновесие и скорость химико-технологических процессов	Равновесие в химико-технологическом процессе. Константа равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры и давления. Расчет равновесной реакционной смеси. Влияние на равновесный выход мольного соотношения исходных	

		веществ, продуктов реакции и содержания инертных примесей. Равновесие в гетерогенных процессах.	
1.5	Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии	Понятие о макрокинетике. Влияние температуры, давления, концентрации исходных реагентов на скорость и селективность процесса. Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии. Основное уравнение переноса субстанций. Уравнения Навье-Стокса, конвективной диффузии и теплоты.	
1.6	Элементы механики газов и жидкостей	Элементы механики газов и жидкостей. Режимы течения. Критическое число Рейнольдса. Характеристика турбулентного режима. Течения, обусловленные градиентами плотности и поверхностного натяжения. Гидродинамическое сопротивление и зависимость его от числа Рейнольдса. Способы транспортировки газов и жидкостей.	
1.7	Тепловые процессы	Тепловые процессы в химической технологии. Способы распространения теплоты. Уравнения теплопереноса. Коэффициент теплоотдачи и теплопередачи. Зависимость его от числа Рейнольдса. Представление о сложении термических сопротивлений и лимитирующем сопротивлении. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышения их термодинамической эффективности. Технологические способы нагревания и охлаждения. Теплоносители и теплообменные аппараты.	
1.8	Массообменные процессы	Массообменные процессы. Основные принципы массообменных процессов в системах газ-жидкость, жидкость-жидкость, газ-твердое, жидкость-твердое. Равновесные, кинетические и механические факторы в организации процессов межфазного массообмена. Абсорбция. Аналогия с теплообменом. Коэффициенты массоотдачи и массопередачи. Критериальные уравнения абсорбции. Средства интенсификации процессов массообмена. Абсорберы. Критерии построения оптимальных сорбционно-десорбционных циклов. Адсорбция. Явление формирования фронта сорбции. Ректификация. Мембранная технология разделения смеси веществ. Равновесные и кинетические факторы, определяющие эффективность мембранного разделения.	
1.9	Химические реакторы	Гетерогенные каталитические реакторы. Диффузионно-кинетические режимы протекания реакции в пористой грануле катализатора.	
1.10	Типовые химико-технологические процессы	Технологическая схема производства аммиака. Особенности технологического режима и соответствующее аппаратное решение. Балансовые уравнения конверсии метана водяным паром.	
1.11	Каталитические процессы	Изменение наблюдаемого кинетического порядка реакции. Факторы, определяющие эффективность использования поверхности катализатора. Явление множественности стационарных режимов на примере экзотермической каталитической реакции.	
<b>2. Практические занятия</b>			
2.1	Равновесие и скорость химико-технологических процессов	Равновесие в химико-технологическом процессе. Константа равновесия. Зависимость константы равновесия от температуры и давления. Расчет равновесной реакционной смеси. Влияние на равновесный выход мольного соотношения исходных веществ, продуктов реакции и содержания инертных примесей. Равновесие в гетерогенных процессах.	

2.2	Макроскопическая теория физико-химических явлений	Понятие о макрокинетике. Влияние температуры, давления, концентрации исходных реагентов на скорость и селективность процесса. Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии. Основное уравнение переноса субстанций. Уравнения Навье-Стокса, конвективной диффузии и теплоты.	
2.3	Тепловые процессы	Тепловые процессы в химической технологии. Способы распространения теплоты. Уравнения теплопереноса. Коэффициент теплоотдачи и теплопередачи. Зависимость его от числа Рейнольдса. Представление о сложении термических сопротивлений и лимитирующем сопротивлении. Пути интенсификации процессов теплообмена и повышения их термодинамической эффективности. Технологические способы нагревания и охлаждения. Теплоносители и теплообменные аппараты.	
2.4	Химические реакторы	Гетерогенные каталитические реакторы. Диффузионно-кинетические режимы протекания реакции в пористой грануле катализатора.	
2.5	Типовые химико-технологические процессы	Технологическая схема производства аммиака. Особенности технологического режима и соответствующее аппаратное решение. Балансовые уравнения конверсии метана водяным паром.	
2.6	Каталитические процессы	Изменение наблюдаемого кинетического порядка реакции. Факторы, определяющие эффективность использования поверхности катализатора. Явление множественности стационарных режимов на примере экзотермической каталитической реакции.	

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

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1.1	Общие вопросы химической технологии	2	0	0	2	4
1.2	Термодинамические критерии эффективности технологических систем	6	0	0	8	16
1.3	Моделирование химико-технологических процессов	8	0	0	4	12
1.4	Равновесие и скорость химико-технологических процессов	4	2	2	4	12
1.5	Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии	6	3	3	6	18
1.6	Элементы механики газов и жидкостей	6	0	0	6	12
1.7	Тепловые процессы	6	4	4	6	20
1.8	Массообменные процессы	6	0	0	6	12
1.9	Химические реакторы	4	3	3	4	14
1.10	Типовые химико-технологические процессы	2	3	3	4	10
1.11	Каталитические процессы	4	3	3	4	14
	Итого:	54	18	18	54	144

### 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 практического 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.

## 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. Харлампиدي. – 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. Харлампиди / - 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	Вольфкович С.И. Общая химическая технология: в 2 кн./С.И. Вольфкович. - 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.

## 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
1.	Общие вопросы химической технологии	УК-8 ОПК-2	УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Лабораторные работы
2.	Термодинамические критерии эффективности технологических систем	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы Домашние задания Коллоквиум
3.	Моделирование химико-технологических процессов	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Лабораторные работы
4..	Равновесие и скорость химико-технологических процессов	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Домашние задания Практикоориентированные задания
5.	Макроскопическая теория физико-химических явлений - теоретическая база химической технологии	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Лабораторные работы
6.	Элементы механики газов и жидкостей	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Лабораторные работы
7.	Тепловые процессы	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы, коллоквиум
8.	Массообменные процессы	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы Тестовые задания Домашние задания

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
9.	Химические реакторы	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3	Лабораторные работы, Тестовые задания
10.	Типовые химико-технологические процессы	УК-8 ОПК-2	УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы Тестовые задания Домашние задания
11.	Каталитические процессы	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы Тестовые задания Домашние задания
Промежуточная аттестация форма контроля – зачет с оценкой, экзамен				Перечень вопросов

### Фонд оценочных средств сформированности компетенций

1. Указать массообменный элемент ХТС:
  - а) испаритель;
  - б) дробилка;
  - в) дистиллятор;
  - г) турбина
  
2. По происхождению природная вода классифицируется на:
  - а) охлаждающую, технологическую, энергетическую;
  - б) атмосферную, поверхностную, подземную;
  - в) промышленную, бытовую, питьевую;
  - г) гидрокарбонатную, сульфатную, хлоридную.
  
3. Какие способы интенсификации гетерогенного процесса "газ-жидкость" можно предложить?
  - а) в барботажный слой вводить газ мелкими пузырьками;
  - б) увеличить высоту барботажного слоя;
  - в) перейти от барботажного аппарата к насадочному;
  - г) использовать насадочный аппарат с самыми мелкими элементами.
  
4. Сопоставьте приведенные решения, используемые для построения химико-технологической системы, с перечисленными проблемами?
  1. избыток одного из компонентов;
  2. противоток фаз в двухфазных процессах;
  3. фракционный рецикл;
  4. полный рецикл;
  5. утилизация отходов;
  6. обезвреживание отходов;
  7. комбинирование производств;
  8. регенерация энергии;
  9. утилизация энергии;
  10. использование вторичных энергетических ресурсов;
  11. совмещение процессов;
  12. комплексная переработка сырья;
  13. регенерация вспомогательных веществ.

А) максимального использования сырьевых и материальных ресурсов;

Б) максимального использования энергетических ресурсов;

В) минимизации отходов производства.

(А – 1, 2, 3, 5, 7, 11, 12; В – 3, 8, 9, 10; В – 5, 6, 9, 12, 13;)

5. Параметры технологического режима (температура, давление, концентрация) изменяются во времени в реакторе ... действия. (периодического)
6. Отношение массы целевого продукта к общей массе продуктов, полученных в данном процессе, или к массе превращенного сырья за определённое время, называется ... (селективность)
7. Перечислите стадии промышленной водоподготовки.  
Основные операции водоподготовки:
- очистка от взвешенных веществ отстаиванием и фильтрованием (осветление),
  - умягчение,
- в отдельных случаях:
- обесцвечивание,
  - нейтрализация,
  - дегазация,
  - обеззараживание.
8. Определить производительность (по хлорбензолу) установки хлорирования бензола, если на хлорирование падают в час 18500 кг осушенного бензола, степень конверсии бензола составляет 43%, а селективность по хлорбензолу 96%.  
Ответ: 11 т/ч
9. Перечислите основные направления рационального использования химического сырья.

Основными направлениями рационального использования химического сырья являются:

- применение более дешевого сырья;
- использование вторичных материальных ресурсов;
- использование менее концентрированного сырья;
- комплексная переработка сырья (комплексное использование сырья приводит к сокращению капитальных вложений в производство, снижению себестоимости продукции);
- замена пищевого сырья на непищевое;
- применение альтернативных материалов;
- рециркуляция сырья, т. е. вторичная переработка выработавших срок эксплуатации, вышедших из строя и морально устаревших изделий.

10. Расскажите о происхождении вторичного сырья и путях его использования.

**Вторичное сырье** – исходные в производстве вещества и материалы, являющиеся отходами других производств и потребления. Их источниками являются отходы производства и отходы потребления.

Основные пути использования отходов производства и потребления в промышленном производстве:

- 1) регенерация непрореагировавшего сырья и материалов с последующим возвратом в производство;
  - 2) извлечение ценных компонентов как продуктов производства;
  - 3) выделение компонентов и придание им с помощью специальных операций товарной ценности;
  - 4) использование отходов в качестве вторичного сырья в других производствах или других отраслях промышленности.
- Во всех случаях предполагается одно из двух назначений вторичного сырья как исходного компонента:
- а) вторичное сырье частично или даже полностью заменяет первичное в каком-либо производстве;
  - б) на основе вторичного сырья создается новый химико-технологический процесс.

## **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.

### **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) Кинетика гетерогенной реакции окисления сульфита натрия
- 6) Реакторы в режимах идеального смешения и идеального вытеснения.
- 7) 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 вы-

водов. 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. Теория подобия. Основные критерии подобия. Критериальные уравнения.
2. Технологический режим как основа классификации процессов.
3. Фундаментальные критерии эффективности химических производств, основанные на интегральных уравнениях баланса потоков вещества.
4. Тепловые процессы. Механизмы переноса теплоты.
5. Режимы течения жидкости. Критическое число Рейнольдса.
6. Понятие о коэффициенте гидродинамического сопротивления и его зависимость от числа Рейнольдса.
7. Константа равновесия. Расчет состава равновесной реакционной смеси.
8. Абсорбция. Пленочная модель.
9. Паровоздушная конверсия природного газа. Физико-химические особенности процесса.
10. Константа равновесия. Влияние температуры и давления на константу равновесия.
11. Технологическая схема производства азотоводородной смеси.
12. Влияние на равновесный выход мольного соотношения исходных веществ, содержания продуктов реакции и примесей инертных компонентов.
13. Теплоносители, их сравнительная характеристика.
14. Колонна синтеза аммиака. Принцип действия и особенности регулирования температурного режима.
15. Массоотдача. Коэффициент массоотдачи и его зависимость от числа Рейнольдса.
16. Технологическая схема производства азотоводородной смеси.
17. Основные технологические понятия. Производительность, мощность, интенсивность.
18. Тепловые процессы. Механизмы переноса теплоты.
19. Теплопередача. Коэффициент теплопередачи. Способы интенсификации процесса.
20. Паровоздушная конверсия природного газа. Физико-химические особенности процесса.
21. Массообменные процессы. Виды переноса массы. Молекулярная диффузия.
22. Абсорбция, режим медленной реакции.
23. Абсорбция, режим мгновенной реакции.
24. Понятие о микро- и макрокинетике.
25. Прямые источники тепловой энергии.
26. Технологический режим как основа классификации процессов.
27. Влияние температуры на скорость реакции и степень превращения.
28. Влияние давления на скорость реакции и степень превращения.
29. Химическое производство как сложная система.
30. Модели химических производств.
31. Аналоговое моделирование.
32. Основное уравнение теплопередачи.

- 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