

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)**

**Институт химии и биологии**

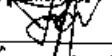
**Кафедра органической химии и высокомолекулярных соединений**

**СОГЛАСОВАНО**

**УТВЕРЖДАЮ**

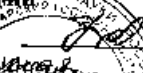
**Руководитель образовательной**

**программы**

 Ю.А. Малкандуев  
«26» мая 2023 г.

**Директор института химии и**

**биологии**

 Р.Ч. Бажева  
«26» мая 2023 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.01.05 «Дополнительные главы процессов и аппаратов  
химической технологии»**

**Направление подготовки  
18.04.01. Химическая технология**

**Профиль «Технология и переработка полимеров»**

**Квалификация выпускника магистр**

**Форма обучения очная**

**Нальчик 2023**

Рабочая программа дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии» /сост. К.Р. Кожемова – 2023 г – *Нальчик: КБГУ, 49 стр.*

Рабочая программа дисциплины предназначена для магистров очной формы обучения по направлению подготовки 18.04.01 – Химическая технология (Технология и переработка полимеров), 1 год обучения, 2 семестр.

Рабочая программа дисциплины (модуля) составлена с учетом федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.01 Химическая технология утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 07 августа 2020 г. № 910.

## Содержание

1.	Цели и задачи освоения дисциплины	4-5
2.	Место дисциплины в структуре ОПОП ВО	6-11
3	Требования к результатам освоения дисциплины	12-16
4	Содержание и структура дисциплины	16-21
4.1.	<i>Лекции</i>	19-21
4.2.	<i>Практические занятия</i>	21
4.3.	<i>Лабораторные работы по дисциплине</i>	-
4.4.	<i>Самостоятельное изучение разделов дисциплины</i>	21
5.	Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации	21-34
6.	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности	34-35
7.	Учебно-методическое обеспечение дисциплины	36
7.1.	<i>Основная литература</i>	36
7.2.	<i>Дополнительная литература</i>	36
7.3.	<i>Периодические издания</i>	37
7.4.	<i>Интернет-ресурсы</i>	38
7.5.	Методические указания по проведению различных учебных занятий и другим видам самостоятельной работы	39-44
8.	Материально-техническое обеспечение дисциплины	44
9.	Лист изменений (дополнений) в рабочей программе дисциплины	46
10.	Приложения	47

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

**Целью дисциплины** «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии» является подготовка студентов к самостоятельной работе на химических предприятиях в качестве инженера-технолога, готовностью к решению профессиональных производственных задач, готовностью к совершенствованию технологического процесса. Преподавание дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов» также ставит своей целью совершенствование профессиональной подготовки обучающегося в области общих закономерностей типовых процессов и аппаратуры для их реализации вне зависимости от их места в конкретной технологической цепочке, а также оптимизации условий проведения процессов и их аппаратного оформления.

Задачами дисциплины являются теоретическое и практическое обоснование некоторых массообменных технологических процессов, методы их расчета, а также расчет и выбор аппаратов и машин для осуществления данных процессов.

Одной из самых характерных особенностей современного этапа развития народного хозяйства является его всесторонняя химизация, представляющая собой широкое использование в ведущих отраслях промышленности и сельского хозяйства химических продуктов и материалов, внедрение новых технологических процессов. В связи с этим изучение химической технологии как науки о методах и средствах управления технологическими процессами в промышленности приобретает для инженеров-технологов особое значение. Теоретической основой дисциплины является дисциплина "Процессы и аппараты химической технологии", которая позволяет проанализировать и рассчитать процесс, найти самые выгодные его параметры, разработать и рассчитать аппаратуру, необходимую для проведения этого процесса. Вот почему этой дисциплине отводится важная роль в высшем образовании.

В процессе изучения дисциплины студент должен усвоить основные принципы анализа механизма процесса, протекающего в химическом производстве, выявить общие закономерности протекания процессов в аппаратуре химических производств. У студента должна быть сформирована совокупность навыков и знаний, позволяющих ему достаточно точно ориентироваться в выборе оптимального пути расчета основных аппаратов химической промышленности, квалифицированно решать вопросы их использования в разных отраслях химических производств.

### ***Цели дисциплины и их соответствие целям ОПОП ВО***

Цели освоения дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов»	Цели ОПОП ВО
Формирование способности понимать физико-химическую сущность процессов и использовать основные законы протекания химико-технологических процессов в комплексной производственно-технологической деятельности	Подготовка выпускников к <i>производственно-технологической</i> деятельности в области химических технологий, конкурентоспособных на мировом рынке химических технологий.
Формирование способности выполнять необходимые физико-химические и термодинамические расчеты основных параметров химико-технологических процессов на основе методов процессов и аппаратов химической технологии	Подготовка выпускников к <i>проектно-конструкторской</i> деятельности в области химических технологий, конкурентоспособных на мировом рынке химических технологий .
Формирование творческого мышления, объединение фундаментальных знаний основных законов и методов расчёта химико-технологических процессов и проведения физико-химических исследований, с последующей обработкой и анализом результатов исследований	Подготовка выпускников к <i>научным исследованиям</i> для решения задач, связанных с разработкой инновационных методов создания химико-технологических процессов, веществ и материалов
Формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и	Подготовка выпускников к <i>самообучению</i> и непрерывному

экспериментальных исследований в области процессов и аппаратов химических технологий	профессиональному самосовершенствованию
--	---

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Дополнительные главы процессов и аппаратов» относится к базовой части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология», профиль «Технология и переработка полимеров», и предполагает получение студентами профессиональных знаний, умений и навыков в различных областях профессиональной деятельности. Она объединяет некоторые разделы процессов и аппаратов химической технологии, имеющие существенное значение для формирования естественно-научного мышления специалистов-химиков.

Данная учебная программа учитывает взаимосвязь и преемственность дисциплины с другими общетеоретическими и специальными дисциплинами. Предметы, которые изучаются на предыдущих курсах (бакалавриат) и на знание которых опирается дисциплина «Дополнительные главы процессов и аппаратов»: **процессы и аппараты химической технологии**, математика, информатика, физика, неорганическая химия, органическая и аналитическая химии, инженерная графика и начертательная геометрия.

При изучении указанных дисциплин (пререквизитов) формируются «входные» знания, умения, опыт и компетенции, необходимые для успешного освоения дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов».

**В результате освоения дисциплин (пререквизитов) студент должен:**

***Знать:***

- основные понятия и методы математического анализа, линейной алгебры, дискретной математики, теории дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики; основные математические методы решения профессиональных задач;

- понятие информации, общие характеристики процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации, принципы алгоритмизации и программирования, один из языков программирования, программное обеспечение и технологии программирования, информационные системы (ИС), алгоритмы информационных поисков, компьютерные сети, основные типы протоколов компьютерных сетей, глобальную сеть Internet и компьютерную графику;
- законы Ньютона и законы сохранения, элементы механики жидкостей и газов, основные законы термодинамики, статистические распределения, законы электростатики, волновые процессы, геометрическую и волновую оптику, основы квантовой механики, строение многоэлектронных атомов, строение ядра, классификацию элементарных частиц;
- основные особенности сырьевых ресурсов (вода, нефть, газ, торф, рудные и нерудные материалы, воздушная среда), основные способы их переработки и подготовки, влияние переработки на окружающую среду;
- периодическую систему элементов, электронное строение атомов и молекул, основы теории химической связи в соединениях разных типов, строение вещества в конденсированном состоянии, химические свойства элементов различных групп периодической системы и их важнейших соединений; растворы и их свойства; равновесие в растворах; окислительно-восстановительные реакции; скорость и порядок химических реакций;
- классификацию, строение и номенклатуру основных органических соединений, основные свойства основных классов органических соединений; определение равновесия и скорости химических реакций, основы катализа органических реакций;
- элементный, молекулярный и фазовый анализ, способы выражения концентраций и составов фаз, основные методы качественного и количественного анализов, принципы физико-химических методов анализа: оптические, электрохимические, хроматографический анализы;

- основы химической термодинамики: начала термодинамики, термодинамический потенциал и общие условия термодинамического равновесия, термодинамические свойства газов; основные законы межфазного равновесия бинарных систем, химическое равновесие;
- основы термодинамики поверхностных явлений: адсорбции, смачивания, капиллярных явлений, адгезии, когезии, свойства поверхностно-активных веществ; электрокинетические явления; классификацию дисперсных систем и их основные свойства, устойчивость дисперсность систем: седиментационная и агрегативная устойчивость, структурообразование в дисперсных системах, основные реологические свойства структурированных систем;
- глобальные проблемы экологии, промышленные выбросы в окружающую среду, твёрдые промышленные отходы; представления о предельно-допустимых концентрациях вредных веществ (ПДК и ПДС), основные принципы очистки промышленных газовых выбросов, очистки сточных вод, уничтожение токсичных отходов, системы экологического мониторинга;
- основы и задачи начертательной геометрии: плоские и пространственные координаты, задание точки, прямой линии и плоскости, построение различных проекций тел, сечений и разрезов; основные правила и требования единой системы конструкторской документации (ЕСКД): оформление чертежей деталей и сборочных единиц, основные надписи и обозначения; плоские и аксонометрические изображения; условные изображения соединений деталей: резьбовое соединение, соединение сваркой; требования к рабочим чертежам изделий, к сборочным чертежам и чертежам общего вида; основные правила составления гидравлических схем;
- определение сил и моментов сил относительно точек и осей; построение связей сил и их реакций; определять условия механического равновесия твёрдых тел; определение траекторий и уравнений движения материальной точки; определение момента инерции простейших тел и плоских тел; определение момента количества движения, закона сохранения энергии



(кинетической и потенциальной энергии); определение закона сохранения количества движения;

- основные прочностные характеристики твёрдых тел при растяжении и сжатии: закон Гука, основные виды деформаций и допустимые механические напряжения; основные методы расчёта на механическую прочность отдельных узлов и деталей машин: опор, корпусов аппаратов, нагруженных внутренним или внешним избыточным давлением;
- природу электрических полей и их основные свойства; переменные и постоянные поля, основные законы, описывающие свойства полей; устройство и принципы работы синхронных и асинхронных электрических двигателей; электрические измерения и приборы;
- строение металлов, формирование структуры металлов и сплавов при кристаллизации; определение пластической деформации и основные механические свойства металлов и сплавов; типы конструкционных металлов и сплавов, используемых в химическом машиностроении; классификацию коррозионных процессов, химическую и электрохимическую коррозию и основные способы её предотвращения;
- основы и задачи метрологии; основные понятия, связанные с объектами измерений различных параметров; основные понятия, связанные со средствами измерений; определение понятия погрешности измерений и основные источники погрешностей; определение многократного измерения и основные алгоритмы обработки многократных измерений; основные положения закона РФ об обеспечении единства измерений;
- основные физические величины и их производные; внесистемные единицы измерений физических величин; основные системы единиц измерений физических величин и систему измерений СИ; основные правила использования системы СИ на территории РФ;

***Уметь:***

- проводить анализ функций, решать основные задачи теории вероятности и математической статистики, решать уравнения и системы дифференциальных

уравнений применительно к реальным процессам; применять математические методы при решении типовых профессиональных задач;

- работать в качестве пользователя персонального компьютера; пользоваться различными операционными системами; использовать на практике различные внешние носители для обмена данными между компьютерами; использовать основные численные методы решения математических задач; использовать некоторые наиболее часто применяемые языки программирования; работать с программными средствами расчётов общего назначения; использовать и применять на практике наиболее известные операционные системы для оформления и редактирования текстовых документов; использовать различные графические редакторы для построения графиков, изображений и чертежей;

- решать типовые задачи, связанные с основными разделами химической технологии, использовать физические и химические законы при анализе и решении вопросов, связанных с профессиональной деятельностью;

- выполнять основные химические операции, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ, использовать основные химические законы, термодинамические справочные данные и количественные соотношения неорганической химии при решении профессиональных задач;

- выбрать метод решения аналитической задачи качественного и количественного анализа различных химических соединений и механических смесей;

***Владеть:***

- методами проведения физических измерений, методами корректной оценки погрешностей при проведении физического эксперимента;

- теоретическими методами описания свойств простых и сложных веществ на основе электронного строения их атомов и положения в периодической системе химических элементов, экспериментальными методами определения физико-химических свойств неорганических соединений;

- навыками проведения самостоятельных расчётов и проектирования различных механических устройств и изделий.

В результате освоения дисциплин (**пререквизитов**) обучаемый должен обладать определёнными компетенциями. В частности, обучаемый должен обладать:

- культурой мышления, способностью к обобщению, анализу и восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;
- умением логически верно, аргументировано, кратко и ясно строить устную и письменную речь, способностью логически правильно оформить результаты мышления;
- использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных, естественнонаучных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач;
- работать с информацией в глобальных компьютерных сетях;
- понимать роль охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов для развития и сохранения цивилизации;
- владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного;
- использовать знания о современной физической картине мира, пространственно временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы;
- способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в своей профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире;

- понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества;
- основными методами сбора и получения, хранения и переработки информации, иметь определённые профессиональные навыки работы с персональным компьютером;
- использовать необходимые нормативные документы по качеству стандартизации и сертификации в своей профессиональной деятельности

### 3. Требования к результатам освоения дисциплины.

В процессе освоения дисциплины у студентов развиваются следующие компетенции: ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2.

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

ОПК-4.1 – Способен находить оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости

ОПК-4.2 – Владеет способами нахождения оптимальных решений при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты

№ п/п	Код компе т- енции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:		
			Знать	Уметь	Владеть
1	2	3	4	5	6
1	ОПК-4	Готовность к использованию основных физико-химических, математических и иных естественно-научных понятий и методов при решении	Основные компьютерные базы данных о строении и свойствах органических соединений, включая химические	Пользоваться правилами построения химических формул, графиков, таблиц с использованием соответствующих компьютерных	Использовать компьютерные программы для построения химических и стереохимических формул органических

		профессиональных задач.	графические и 3D компьютерные программы	программ, в том числе для создания компьютерных презентаций.	соединений и других видов иллюстративного материала.
2	ОПК-4.1	способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов соответствии с направлением профилем подготовки	Устройство аппаратуры для проведения гидродинамических . тепловых и массообменных процессов	Работать на современном оборудовании и приборами, связанными с направлением профилем подготовки	Владеть знаниями проведения процессов экстракции, адсорбции, сушки, кристаллизации, а также криотехнологии
3	ОПК-4.2	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Основные принципы теории подобия, способы математического моделирования для расчета аппаратуры в промышленных технологических процессах	Рассчитать основные характеристики промышленных аппаратов для проведения процессов экстракции, адсорбции, сушки, кристаллизации, а также криотехнологии.	Использовать принципы теории подобия и компьютерные программы для расчетов промышленных технологических процессов

В результате освоения дисциплины студент должен:

***Знать:***

- основы теории переноса импульса, тепла и массы;
- основные принципы математического описания процессов и аппаратов химических технологий, основные принципы и методы моделирования химико-технологических процессов, включая математическое и физическое моделирование, в том числе основы теории обобщённых переменных;
- основные физико-химические и термодинамические свойства жидкостей, газов, твёрдых тел, основные методы их определения и расчёта;
- термодинамические основы процессов сжатия газов, назначение процессов сжатия, принципиальные устройства и принципы работы компрессоров;
- основы теории процессов тепло- и массопереноса;

- принципы составления тепловых балансов, методики расчёта статики и кинетики процессов тепло- и массопереноса, включая расчёты движущих сил и скорости протекания процессов;
- основы теории процессов массопереноса в системах со свободной и неподвижной поверхностью контакта фаз, включая процессы массопереноса молекулярной и конвективной диффузией;
- основные задачи статики массообменных процессов, включая принципы составления материальных балансов, основные законы и расчёт межфазного термодинамического равновесия, движущих сил процессов;
- основные задачи и методы расчёта кинетики процессов массопереноса, включая расчёты основных кинетических показателей процессов;
- принципиальное устройство массообменных аппаратов, основные методы и принципы их проектного расчёта; применение методов подобия при решении практических задач массообменных процессов;
- основные методы расчёта диаметра и высоты колонных массообменных аппаратов;
- основные способы оптимизации и пути повышения эффективности массообменных процессов;

***Уметь:***

- определять и рассчитывать основные физико-химические и термодинамические свойства жидкостей и газов;
- определять и рассчитывать гидродинамические характеристики движения жидкостей и газов; тепловые и массообменные процессы
- рассчитывать гидравлические сопротивления простейших трубопроводных гидравлических систем и основных химико-технологических аппаратов, осуществлять подбор насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов;
- проводить экономический анализ химико-технологических систем;

- проводить расчёты основных характеристик различных тепло- и массообменных процессов, включая тепловые нагрузки тепло- и массообменных аппаратов, движущие силы процессов, коэффициентов тепло- и массоотдачи и тепло- и массопередачи;
- проводить тепловой и конструктивный расчёты химической аппаратуры различного назначения, проводить их поверочные расчёты;
- подбирать нормализованные варианты конструкций тепло- и массообменных аппаратов для решения практических задач;
- выполнять технологические расчёты с подбором нормализованных конструкций контактных устройств для проведения наиболее распространённых массообменных процессов, таких, как абсорбция и десорбция, перегонка и ректификация,
- применять вычислительную технику для выполнения проектных задач, связанных с проектированием аппаратов для проведения химико-технологических процессов тепло- и массопереноса.

***Владеть:***

- навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности, включая сосуды и аппараты для хранения жидкостей и газов, трубопроводные гидравлические системы с подбором насосов и вентиляторов, а также гидромеханическое оборудование для разделения неоднородных систем;
- навыками проектирования теплообменного оборудования и аппаратов для проведения массообменных процессов;
- методами оптимизации режимно-технологических параметров проведения типовых химико-технологических процессов и работы химического оборудования.

#### **4. Содержание и структура дисциплины**

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

В таблице 1 приводится описание содержания дисциплины, структурированное по разделам, с указанием по каждому разделу формы текущего контроля: домашнее задание (ДЗ), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 ч.).

**Таблица 1.** Содержание дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии», перечень оценочных средств и контролируемых компетенций

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции	Форма текущего контроля
1	Основные закономерности массообменных процессов	Характеристика процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Рабочие линии. Молекулярная диффузия и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизмы процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи. Подобное преобразование дифференциальных уравнений массопереноса. Критерии подобия диффузионных процессов. Обобщенное (критериальное) уравнение.	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
2.	Экстракция	Экстрагирование. Схемы и аппараты экстракционных установок. Расчет процесса экстрагирования твердых тел. Экстрагирование жидкостей. Фазовое равновесие. Статика экстрагирования. Треугольные и прямоугольные диаграммы. Аппаратура экстракционных установок.	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
3.	Адсорбция	Адсорбция. Статическая и динамическая активность адсорбентов. Изотерма адсорбции. Изотерма адсорбции. Массопередача при адсорбции. Схема и аппаратура	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК



		адсорбционных процессов. Расчет адсорберов периодического действия.		
4.	Сушка	Сушка. Статика сушки. Абсолютная и относительная влажность газа. Диаграмма I-x состояния влажного воздуха. Материальный и тепловой баланс воздушной сушки. Определение удельного расхода воздуха и тепла по диаграмме I-x. Варианты процесса сушки. Сушка. Кинетика сушки. Скорость сушки при постоянном и переменном влагосодержании сушильного агента. Конструкции сушилок	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
5.	Криотехнология	Основы криохимии. Получение искусственного холода. Физические основы получения низких температур. S-T диаграммы. Рабочие вещества холодильных машин и хладоносители. Схемы холодильных машин. Абсорбционные холодильные машины. Экстракция в сжиженном CO <sub>2</sub>	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
6.	Ионный обмен	Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
7.	Кристаллизация	Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации.	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК
8.	Мембранные методы разделения	Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.). Практическое применение мембранных процессов разделения в современной химической технологии	ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2	ДЗ, К, РК

**Структура дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»**  
**Общая трудоёмкость 5 з.е. (180 час)**

**Таблица 2.**

Вид работы	Семестр 2	всего
<b>Общая трудоемкость в з.е.</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Общая трудоемкость в ч.</b>	<b>180</b>	<b>180</b>
<b>Контактная работа:</b>	<b>68</b>	<b>68</b>
<i>Лекции (Л)</i>	16	16
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	32	32
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	-	-
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>85</b>	<b>85</b>
Повторение основных закономерностей диффузионных процессов	5	5
Подготовка к лекциям, коллоквиумам и практическим занятиям (проработка учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе)	53	53
Решение задач и упражнений по темам лекции	11	11
Ионный обмен	4	4
Аппаратура для проведения процесса ректификации	4	4
Аппаратура для проведения процесса экстракции	4	4
Аппаратура для проведения процесса сушки	4	4
<b>Подготовка и сдача экзамена</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Вид итогового контроля (зачет, экзамен)</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

#### 4. 1 Лекционные занятия

**Таблица 3.**

№ п/п	Тема
----------	------

1.	<p><b>Цель и задачи изучения темы: Основные закономерности массообменных процессов.</b> Характеристика процессов массопередачи. Способы выражения состава фаз. Фазовое равновесие. Материальный баланс процессов массопередачи. Рабочие линии. Молекулярная диффузия и конвективный перенос. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии. Механизмы процессов массопереноса. Уравнение массоотдачи. Подобное преобразование дифференциальных уравнений массопереноса. Критерии подобия диффузионных процессов. Обобщенное (критериальное) уравнение</p> <p><b>Жидкостная экстракция.</b> Краткие сведения и общая характеристика процессов экстракции в системах жидкость-жидкость. Равновесие в системах жидкость-жидкость, изотермы экстракции и треугольные диаграммы. Материальный баланс процесса жидкостной экстракции и основные кинетические закономерности процесса. Способы проведения экстракции и основные типы экстракционных аппаратов. Принципы технологического расчёта экстракторов.</p>
2.	<p><b>Цель и задачи изучения темы: Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация.</b> Общие сведения о процессах с участием твёрдой фазы: основные закономерности процессов массопереноса в твёрдой и внешней фазах, уравнения диффузии и массоотдачи. Уравнение массопроводности.</p> <p><b>Адсорбция.</b> Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции.</p> <p>Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдоожиженным слоем адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса.</p> <p><b>Ионный обмен.</b> Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.</p>
3.	<p><b>Цель и задачи изучения темы: Растворение в системе жидкость - твёрдое.</b> Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основной закон кинетики растворения Щукарёва, скорость и время полного растворения, материальный баланс процесса. Процессы экстрагирования из твёрдого тела: структура твёрдых тел и механизм процессов избирательного растворения, кинетика процессов экстрагирования, внутри- и внешнедиффузионные режимы</p>

	экстрагирования. Основные способы и аппаратное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др.
4.	<b>Цель и задачи изучения темы: Кристаллизация.</b> Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации.
5.	<b>Цель и задачи изучения темы: Сушка.</b> Определение процесса сушки, общая характеристика процесса и области применения. Методы сушки. Основные задачи статики и кинетики процесса. Динамика и технология процесса сушки влажных материалов. Классификация процессов сушки. Способы сушки влажных материалов: конвективная сушка, сублимационная сушка, радиационная сушка, сушка токами высокой частоты, сушка со спутником, комбинированные способы. Статика процессов сушки. Основные характеристики влажных материалов как объектов процесса высушивания: Классификация влажных материалов, формы связи влаги с твёрдым материалом, основные виды влаги. Равновесие фаз при сушке. Движущие силы процессов переноса влаги во внутри-диффузионной и во внешне-диффузионной областях процесса сушки влажных материалов. Основные теплофизические свойства влажного воздуха, диаграмма состояния влажного воздуха Рамзина и её использование в практических расчётах. Материальный и тепловой баланс процесса конвективной сушки. Идеальная и реальная конвективная сушилка. Основные способы конвективного процесса сушки и расчёт процессов сушки по диаграмме Рамзина: простая сушка, сушка с промежуточным подогревом воздуха по зонам, сушка с частичной рециркуляцией отработанного воздуха.
6.	<b>Цель и задачи изучения темы: Сушка.</b> Основные кинетические закономерности процесса сушки: кривые сушки и кривые скорости процесса, уравнение массопереноса при сушке, продолжительность процесса. Основные вопросы технологии процессов сушки, качество высушенных материалов. Основные конструкции и принципы работы конвективных сушильных аппаратов и основные экономические показатели их эксплуатации: сушилки с неподвижным или движущимся плотным слоем материала, сушилки с перемешиванием материала, сушилки с кипящим слоем, распылительные сушилки и другие типы сушилок. Методы повышения эффективности процессов сушки.

7.	<p><b>Цель и задачи изучения темы: Мембранные процессы разделения.</b> Физико-химические основы процессов массопереноса через полупроницаемые перегородки. Классификация мембранных процессов (обратный осмос, ультрафильтрация, диализ, электродиализ и др.). Практическое применение мембранных процессов разделения в современной химической технологии. Типы мембран и их основные характеристики. Общая характеристика аппаратного оформления мембранных процессов разделения: аппараты с плоскими мембранами, аппараты с трубчатыми мембранами, аппараты с рулонными мембранами и др.</p> <p>Основы технологического расчёта мембранных процессов разделения смесей: материальный баланс, расчёт поверхности мембраны, расчёт концентрационной поляризации. Экономические показатели мембранных процессов.</p>
8.	<p><b>Цель и задачи изучения темы: Криотехнология.</b> Основы криохимии. Получение искусственного холода. Физические основы получения низких температур. S-T диаграммы. Рабочие вещества холодильных машин и хладоносители. Схемы холодильных машин. Абсорбционные холодильные машины. Экстракция в сжиженном CO<sub>2</sub></p>

#### 4.2 Практические (семинарские) занятия

Таблица 4.

№ занятия	№ темы	Тема занятия	Кол-во часов
1	Перегонка и ректификация	Глава 7 №№ 7.6 – 7.14	6
2	Экстракция	Глава 8 №№ 8.1 – 8.8.	6
2	Адсорбция	Глава 9 №№ 9.1 – 9.9	6
4	Сушка	Глава 10 №№ 10.1 -.10.15	6
5.	Криопроцессы	Глава 11 №№ 11.1 –11.18	8

Решение задач Павлов К.Ф., Носков А.А., Романков П.Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии

#### 4.3. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

Таблица 4.

№ раздел а	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	Кол-во часов
1	Повторение основных закономерностей диффузионных процессов	5
1-8	Подготовка к лекциям, коллоквиумам и практическим занятиям (проработка учебного материала по конспектам лекций и учебной литературе)	53
	Решение задач и упражнений по темам лекции	11
	Ионный обмен	4
	Аппаратура для проведения процесса ректификации	4
	Аппаратура для проведения процесса экстракции	4
	Аппаратура для проведения процесса сушки	4

На самостоятельную работу студентов по учебному плану отводится 85 часов.

## **5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Формы контроля по дисциплине "Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии" определяются в соответствии с учебным планом образовательной программы и в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов КБГУ: коллоквиум, зачет.

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются **текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация.**

**5.1. Оценочные материалы для текущего контроля.** Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля

являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

**Текущий контроль** успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии, самостоятельное выполнение индивидуальных домашних заданий (например, решение задач) с отчетом (защитой) в установленный срок.

Результаты работы студента контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента. При этом проводятся: экспресс-опрос на семинарских занятиях, проверка письменных работ

#### **5.1.1. Вопросы по темам дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов»**

1. Характеристика процессов массопередачи. Абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, сушка.
2. Движущая сила процесса массопередачи. Средняя движущая сила.
3. Массопередача. Молекулярная диффузия и конвективный перенос.
4. Способы выражения состава фаз. Зависимости  $t - x, y$ ;  $y - x$ ;  $P - x, y$ . Фазовое равновесие.
5. Материальные балансы процессов массопередачи. Рабочие линии
6. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила процесса.
7. Подобное преобразование дифференциальных уравнений конвективной диффузии и Ньютона, Критерии подобия процессов массопередачи.
8. Уравнение аддитивности фазового сопротивления.
9. Критерии подобия процессов массопередачи. Обобщенное (критериальное) уравнение диффузионных процессов.
10. Число единиц переноса. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа единиц переноса.
11. Теоретическая тарелка. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа теоретических тарелок.

12. Экстракция. Определение. Целесообразность использования. Материальный баланс (общий и по экстрагируемому веществу)
13. Экстракция. Особенности треугольной диаграммы.
14. Экстракция. Прямоугольные диаграммы. Схема прямоточной жидкостной экстракции и число теоретических ступеней экстрагирования.
15. Непрерывные адсорбционные процессы. Аппаратура для их проведения
16. Адсорбция. Изотермы адсорбции.
17. Адсорбция. Адсорбенты. Физические основы процесса
18. Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.
19. Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основной закон кинетики растворения Щукарёва, скорость и время полного растворения, материальный баланс процесса.
20. Процессы экстрагирования из твёрдого тела: структура твёрдых тел и механизм процессов избирательного растворения, кинетика процессов экстрагирования, внутри- и внешнедиффузионные режимы экстрагирования.
21. Основные способы и аппаратное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др.
22. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации.
23. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации.
24. Контактная сушка. Материальный и тепловой баланс.
25. Конвективная сушка с частичным возвратом отработанного воздуха



26. Конвективная сушка при наличии в сушильной камере дополнительного калорифера.
27. Основной вариант сушильного процесса при конвективной сушке.
28. Тепловой баланс воздушной сушилки.
29. Материальный баланс конвективной сушки.
30. Сушка. Смешение воздуха различных параметров. Баланс влаги
31. Влажный цикл холодильной машины на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
32. Сухой цикл холодильной машины без переохлаждения на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
33. Сухой цикл холодильной машины с переохлаждением жидкого хладагента на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
34. Холодильный цикл Карно для идеального газа на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
35. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Простой регенеративный цикл на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла.
36. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Цикл с предварительным аммиачным охлаждением на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла
37. Цикл среднего давления Клода с отдачей внешней работы в детандере на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла

### **Критерии формирования оценок устного опроса**

Устный опрос является одним из основных способов учета знаний обучающегося по дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии», развернутый ответ студента должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на данную тему, показывать его умение применять определения.

В результате устного опроса знания обучающегося оцениваются по следующей шкале:

**8 баллов** (за одну контрольную точку) ставится, если обучающийся:

- полно излагает изученный материал, дает правильное определение понятиям курса
- излагает материал последовательно и правильно
- обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры

**7 баллов** ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла 8, но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочета в последовательности изложения

**5 баллов** ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий
- не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести примеры
- излагает материал непоследовательно

**0 баллов** ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировках

**5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося, контролируемые компетенциями ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2 ( типовые задачи, см. раздел 4.2.).**

#### ***Методические рекомендации по решению задач***

После ознакомления с темой лекции, студент решает примеры и задачи, закрепляя свои знания по теме. Для успешного закрепления материала студент должен научиться пользоваться сборником примеров и задач [3], в котором имеются:

- основные формулы для расчетов,
- номограммы и диаграммы, значительно облегчающие расчеты по сложным формулам,
- таблицы с необходимыми для расчетов свойствами химических соединений в газовой, жидкой и твердой форме,

- основные параметры различных аппаратов, применяемых в химической технологии.

В зависимости от раздела дисциплины и подготовленности студентов можно использовать два пути:

- давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
- - выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставять по каждому занятию оценку.

***Критерии формирования оценок по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задачи):***

***«отлично»*** (6 баллов) - обучающийся показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, избегая простого повторения информации из текста, информация представлена в переработанном виде. Свободно использует необходимые формулы при решении задач;

***«хорошо»*** (5 баллов) - обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;

***«удовлетворительно»*** (3 балла) - обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности при решении задач;

***«неудовлетворительно»*** (менее 2 баллов) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач

**5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля.**

*Рубежный контроль* осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения

материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится *три таких контрольных мероприятия по графику*.

В качестве форм рубежного контроля можно использовать проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

**Формы и содержание рубежного контроля:** коллоквиумы.

В семестре проводятся 3 коллоквиума, которые оцениваются по 8 баллов каждый.

**Вопросы к коллоквиумам по курсу «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»**

#### **Первый коллоквиум**

1. Характеристика процессов массопередачи. Абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, сушка.
2. Движущая сила процесса массопередачи. Средняя движущая сила.
3. Массопередача. Молекулярная диффузия и конвективный перенос.
4. Способы выражения состава фаз. Зависимости  $t - x, y$ ;  $y - x$ ;  $P - x, y$ . Фазовое равновесие.
5. Материальные балансы процессов массопередачи. Рабочие линии
6. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила процесса.
7. Подобное преобразование дифференциальных уравнений конвективной диффузии и Ньютона, Критерии подобия процессов массопередачи.
8. Уравнение аддитивности фазового сопротивления.
9. Критерии подобия процессов массопередачи. Обобщенное (критериальное) уравнение диффузионных процессов.
10. Число единиц переноса. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа единиц переноса.

11. Теоретическая тарелка. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа теоретических тарелок.
12. Экстракция. Определение. Целесообразность использования. Материальный баланс (общий и по экстрагируемому веществу)
13. Экстракция. Особенности треугольной диаграммы.
14. Экстракция. Прямоугольные диаграммы. Схема прямоточной жидкостной экстракции и число теоретических ступеней экстрагирования.

### **Второй коллоквиум**

1. Непрерывные адсорбционные процессы. Аппаратура для их проведения
2. Адсорбция. Изотермы адсорбции.
3. Адсорбция. Адсорбенты. Физические основы процесса
5. Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.
6. Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основной закон кинетики растворения Щукарёва, скорость и время полного растворения, материальный баланс процесса.
7. Процессы экстрагирования из твёрдого тела: структура твёрдых тел и механизм процессов избирательного растворения, кинетика процессов экстрагирования, внутри- и внешнEDIффузионные режимы экстрагирования.
8. Основные способы и аппаратное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др.
9. Определение процесса кристаллизации и практическое применение процессов. Термодинамика равновесия при кристаллизации в жидких растворах и диаграммы равновесия между фазами: пар-жидкость-твёрдое тело. Материальный и тепловой балансы процесса кристаллизации.
10. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации

### Третий коллоквиум

1. Контактная сушка. Материальный и тепловой баланс.
2. Конвективная сушка с частичным возвратом отработанного воздуха
3. Конвективная сушка при наличии в сушильной камере дополнительного калорифера.
4. Основной вариант сушильного процесса при конвективной сушке.
5. Тепловой баланс воздушной сушилки.
6. Материальный баланс конвективной сушилки.
7. Сушка. Смешение воздуха различных параметров. Баланс влаги
8. Влажный цикл холодильной машины на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
9. Сухой цикл холодильной машины без переохлаждения на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
10. Сухой цикл холодильной машины с переохлаждением жидкого хладагента на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
11. Холодильный цикл Карно для идеального газа на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
12. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Простой регенеративный цикл на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла.
13. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Цикл с предварительным аммиачным охлаждением на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла
14. Цикл среднего давления Клода с отдачей внешней работы в детандере на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла

#### ***Критерии формирования оценок по контрольным точкам (коллоквиумы)***

(8 баллов) - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

(7 баллов) – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

(6 баллов) – ставится за работу, если магистр правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

(менее 4 баллов) – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50 % задач.

#### **Вопросы к экзамену по курсу «Дополнительные главы процессов и аппаратов химической технологии»**

1. Характеристика процессов массопередачи. Абсорбция, адсорбция, перегонка и ректификация, экстракция, сушка.
2. Движущая сила процесса массопередачи. Средняя движущая сила.
3. Массопередача. Молекулярная диффузия и конвективный перенос.
4. Способы выражения состава фаз. Зависимости  $t - x, y$ ;  $y - x$ ;  $P - x, y$ . Фазовое равновесие.
5. Материальные балансы процессов массопередачи. Рабочие линии
6. Основное уравнение массопередачи. Средняя движущая сила процесса.
7. Подобное преобразование дифференциальных уравнений конвективной диффузии и Ньютона, Критерии подобия процессов массопередачи.
8. Уравнение аддитивности фазового сопротивления.
9. Критерии подобия процессов массопередачи. Обобщенное (критериальное) уравнение диффузионных процессов.
10. Число единиц переноса. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа единиц переноса.

11. Теоретическая тарелка. Расчет размеров массообменных аппаратов - диаметра и высоты с учетом числа теоретических тарелок.
12. Экстракция. Определение. Целесообразность использования. Материальный баланс (общий и по экстрагируемому веществу)
13. Экстракция. Особенности треугольной диаграммы.
14. Экстракция. Прямоугольные диаграммы. Схема прямоточной жидкостной экстракции и число теоретических ступеней экстрагирования.
15. Холодильный цикл Карно для идеального газа на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
16. Влажный цикл холодильной машины на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
17. Сухой цикл холодильной машины без переохлаждения на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
18. Сухой цикл холодильной машины с переохлаждением жидкого хладагента на  $T - S$  диаграмме. Холодильный коэффициент.
19. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Простой регенеративный цикл на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла.
20. Ожижение воздуха с расширением без отдачи внешней работы – дросселированием (цикл Линде). Цикл с предварительным аммиачным охлаждением на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла
21. Цикл среднего давления Клода с отдачей внешней работы в детандере на диаграмме  $T - S$ . Удельная холодопроизводительность цикла
22. Контактная сушка. Материальный и тепловой баланс.
23. Конвективная сушка с частичным возвратом отработанного воздуха
24. Конвективная сушка при наличии в сушильной камере дополнительного калорифера.
25. Основной вариант сушильного процесса при конвективной сушке.
26. Тепловой баланс воздушной сушилки.
27. Материальный баланс конвективной сушки.



28. Сушка. Смешение воздуха различных параметров. Баланс влаги.
29. Непрерывные адсорбционные процессы. Аппаратура для их проведения
30. Адсорбция. Изотермы адсорбции.
31. Адсорбция. Адсорбенты. Физические основы процесса.

**Задачи к экзамену:**

1. Определить количество загружаемого активного угля при поглощении 100 кг паров бензола из смеси с воздухом при условии, что активность угля по бензолу 7%.
2. Определить диаметр адсорбера при поглощении 100 кг паров бензола из смеси с воздухом при следующих условиях: активность угля по бензолу 7%, насыпная плотность угля  $\rho_{\text{нас}} = 350 \text{ кг/м}^3$ , высота слоя угля в адсорбере  $H = 0,8 \text{ м}$
3. Определить продолжительность периода поглощения 100 кг паров бензола из смеси с воздухом при следующих условиях: начальная концентрация паров бензола  $C_0 = 0,015 \text{ кг/м}^3$ , скорость 20 м/мин, диаметр адсорбера 2,55 м
4. Определить коэффициент защитного действия слоя  $K$  при поглощении паров адсорбируемого вещества ( $C_0 = 10 \text{ г/м}^3$ ) слоем активного угля. Площадь поперечного сечения  $S = 0,02 \text{ м}^2$ , объемная скорость  $V = 0,04 \text{ м}^3/\text{мин}$ . Активность угля  $a_0 = 250 \text{ кг/м}^3$ .
5. По опытным данным, продолжительность поглощения паров адсорбируемого вещества ( $C_0 = 10 \text{ г/м}^3$ ) слоем активного угля высотой  $H = 0,1 \text{ м}$  и площадью поперечного сечения  $S = 0,02 \text{ м}^2$  при объемной скорости  $V = 0,04 \text{ м}^3/\text{мин}$  составляет  $\tau = 350 \text{ мин}$ . Активность угля  $a_0 = 250 \text{ кг/м}^3$ . Определить потерю времени защитного действия  $\tau_0$ .
6. Определить по  $I - x$  диаграмме Рамзина энтальпию, влагосодержание, температуру мокрого термометра и точку росы для воздуха при  $70^\circ\text{C}$  и  $\phi = 0,3$
7. Определить по  $I - x$  диаграмме Рамзина парциальное давление водяного пара в паровоздушной смеси при  $70^\circ\text{C}$  и  $I = 250 \text{ кДж/кг}$  сухого воздуха
8. Определить по  $I - x$  диаграмме Рамзина энтальпию и влагосодержание воздуха на выходе из калорифера. Воздух с температурой  $20^\circ\text{C}$  и  $\phi = 0,5$  нагревается в калорифере до  $90^\circ\text{C}$ .
9. Определить расход сухого воздуха и теплоты в теоретической сушилке для удаления из влажного материала 150 кг час влаги, если начальное состояние воздуха (до калорифера)  $t_0 = 20^\circ\text{C}$ ;  $\phi_0 = 0,7$ , а на выходе из сушилки  $t_2 = 40^\circ\text{C}$ ;  $\phi_2 = 0,5$
10. Материал высушивается в противоточной сушилке непрерывного действия от 50% до 5% влаги, считая на общую массу. Производительность сушилки по конечному влажному материалу 2500 кг/час. Определить производительность сушилки по исходному материалу.
11. Во сколько раз больше придется удалить влаги из 2 кг влажного материала при высушивании его от 50% до 25%, чем при высушивании от 2% до 1%. Проценты массовые.

12. По  $I - x$  диаграмме Рамзина найти влагосодержание и относительную влажность паровоздушной смеси, если известно, что парциальное давление водяного пара в смеси  $0,1 \text{ кг/см}^2$

13. Вычислить холодильный коэффициент и мощность, потребляемую холодильной установкой, работающую по циклу Карно, если ее холодопроизводительность  $6400 \text{ Вт}$  при температуре испарения  $-10^\circ\text{C}$ . Температура конденсации  $25^\circ\text{C}$ .

14. Вычислить холодильный коэффициент углекислотной холодильной установки (цикл Карно), работающей при температуре испарения  $-20^\circ\text{C}$  и температуре конденсации  $30^\circ\text{C}$ .

15. Вычислить холодильный коэффициент углекислотной холодильной установки (реальный влажный цикл), работающей при температуре испарения  $-20^\circ\text{C}$  и температуре конденсации  $30^\circ\text{C}$ .

16. Вычислить холодильный коэффициент углекислотной холодильной установки (сухой цикл без переохлаждения жидкого аммиака), работающей при температуре испарения  $-20^\circ\text{C}$  и температуре конденсации  $30^\circ\text{C}$ .

17. Вычислить холодильный коэффициент углекислотной холодильной установки (сухой цикл с переохлаждением жидкого аммиака до  $25^\circ\text{C}$  после конденсации), работающей при температуре испарения  $-20^\circ\text{C}$  и температуре конденсации  $30^\circ\text{C}$ .

### Критерии оценивания результатов экзамена

Оценка			
неудовлетворительно 2 балла	удовлетворительно 4 балла	хорошо 6 баллов	отлично 8 баллов
Студент не знает значительной части вопросов, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы.	Студент поверхностно знает вопросы коллоквиума, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

### 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Максимальная сумма ( $100$  баллов), набираемая студентом по дисциплине, включает две составляющие:

*первая составляющая* – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

*вторая составляющая* – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 23-24 баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Дополнительные главы процессов и аппаратов» во 2 семестре является экзамен.

**Таблица 7. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке**

№ п/п	Код компе т- енции	Содержание компетенци и (или ее части)	В результате изучения дисциплины обучающиеся должны:			
			Знать	Уметь	Владеть	Оценочн ые средства
1	2	3	4	5	6	7
1	ОПК -4	Готовность к использованию основных физико-химических, математических и иных естественно-научных понятий и методов при решении профессиональных задач.	Основные компьютерные базы данных о строении и свойствах органических соединений, включая химические графические и 3D компьютерные программы	Пользоваться правилами построения химических формул, графиков, таблиц с использованием соответствующих компьютерных программ, в том числе для создания компьютерных презентаций.	Использовать компьютерные программы для построения химических и стереохимических формул органических соединений и других видов иллюстративного материала.	- типовые оценочные материалы для устного опроса - типовые оценочные материалы к экзамену
2	ОПК -4.1,	способность к профессиональной	Устройство аппаратуры для проведения гидродинамиче	Работать на современном оборудовании и с приборами,	Владеть знаниями проведения процессов экстракции, адсорбции, сушки,	контроль ные вопросы, ситуацио

		эксплуатации и современное оборудование и приборов в соответствии с направлением и профилем подготовки	ских. тепловых и массообменных процессов	связанными с направлением и профилем подготовки	с кристаллизации, а также криотехнологии	нные задачи
	ОПК -4.2	готовность к использованию методов математического моделирования материалов и технологических процессов, к теоретическому анализу и экспериментальной проверке теоретических гипотез	Основные принципы теории подобия, способы математического моделирования для расчета аппаратуры в промышленных технологических процессах	Рассчитать основные характеристики промышленных аппаратов для проведения процессов экстракции, адсорбции, сушки, кристаллизации, а также криотехнологии.	Использовать принципы теории подобия и компьютерные программы для расчетов промышленных технологических процессов	контроль ные вопросы, ситуационные задачи

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1. Основная литература

1. Распечатки конспектов лекций
2. В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. / М.: Логос; Высш. шк., 2003. Кн.1. 912 с.: ил.
3. В.Г. Айнштейн, М.К. Захаров, Г.А. Носов и др.; Под ред. В.Г. Айнштейна. Общий курс процессов и аппаратов химической технологии: Учебник: В 2 кн. / М.: Логос; Высш. шк., 2002. Кн.2. 872 с.: ил.

4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учеб. пособие для вузов. – Изд. 12-е стер./ перепеч. с изд. 1987. – М.: ООО ТИД «Альянс», 2005. – 575 с.
5. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии – М: Альянс, 2004 – 753 с. [www. bookfi.net/book/534959](http://www.bookfi.net/book/534959)

#### *Дополнительная литература*

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Т.1, 2. М: Химия, 1991

#### **Интернет-ресурсы периодических изданий**

№ п/п	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
3.	<a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a>	<b>BLECKWELL</b> (300 наименований научных журналов)	Свободный доступ обучающихся
4.	<a href="http://www.education.com/reference/article/academic-press/">http://www.education.com/reference/article/academic-press/</a>	<b>Academic Press</b> (173 наименования)	Свободный доступ обучающихся
6	<a href="http://inostranka-lib.livejournal.com/45878.html">http://inostranka-lib.livejournal.com/45878.html</a>	<b>К ресурсам Кембриджского университета</b> (76 полнотекстовых научных журналов по широкому спектру дисциплин)	Свободный доступ обучающихся
7	<a href="http://service.dvfu.ru/service">http://service.dvfu.ru/service</a>	К базе данных <b>EBSK Ohost</b>	Свободный доступ обучающихся

#### **Программное обеспечение**

СИСТЕМНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Windows XP

ПРИКЛАДНЫЕ ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА: Microsoft Office 2007 Pro

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ: СДО Moodle, SunRAV BookOffice Pro, SunRAV TestOfficePro, MathConnex

#### **Перечень договоров с электронно-библиотечными системами**

Учебный год	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
<b>2018/2019</b>	ФГБУ «Российская государственная библиотека» (РГБ)	от 04.07.18

	Договор №095/04/0104 от 04.07.18	
2018/2019	Sciverse Scopus издательства «Эльзевир. Наука и технологии» Реферативная и аналитическая база данных Договор № б/н от 16.02.18г.	от 16.02.18г.
2018/2019	НЭБ РФФИ на безвозмездной основе	Бессрочно
2018/2019	База данных Science Index (РИНЦ) Национальная информационно-аналитическая система ООО «НЭБ» Договор № SIO-741/2018 от 05.03.2017	от 05.03.2017
2018/2019	ЭБС «Консультант студента» Учебники, учебные пособия, по всем областям знаний для ВО и СПО, а также монографии и научная периодика ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №122СЛ/09-2018 от 17.09.2018г.	от 17.09.2018г.
2018/2019	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) Лицензионный договор №3514/18 от 20.03.2018г.	от 20.03.2018г.
2018/2019	ООО «Полпред справочники» на безвозмездной основе	Бессрочно
2018/2019	Международная система библиографических ссылок Crossref Цифровая идентификация объектов (DOI) НП «НЭИКОН» Договор №CRNA-714-18 от 07.03.2018г.	от 07.03.2018г.
2018/2019	Справочно-информационные системы «Консультант Плюс», «Гарант»	Бессрочно

При проведении занятий лекционного типа, семинарских занятий используется:

***лицензионное программное обеспечение:***

- Продукты Microsoft (Desktop EducationALNG LicSaPk OLVS Academic Edition Enterprise) подписка (Open Value Subscription) № V 2123829;
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security Стандартный Russian Edition № лицензии17E0-180427-050836-287-197;
- AltLinux (Альт Образование 8) № AAA.0252.00;

***свободно распространяемые программы:***

- Academic MarthCAD License - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- WinZip для Windows - программ для сжатия и распаковки файлов;
- Adobe Reader для Windows – программа для чтения PDF файлов;
- Far Manager - консольный файловый менеджер для операционных систем семейства Microsoft Windows.

## **7. 5. Методические указания по проведению различных учебных занятий и другим видам самостоятельной работы**

### **Использование инновационных методов в процессе преподавания.**

Под инновационными методами в высшем профессиональном образовании понимаются методы, основанные на использовании современных достижений науки и информационных технологий в образовании. Они направлены на повышение качества подготовки путем развития у студентов творческих способностей и самостоятельности (методы проблемного и проективного обучения, исследовательские методы, тренинговые формы и т.д.).

Использование современных инновационных технологий в учебном процессе позволяет:

- сочетать высокую экономическую эффективность и гибкость учебного процесса;
- широко использовать информационные ресурсы в учебном процессе;
- существенно расширить возможности традиционных форм обучения;
- позволяет реализовать новые эффективные формы обучения.

Работы по внедрению и использованию современных инновационных технологий обучения нами проводятся в нескольких направлениях:

- создание современного учебно-методического обеспечения учебного процесса и совершенствование организации учебного процесса путем внедрения новых технологий обучения, в том числе дистанционных образовательных технологий (ДОТ);

- программно-техническое обеспечение учебного процесса с использованием современных технологий обучения

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки реализация компетентного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций и т.п.) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития требуемых компетенций обучающихся.

Главным звеном дидактического цикла обучения дисциплине является лекция. Её цель – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Изучение курса «Дополнительные главы процессов и аппаратов» построено на принципах разумной формализации и уплотнения учебной информации, что, естественно, должно способствовать лучшему усвоению современной трактовки учебного материала.

На первых лекциях по курсу ««Дополнительные главы процессов и аппаратов» необходимо вспомнить основные понятия, принципы применения теории подобия к расчетам химической аппаратуры, объяснить студентам, как пользоваться диаграммами и номограммами в сборнике примеров и задач.



Прежде, чем студент прослушает лекцию, он должен проработать основной теоретический материал по теме, который представлен в учебниках и распечатках лекций, занесенных на магнитный носитель.

Чтение лекций по данной дисциплине проводится с использованием мультимедийных презентаций. Презентация позволяет преподавателю четко структурировать материал лекции, экономить время, затрачиваемое на рисование на доске схем, написание формул и других сложных объектов, что дает возможность увеличить объем излагаемого материала. Кроме того, презентация позволяет очень хорошо иллюстрировать лекцию не только схемами и рисунками, которые есть в учебном пособии, но и полноцветными фотографиями, рисунками, портретами ученых и т.д. Электронная презентация позволяет отобразить физические и химические процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала. Студентам предоставляется возможность копирования презентаций для самоподготовки и подготовки к экзамену.

При изучении курса «Дополнительные главы процессов и аппаратов» студент не может ограничиться только рассмотрением теоретических вопросов, а должен стремиться активно применять рациональные приемы поиска, отбора и использования информации при выборе оптимальных путей решения практических задач при выборе и расчете аппаратуры для проведения химических процессов. Поэтому основным условием глубокого изучения курса, развития научного мышления и закрепления у студентов является решение задач на практических занятиях. При решении задач студент должен продемонстрировать, как можно прийти к правильному выводу, используя теоретические концепции и факты, изложенные в теоретическом курсе. Форма проведения занятий – практические занятия с решением задач.

**При проведении практических занятий** следует не менее 1 часа из двух (50% времени) отводить на самостоятельное решение задач. Практические занятия целесообразно строить следующим образом:

Вводная преподавателя (цели занятия, основные вопросы, которые должны быть рассмотрены).

Беглый опрос.

Решение 1-2 типовых задач у доски.

Самостоятельное решение задач.

Разбор типовых ошибок при решении (в конце текущего занятия или в начале следующего).

Для проведения занятий необходимо иметь большой банк заданий и задач для самостоятельного решения, причем эти задания могут быть дифференцированы по степени сложности.

После ознакомления с темой лекции, студент решает примеры и задачи, закрепляя свои знания по теме. Для успешного закрепления материала студент должен научиться пользоваться сборником примеров и задач [4], в котором имеются:

- основные формулы для расчетов,
- номограммы и диаграммы, значительно облегчающие расчеты по сложным формулам,
- таблицы с необходимыми для расчетов свойствами химических соединений в газовой, жидкой и твердой форме,
- основные параметры различных аппаратов, применяемых в химической технологии.

В зависимости от раздела дисциплины и подготовленности студентов можно использовать два пути:

- давать определенное количество задач для самостоятельного решения, равных по трудности, а оценку ставить за количество решенных за определенное время задач.
- - выдавать задания с задачами разной трудности и оценку ставить за трудность решенной задачи.

По результатам самостоятельного решения задач следует выставять по каждому занятию оценку. По материалам раздела целесообразно выдавать

студенту домашнее задание и на последнем практическом занятии по разделу подвести итоги его изучения (например, провести контрольную работу), обсудить оценки каждого студента, выдать дополнительные задания тем студентам, которые хотят повысить оценку за текущую работу.

При организации внеаудиторной **самостоятельной работы** используются следующие ее формы:

- выполнение домашних заданий разнообразного характера. Это - решение задач; подбор и изучение литературных источников; подбор иллюстративного и описательного материала по отдельным разделам курса в сети Интернет, выполнение индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы. Индивидуальное задание может получать как каждый студент, так и часть студентов группы

На самостоятельную работу студентов по учебному плану отводится 69 часов. 27 часов отводится на подготовку к экзамену. Самостоятельная работа студента носит систематический характер

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме  $\approx 67\%$  общего количества часов, соответствует более глубокому усвоению изучаемого курса, формирует навыки исследовательской работы и ориентирует студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составлены по разделам и темам, по которым требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов. В разделе **4.2.** приведены номера задач по каждой теме, часть из которых рассматривается на семинарских занятиях, остальные студенты должны решить самостоятельно. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента. При этом проводятся: экспресс-опрос на семинарских занятиях, проверка письменных работ.

**При подготовке к коллоквиуму следует:**

- проработать конспекты лекций по вопросам коллоквиума;
  - **прочитать основную и дополнительную литературу, рекомендованную** по изучаемым вопросам;
  - ответить на вопросы коллоквиума;
- при затруднениях проконсультироваться с преподавателем.

**Для студентов с ограниченными возможностями здоровья** созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается: 1. Альтернативной версией официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих; 2. Присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь; 3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху – дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации; 4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Минимально необходимый для реализации ОПОП перечень материально-технического обеспечения включает в себя: лекционные аудитории (оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном и имеющие выход в сеть Интернет), помещения для проведения лабораторных, семинарских и практических занятий (оборудованные учебной мебелью), компьютерные классы и др.

По дисциплине «Дополнительные главы процессов и аппаратов» имеются презентации по отдельным темам курса, позволяющие наиболее эффективно освоить представленный учебный материал.

Занятия лекционного типа и семинарские занятия проводятся в аудитории 210

№ ауд.	Основное оборудование, обеспечивающее проведение лекционных, практических и лабораторных занятий	Основное назначение
210	Наличие мультимедийного оборудования	Обучающее: при проведении лекционных и практических занятий

**ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (Дополнений)**  
**в рабочей программе дисциплины**  
**«Дополнительные главы процессов и аппаратов химической**  
**технологии»**  
**по направлению подготовки 18.04.01. - Химическая технология**  
**профиль направления – Технология и переработка полимеров**  
**на 2023/ 2024 учебный год**

№№	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

*Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры органической химии и высокомолекулярных соединений*

протокол № \_\_\_\_ «\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2023г.

*и.о. заведующего кафедрой* \_\_\_\_\_ **Ю.А. Малкандуев**

## Приложение 2

### Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№ п/ п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	Посещение занятий	до 10 баллов	до 3 б.	до 3б.	до 4б.
2	Текущий контроль:	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	Ответ на 5 вопросов	от 0 до 15 б.	от 0 до 5б	от 0 до 5 б.	от 0 до 5 б
	Полный правильный ответ	до 15 баллов	5 б.	5 б.	5 б.
	Неполный правильный ответ	от 3 до 15 б.	от 1 до 5б.	от 1 до 5 б.	от 1 до 5 б.
	Ответ, содержащий неточности, ошибки	0б.	0б.	0б.	0б.
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач,)	от 0 до 15 б.	от 0 до 5б.	от 0 до 5 б	от 0 до 5 б
3	Рубежный контроль	до 30 баллов	до 10 б.	до 10 б.	до 10 б.
	коллоквиум	от 0 до 30б.	от 0 до 10б	от 0 до 10 б.	от 0 до 10 б.
4	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70баллов	до 23б.	до 23б	до 24б
5	Первый этап (базовый)уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б	не менее 12 б
6	Второй этап (продвинутый)уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б	менее 23 б	менее 24б
7	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б	не менее 24б

### Шкала оценивания планируемых результатов обучения

#### Текущий и рубежный контроль

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	56-70 баллов
<b>2</b>	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «хорошо».	Полное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических занятий. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий, ответы на коллоквиуме на оценки «отлично».

#### Промежуточная аттестация для экзамена

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
<b>2</b>	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.



	и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ только на один вопрос	итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на оба вопроса. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене (диф. зачете) не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене (диф. зачете) дал полный ответ только на один вопрос.	
--	--	--	---	--