


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 15.12.2021 13:42:02  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a198149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Естественнонаучный  
Кафедра Химии и химической технологии

Утверждено  
на заседании кафедры  
протокол № 1 от 28.08.2018  
Зав. кафедрой  
 Абдрашитов Я.М.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина Процессы и аппараты химической технологии

**Блок Б1, базовая часть, Б1.Б.17**

цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору)

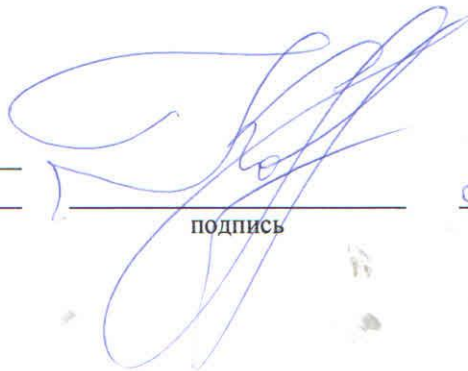
Направление

18.03.01 Химическая технология  
код наименование направления или специальности

Программа

Технология и переработка полимеров

Разработчик (составитель)  
К.Х.Н.  
Г.Ю. Колчина  
ученая степень, ученое звание, ФИО



подпись

28.08.2018  
дата

## Оглавление

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).....	3
1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы.....	3
1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы.....	4
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	5
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах) ...	5
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам).....	7
5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	17
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	19
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.....	19
6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.....	26
6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.....	45
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	47
7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	47
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	48
7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	49
8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	49
9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	49

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

### 1.1. Перечень планируемых результатов освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший программу высшего образования, в рамках изучаемой дисциплины, должен обладать компетенциями, соответствующими виду (видам) профессиональной деятельности, на который (которые) ориентирована программа:

1. способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1);
2. готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования (ПК-8);
3. способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-9);
4. готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19).

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (компетенции)	Этапы формирования компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1)</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии; разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые процессы и аппараты: основы теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода тепла химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных; определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов.
<i>Готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: основные методы интенсификации, повышения эффективности и

<i>оборудования (ПК-8)</i>		оптимизации типовых химико-технологических процессов.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен 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 так же 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.
<i>Способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-9)</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: методами определения оптимальных и рациональных технологических режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами.
<i>Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19)</i>	1 этап: Знания	Обучающийся должен знать: основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач.
	2 этап: Умения	Обучающийся должен уметь: рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать эффективность производства; применять программное обеспечение при решении задач охраны окружающей среды.
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Обучающийся должен владеть: навыками выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники, стандартных и оригинальных программ.

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в рамках *базовой* части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Изучение дисциплины «Процессы и аппараты химической технологии» требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам физики, теоретической механики. Дисциплина представляет собой взаимосвязь между общенаучными,

общехимическими, общеинженерными дисциплинами и профильными дисциплинами. Дисциплина «Процессы и аппараты химической технологии» изучается после прохождения следующих дисциплин: «Общая химическая технология», «Моделирование химико-технологических процессов», «Химические реакторы». Знания, полученные в данном курсе, необходимы для дальнейшего обучения по профильным дисциплинам и успешного прохождения производственной и преддипломной практик.

Дисциплина изучается по заочной форме обучения 5 л на 4 курсе в 8 семестре и на 5 курсе в 9 семестре.

### **3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 9 зачетные единицы (з.е.), 324 академических часов.

Объем дисциплины	Всего часов
	Заочная форма обучения (5 л)
Общая трудоемкость дисциплины	324
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	39,4
лекций	18
практических лабораторных	18
контроль самостоятельной работы формы контактной работы (консультации перед экзаменом, прием экзаменов и зачетов, выполнение курсовых, контрольных работ)	3,4
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СРС)	273
Учебных часов на контроль:	
зачет	3,8
экзамен	7,8

### **4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

#### **4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)**

Заочная форма (5 л)

№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СРС
		Лек	Сем/ Пр	Лаб	
1.	<b>Раздел 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии</b>	<b>1,5</b>	<b>1</b>		<b>24</b>
1.1.	Тема 1. Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии	0,5			5
1.2.	Тема 2. Теоретические основы процессов химической технологии	0,5			6
1.3.	Тема 3. Основные теоретические и экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов		1		5
1.4.	Тема 4. Гидродинамическая структура потоков в аппаратах	0,5			8
2.	<b>Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты</b>	<b>3</b>	<b>5</b>		<b>43</b>
2.1.	Тема 5. Основы гидравлики	0,5	1		7
2.2.	Тема 6. Гидростатика	0,5			5
2.3.	Тема 7. Гидродинамика	0,5	1		9
2.4.	Тема 8. Транспортирование жидкостей и газов	0,5	1		8
2.5.	Тема 9. Сжатие и разрежение газов	0,5	1		7
2.6.	Тема 10. Перемешивание в жидких средах	0,5	1		7
3.	<b>Раздел 3. Разделение неоднородных систем</b>	<b>1,5</b>	<b>2</b>		<b>25</b>
3.1.	Тема 11. Классификация неоднородных систем и методов разделения	0,5			9
3.2.	Тема 12. Мокрая очистка газов	0,5	1		8
3.3.	Тема 13. Основные способы и методы интенсификации процессов разделения неоднородных систем	0,5	1		8
4.	<b>Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты</b>	<b>5</b>	<b>5</b>		<b>82</b>
4.1.	Тема 14. Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	0,5			10
4.2.	Тема 15. Тепловые балансы	0,5	1		9
4.3.	Тема 16. Передача теплоты теплопроводностью	0,5			7

4.4.	Тема 17. Конвективный теплоперенос	0,5	1		8
4.5.	Тема 18. Теплоотдача	0,5			6
4.6.	Тема 19. Теплообмен излучением				6
4.7.	Тема 20. Теплопередача	0,5	1		6
4.8.	Тема 21. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии	0,5	1		6
4.9.	Тема 22. Теплообменные аппараты	0,5	1		8
4.10.	Тема 23. Нестационарный теплообмен в химической технологии	0,5			10
4.11.	Тема 24. Выпаривание	0,5			6
5.	<b>Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты</b>	<b>7</b>	<b>5</b>		<b>99</b>
5.1.	Тема 25. Статика процессов массопереноса	0,5			6
5.2.	Тема 26. Кинетика процессов массопереноса	0,5			9
5.3.	Тема 27. Массопередача	0,5			6
5.4.	Тема 28. Основы расчета массообменных аппаратов	0,5	1		6
5.5.	Тема 29. Абсорбция	0,5	1		10
5.6.	Тема 30. Перегонка (простая и сложная)	0,5	1		9
5.7.	Тема 31. Жидкостная экстракция	0,5			9
5.8.	Тема 32. Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация	0,5			6
5.9.	Тема 33. Адсорбция	0,5	1		8
5.10.	Тема 34. Ионный обмен	0,5			6
5.11.	Тема 35. Растворение в системе жидкость-твёрдое	0,5			6
5.12.	Тема 36. Кристаллизация	0,5			6
5.13.	Тема 37. Сушка	0,5	1		6
5.14.	Тема 38. Мембранные процессы разделения	0,5			6
	<b>ИТОГО</b>	<b>18</b>	<b>18</b>		<b>273</b>

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Раздел 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии</b>	
1.1.	Тема Введение. Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической	Предмет и задачи курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о процессах химической технологии. Знакомство с современным состоянием химической и других смежных с ней отраслями промышленности, их основными общими характеристиками и проблемами, а так же возможными путями их решения. Место и роль

	технологии	<p>процессов и аппаратов химической технологии в современном мире химической промышленности. Краткая характеристика предмета и задачи данной дисциплины и её роли в деле подготовки высококвалифицированных специалистов для отечественной промышленности в условиях многоуровневой системы высшего образования.</p> <p>Краткие исторические сведения о развитии и становлении курса процессов и аппаратов химической технологии. Общие сведения о подобных дисциплинах за рубежом (в США, Великобритании и др. странах). Основные методологические принципы изучения данного курса в условиях Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета. Основные требования к уровню знаний студентов по таким критериям, как «<i>знать</i>», «<i>уметь</i>», «<i>иметь представление</i>» и «<i>владеть</i>» в области таких фундаментальных естественнонаучных и общепрофессиональных дисциплин, как высшая математика, физика, теоретическая и прикладная механика, техническая и химическая термодинамика, общая и неорганическая химия, органической химия, физической химия, коллоидная химия, инженерная и компьютерная графика, информатика, компьютерные технологии и др..</p> <p>Классификация основных процессов и аппаратов химической технологии. Роль и взаимосвязь типовых процессов в химической технологии. Непрерывные и периодические процессы. Стационарные и нестационарные процессы. Поля скоростей, температур и концентраций в стационарных и нестационарных процессах. Основные принципы составления математических описаний, анализа и расчета типовых процессов и аппаратов. Основные задачи статики, кинетики и динамики химико-технологических процессов.</p>
1.2.	Тема Теоретические основы процессов химической технологии	<p><i>Законы сохранения массы, энергии и импульса</i> – как основы составления балансовых уравнений (материальных и тепловых балансов, балансов действующих на систему сил и баланса количества движения). Основные типовые уравнения балансов массы, теплоты и количества движения (методы их составления, цели и способы решения). Уравнения линий рабочих концентраций.</p> <p><i>Законы термодинамического равновесия</i> – как основы определения условий переноса массы, энергии и импульса (возможности и направления переноса, предел протекания процессов переноса, их движущие силы). Основные законы термодинамического равновесия: гидромеханическое и тепловое равновесие, межфазное равновесие: правило фаз Гиббса, законы Дальтона, Генри и Рауля.</p> <p><i>Законы переноса массы, энергии и импульса</i> в сплошных средах – как основы анализа и моделирования типовых процессов химической технологии и аналогия этих процессов. Определение плотности потоков массы, энергии и импульса, как основы определения интенсивности протекающих химико-технологических процессов и в конечном итоге - производительности аппаратов. Дифференциальные уравнения, описывающие поля скоростей, температур и концентраций. Аналогия между ними. Методы анализа этих уравнений. Условия аналитического решения дифференциальных уравнений (условия однозначности).</p>
1.3.	Тема Основные теоретические и экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов	<p><i>Основные теоретические и экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов.</i> Место и роль теоретических и экспериментальных исследований в задачах химической технологии. Исследование механизмов процессов на микро- и макроуровнях.</p> <p>Моделирование химико-технологических процессов:</p> <p>Физическое моделирование. Условия подобия, константы и инварианты подобия. Основы теории обобщенных переменных (теории подобия) и её практическое применение: (теоремы теории подобия Ньютона, Бэкингема, Федермана, Афанасьевой-Эренфест и Кирпичёва-Гухмана).</p> <p>Основы теории анализа размерностей.</p>



		<p>Математическое моделирование. Статистические и детерминированные модели, принципы их формирования и направления использования. Основные этапы работ по созданию математических моделей. Применение компьютерных технологий для задач моделирования и решения практических задач в области процессов и аппаратов химических производств.</p> <p>Сравнительная характеристика физического и математического моделирования при решении химико-технологических задач: анализ и выявление механизмов протекания процессов, решение проектных задач и оптимизация режимно-технологических и конструктивных параметров процессов.</p>
1.4.	Тема Гидродинамическая структура потоков в аппаратах	<p>Общее представление о структуре потоков и её влияние на характеристики протекающих химико-технологических процессов. Движение и время пребывания частиц жидкости в химических аппаратах. Идеализированные модели гидродинамической структуры: модель идеального вытеснения (МИВ) и модель идеального смешения (МИС). Гидродинамические структуры неидеализированных потоков (или реальных потоков в химических аппаратах).</p>
2.	<b>Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты</b>	
2.1.	Тема Основы гидравлики	<p>Введение в гидравлику. Предмет и задачи гидравлики - науки о закономерностях поведения жидкостей. Основные понятия, термины и определения: системы координат: гидродинамические понятия точки, элементарного объема, элементарной поверхности, элементарной частицы. Классификация сил, действующих на жидкость. Скалярные и векторные величины. Представление о градиенте. Представление о жидкостях как о сплошных средах. Капельные и упругие жидкости. Идеальная и реальная жидкость. Основные физические свойства жидкостей: плотность и удельный вес, сжимаемость, свойство жидкости к расширению, поверхностное натяжение. Понятие о критических параметрах: критическая температура, критическое давление и критический объём.</p>
2.2.	Тема Гидростатика	<p>Основные задачи гидростатики. Абсолютный и относительный покой жидкости. Основные законы гидростатики: закон распределения давления – дифференциальные уравнения равновесия Эйлера для относительного и абсолютного покоя, основной закон гидростатики – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии для покоящейся жидкости, закон Паскаля, уравнение поверхности уровня.</p> <p><i>Прикладные задачи и практическое приложение основных законов гидростатики:</i></p> <p>Определение сил давления на дно и стенки сосудов и аппаратов.  Принципы работы гидростатических машин.  Принципы измерения гидростатического давления и перепадов давления.  Измерение уровня жидкостей в закрытых емкостях.  Устройство основных приборов для практического измерения уровня давлений.</p>
2.3.	Тема Гидродинамика	<p>Предмет и задачи гидродинамики - науки о закономерностях поведения движущейся жидкости. Внутренняя и внешняя задачи гидродинамики. Смешанная задача. Понятия о скоростях движения: локальная и средняя скорости. Методы Лагранжа и Эйлера для описания кинематики жидких сред. Представление о потоке жидкости как потоке элементарных частиц: линия тока, элементарная струйка (трубка тока), поток. Поле скоростей. Стационарный и нестационарный потоки. Закон внутреннего трения Ньютона. Ньютоновские и неньютоновские жидкости, общая характеристика реологических свойств неньютоновских жидкостей. Вязкость жидкости и её физическая сущность, как мера оценки переноса количества движения.</p> <p>Основные характеристики движения жидкостей: скорость потока, объёмный и массовый расходы. Гидродинамические режимы течения жидкостей в условиях внутренней и внешней задач гидродинамики. Опыт</p>

		<p>и число Рейнольдса. Определяющий геометрический размер в условиях внутренней и внешней задачи гидродинамики: гидравлический радиус, эквивалентный диаметр и др. Общие характеристики ламинарных и турбулентных потоков жидкости.</p> <p>Основные уравнения гидродинамики: дифференциальные уравнения неразрывности потока и движения жидкости Навье-Стокса и Эйлера, их практическое применение в вопросах гидродинамики. Различные формы записи дифференциальных уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Особенности течения вихревой жидкости. Уравнение Бернулли для описания течения идеальных и реальных жидкостей – как частный случай выражения общего закона сохранения энергии движущейся жидкости. Представления о турбулентных потоках жидкостей. Структура турбулентных потоков интенсивность и масштаб турбулентности турбулентная вязкость.</p> <p>Особенности течения газов: изотермический и неизотермический потоки газов, течение газов с учётом фактора сжимаемости.</p> <p><i>Элементы теории гидродинамического подобия.</i> Гидродинамическое подобие. Подобное преобразование уравнений движения жидкости Навье-Стокса. Основные и производные критерии гидродинамического подобия, модифицированные критерии подобия. Определяемые и определяющие критерии. Основные типы критериальных уравнений для решения основных задач гидродинамики. Приближённое моделирование в гидродинамике.</p> <p><i>Основные прикладные задачи гидродинамики:</i></p> <p>Измерение динамического напора, скорости движения и объёмного расхода жидкостей (трубки Пито и Пито-Прандтля), расходомеры постоянного и переменного перепадов давления.</p> <p>Течение ньютоновских жидкостей в цилиндрических трубах и каналах. Ламинарное течение, закон распределения скоростей Стокса и уравнение Гагена-Пуазейля. Основные характеристики расчёта турбулентных течений. Характеристики течения неньютоновских жидкостей в цилиндрических каналах. Гидравлическое сопротивление трубопроводов и аппаратов: потери напора на трение и преодоление местных сопротивлений. Расчёт трубопроводов для транспортирования жидкостей: простые трубопроводы, разветвлённые трубопроводы и трубопроводные системы с путевым и транзитным расходом жидкости. Особенности решения задач по расчёту газопроводов. Закономерности истечения жидкостей через отверстия, насадки и водосливы при постоянном и переменном уровнях. Гидродинамика плёночного течения жидкостей. Движение жидкостей и газов через неподвижные слои зернистых материалов и насадок. Гидродинамика барботаж. Гидродинамика псевдооживленных (кипящих) слоёв твёрдых дисперсных материалов. Гидродинамика движение твёрдых тел в жидкостях. Диспергирование жидкостей: назначение и основные способы диспергирования. Дробление и коалесценция капель. Гидравлический удар в трубопроводах: природа гидравлического удара, скорость распространения ударной волны, влияние гидравлического удара на транспортирование жидкостей по трубопроводам, меры предотвращения возникновения гидравлического удара. Основные характеристики кавитации.</p>
2.4.	Тема Транспортирование жидкостей и газов	Насосы и вентиляторы, их классификация и основные характеристики. Устройства и принципы работы поршневых, центробежных и осевых машин, методика подбора насосов и вентиляторов. Общее представление о других типах насосов и других способах перемещения жидкостей.
2.5.	Тема Сжатие и разрежение газов	Основные характеристики процессов сжатия газов, классификация компрессоров. Термодинамические основы процесса сжатия, степень сжатия и её пределы, определение мощности компрессоров. Устройство основных типов и принципы работы поршневых, центробежных, винтовых и осевых компрессоров. Многоступенчатое сжатие. Сравнительная характеристика компрессоров. Вакуум-насосы в химической промышленности.

2.6.	Тема Перемешивание в жидких средах	Основные цели и задачи процессов перемешивания в химической технологии. Технические способы получения гомогенных и гетерогенных смесей. Виды перемешивания, эффективность и интенсивность перемешивания, методы их оценки. Типы механических мешалок и их основные характеристики. Общие сведения о других известных способах перемешивания. Принципы выбора перемешивающих устройств. Основные тенденции решения вопросов об интенсификации процессов перемешивания.
3.	<b>Раздел 3. Разделение неоднородных систем</b>	
3.1.	Тема Классификация неоднородных систем и методов разделения	<p>Определение, возникновение, основные свойства и характеристики неоднородных систем. Цели и задачи процессов разделения. Особое значение способов и эффективность разделения неоднородных систем при решении экологических проблем. Принципы выбора методов разделения и сравнительные оценки эффективности процессов разделения. Основы составления материального баланса процессов разделения.</p> <p><i>Разделение неоднородных систем осажждением в поле действия гравитационных сил (отстаивание).</i> Основные закономерности процесса, задачи и методы расчета. Принципы устройства сгустителей и пылесадительных камер.</p> <p><i>Разделение неоднородных систем осажждением в поле действия центробежных сил.</i> Характеристики и принципы создания центробежных сил. Фактор разделения. Циклонирование и центрифугирование неоднородных систем. Основные типовые конструкции циклонов и отстойных центрифуг, устройства и характеристики их работы.</p> <p><i>Разделение неоднородных систем осажждением в поле действия электрических сил.</i> Физические основы процессов разделения неоднородных систем в электрическом поле. Способы создания неоднородных электрических полей. Принципиальные особенности конструкций электрофильтров, электролизёров и электродегидраторов.</p> <p><i>Разделение неоднородных систем фильтрованием.</i> Физическая сущность, виды и методы фильтрования. Способы создания движущей силы процессов фильтрования. Основное уравнение фильтрования и его анализ с точки зрения повышения эффективности процесса. Классификация промышленных фильтровальных установок и их основные характеристики: фильтровальные установки, работающие под давлением и под вакуумом, фильтрующие центрифуги.</p> <p>Фильтровальные перегородки: основные типы и требования, предъявляемые к ним.</p>
3.2.	Тема Мокрая очистка газов	Физико-химические основы процесса разделения и принципы аппаратного оформления.
3.3.	Тема Основные способы и методы интенсификации процессов разделения неоднородных систем	Классификация, основные характеристики и методы разделения неоднородных систем. Их роль в химической технологии. Основные параметры процесса разделения жидких неоднородных систем. Осаждение в поле действия сил тяжести и под действием центробежных сил.
4.	<b>Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты</b>	
4.1.	Тема Тепловые процессы в химической технологии, их роль и значение в проведении химико-технологических процессов	Классификация способов переноса теплоты. Стационарный и нестационарный процессы теплопереноса. Основные понятия, определения и теплофизические свойства веществ: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, теплоёмкость, энтальпия, теплопроводность и температуропроводность. Движущие силы процессов теплообмена. Тепловое равновесие. Основные задачи статики и кинетики процессов теплообмена.
4.2.	Тема Тепловые балансы	Назначение, цель и методы составления тепловых балансов. Виды тепловых балансов для различных теплообменных процессов.

4.3.	Тема Передача теплоты теплопроводностью	Температурное поле, его основные параметры и характеристики. Уравнение теплопроводности Фурье и дифференциальное уравнение теплопроводности. Решения дифференциального уравнения теплопроводности для плоской и цилиндрических стенок в условиях стационарности процесса без внутренних источников теплоты. Уравнение теплопроводности при наличии внутренних источников тепла.
4.4.	Тема Конвективный теплоперенос	Теплообмен в условиях естественной и вынужденной конвекции. Уравнение теплоотдачи (закон охлаждения Ньютона-Рихмана). Коэффициент теплоотдачи и движущая сила. Представления о механизме процесса конвективного теплообмена в условиях ламинарного и турбулентного потоков. Тепловой пограничный слой. Температурное поле в условиях конвекции. Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена Фурье-Кирхгофа. Тепловое подобие и основные критерии теплового подобия. Общий вид критериальных уравнений для расчета конвективного теплообмена.
4.5.	Тема Теплоотдача	<i>Теплоотдача</i> в условиях естественной и вынужденной конвекции без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Основная цель и принципы расчета кинетики процесса. <i>Теплоотдача</i> при изменении агрегатного состояния теплоносителей (конденсация паров и кипение жидкостей). Основы расчета кинетики процесса.
4.6.	Тема Теплообмен излучением	Виды излучений. Физическая сущность процесса инфракрасного излучения и основные закономерности переноса теплоты излучением. Использование лучистого теплообмена на практике.
4.7.	Тема Теплопередача	Основное уравнение теплопередачи при постоянных и переменных температурах теплоносителей. Принципы расчета коэффициентов теплопередачи. Движущая сила процессов теплопередачи. Практическое использование уравнения теплопередачи в проектных и поверочных расчётах.
4.8.	Тема Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии	Классификация теплоносителей, их сравнительная характеристика и области применения: перегретый и насыщенный пар, нагретая и перегретая вода, высокотемпературные органические теплоносители (ВОТ), ионные теплоносители, расплавы металлов и другие виды теплоносителей.
4.9.	Тема Теплообменные аппараты	Классификация теплообменных аппаратов, их конструктивные характеристики и особенности практического их использования. Каталоги на теплообменную аппаратуру. Основные методы теплового расчета теплообменных аппаратов: проектный, технологический и поверочный расчеты. Основные тенденции совершенствования конструкций теплообменных аппаратов.
4.10.	Тема Нестационарный теплообмен в химической технологии	Вопросы нестационарного конвективного теплообмена. Тепловые балансы и определение времени нагревания в теплообменных установках периодического режима работы.
4.11.	Тема Выпаривание	Назначение и сущность процессов выпаривания. Движущая сила процесса. Однократный и многократный процессы выпаривания. Основные типовые конструкции выпарных аппаратов и схемы выпарных установок. Материальный и тепловой балансы процессов выпаривания. Понятия о располагаемой и общей полезной разности температур. Виды температурных потерь в выпарных установках. Распределение полезной разности температур многокорпусных выпарных установок по корпусам. Методики тепловых расчётов и определение температурных режимов работы выпарных установок. Основные принципы подбора и оптимизации работы выпарных аппаратов и установок в целом. Вспомогательное оборудование. Основные методы повышения эффективности процессов выпаривания в химической и других смежных отраслях промышленности.

5.	<b>Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты</b>	
5.1.	Тема Статика процессов массопереноса	<p>Значение процессов массопереноса в химической технологии. Движущая сила процессов массопереноса, классификация и общая характеристика массообменных процессов с участием газовой, жидкой и твердой фаз (массообменные процессы со свободной и фиксированной границами раздела фаз): абсорбция (десорбция), адсорбция, дистилляция, экстракция, кристаллизация, сушка. Основные принципы аналогии между процессами тепло- и массопереноса.</p> <p>Основные задачи статики. Способы выражения составов фаз. Движущие силы процессов массопереноса. Термодинамическое равновесие. Основные законы межфазового равновесия (правило фаз Гиббса, Дальтона, Генри и Рауля, совмещённые законы). Графическое изображение состояния равновесия между фазами для бинарных систем (у-х диаграммы).</p> <p>Материальные балансы процессов массопереноса. Уравнения линий рабочих концентраций. Совместное графическое изображение линий равновесия и линий рабочих концентраций. Определение направления и движущих сил процессов массопереноса, основные способы регулирования направления массопереноса и движущих сил процессов.</p>
5.2.	Тема Кинетика процессов массопереноса	<p>Основные задачи кинетики массообменных процессов. Представление о полях концентраций, стационарные и нестационарные поля. Градиент концентраций. Общие сведения и характеристика процессов массопереноса в пределах объёма одной фазы: молекулярная и конвективная диффузия. Основные модели механизмов массопереноса на границе раздела фаз. Уравнение массоотдачи и коэффициенты массоотдачи.</p> <p>Уравнения молекулярной диффузии (1-ый и 2-ой законы Фика).</p> <p>Дифференциальное уравнение конвективного массопереноса (конвективной диффузии). Решения дифференциального уравнения конвективной диффузии для практических задач при помощи теории подобия: подобие процессов массопереноса, основные диффузионные критерии подобия: диффузионные критерии подобия Фурье, Нуссельта (Шервуда), Пекле и Прандтля (Шмидта). Основные виды критериальных уравнений для расчёта скорости процессов массоотдачи.</p>
5.3.	Тема Массопередача	<p>Уравнения массопередачи, определение средних движущих сил процессов массопередачи. Основные кинетические показатели процесса массопередачи и методы их расчёта: коэффициенты массопередачи, в т.ч. объёмный коэффициент массопередачи, общие и частные числа единиц переноса (ОЧЕП и ЧЕП) и высоты единиц переноса (ОВЕП и ВЕП). Понятие и определение теоретической ступени изменения концентраций или теоретической тарелки, высота эквивалентная одной теоретической ступени изменения концентраций или одной теоретической тарелке. Действительная или реальная ступень изменения концентраций или действительная тарелка. Общий коэффициент полезного действия тарелки и коэффициент эффективности по Мэрфри. Определение кинетической кривой процесса массопередачи.</p>
5.4.	Тема Основы расчета массообменных аппаратов	<p>Основные типовые конструкции аппаратов колонного типа: массообменные аппараты с фиксированной и со свободной поверхностью контакта фаз, плёночные массообменные аппараты. Общие принципы определения и расчета режимно-технологических параметров работы и нахождения основных геометрических размеров колонных аппаратов: диаметра и высоты колонных аппаратов. Представления об оптимальных гидродинамических режимах работы аппаратов. Макроэкономика массообменных процессов.</p>
5.5.	Тема Абсорбция	<p>Определение и общая характеристика процессов абсорбции. Практические области применения абсорбции. Физико-химические основы процессов массопереноса в системах газ-жидкость. Термодинамическое равновесие между фазами (правило фаз Гиббса и закон Генри). Выбор</p>



		<p>условий проведения процесса. Графическое представление процесса абсорбции на фазовой <math>y-x</math> диаграмме. Изотермический и адиабатический процессы физической абсорбции. Материальный и тепловой балансы и уравнения линий рабочих концентраций. Минимальный и оптимальный расход абсорбента. Абсорбция многокомпонентных смесей. Кинетика процессов физической абсорбции. Общая характеристика хемосорбционных процессов. Аппаратурное оформление процессов абсорбции, устройство, общая характеристика и режимы работы насадочных, плёночных и тарельчатых абсорберов. Основные показатели процессов абсорбции и экономика процессов.</p> <p>Общая методика технологического и конструктивного расчетов абсорбционных аппаратов. Основные тенденции оптимизации режимно-технологических и конструктивных параметров процесса абсорбции.</p> <p>Десорбция. Основные цели и способы осуществления десорбционных процессов.</p> <p>Основные технологические схемы процессов абсорбции.</p>
5.6.	Тема Перегонка (простая и сложная)	<p>Физико-химические основы процессов массопереноса в системах жидкость-пар. Термодинамическое равновесие в системах (правило фаз Гиббса и закон Рауля). Идеальные и неидеальные системы. Основные типы бинарных смесей (по данным Торманна). Основопологающие законы перегонки Коновалова и Вревского. Фазовые диаграммы состояний (<math>t-x-y</math>, <math>y-x</math> и энтальпийная <math>h-x-y</math> диаграммы) бинарных смесей.</p> <p><i>Простая перегонка.</i> Виды простой перегонки (простая, фракционная, с дефлегмацией и без дефлегмации, с водяным паром и инертным носителем). Материальный баланс и основные показатели процесса</p> <p><i>Сложная перегонка (ректификация).</i> Определение и физико-химические основы ректификационного разделения жидких смесей. Схемы установок непрерывной и периодической ректификации. Принципы составления материального и теплового балансов. Основные показатели процесса ректификации: флегмовое число и коэффициент питания. Графическое представление процесса ректификации на <math>t-x-y</math> диаграмме.</p> <p>Непрерывная ректификация бинарных смесей, материальный и тепловой балансы ректификационной установки. Основные характеристики процесса ректификации и уравнения линий рабочих концентраций фаз. Флегмовое число, его минимальное и оптимальное значение. Основные экономические показатели процесса ректификации. Влияние флегмового числа на характеристики ректификационных колонн и процесса ректификации. Основные способы питания ректификационных колонн: способы орошения колонн, способы ввода исходной смеси, способы питания колонн паром.</p> <p>Основные методы и особенности технологического расчёта ректификационных колонных аппаратов и подбор вспомогательного оборудования. Способы интенсификации процессов ректификации.</p> <p>Общие сведения и основные характеристики периодической ректификации, ректификации многокомпонентных смесей, азеотропных смесей и др. Экстрактивная и азеотропная ректификация.</p>
5.7.	Тема Жидкостная экстракция	<p>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>
5.8.	Тема Массообменные процессы в системах жидкость-твёрдое: адсорбция, ионный обмен, растворение и кристаллизация	<p>Общие сведения о процессах с участием твёрдой фазы: основные закономерности процессов массопереноса в твёрдой и внешней фазах, уравнения диффузии и массоотдачи. Уравнение массопроводности.</p>

5.9.	Тема Адсорбция	Назначение и практическое применение процессов адсорбции. Основные промышленные адсорбенты. Термодинамика равновесия при адсорбции. Материальный баланс и основные кинетические закономерности процесса адсорбции. Характеристики неравновесной адсорбции. Устройство и принципы работы адсорбционных аппаратов: адсорберы с неподвижным слоем адсорбента, адсорберы с псевдооживленным слоем адсорбента. Основные задачи и принципы проведения технологического расчёта адсорберов. Десорбция, основные задачи и методы проведения процесса.
5.10.	Тема Ионный обмен	Физико-химические основы ионообменных процессов: катионный и анионный обмен, равновесие при ионообменных процессах. Общие сведения о кинетике ионного обмена.
5.11.	Тема Растворение в системе жидкость-твёрдое	Определение и практическое применение процессов растворения, основы кинетики процессов растворения: основной закон кинетики растворения Шукарёва, 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 экстрагирования. Основные способы и аппаратное оформление процессов экстрагирования и растворения: карусельные и колонные экстракционные аппараты, экстракторы слоевого типа и др.
5.12.	Тема 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. Основные кинетические закономерности процесса кристаллизации: уравнения массоотдачи и массопередачи, скорость процесса кристаллизации. Основа разделения смесей растворённых веществ методом кристаллизации: материальный баланс и распределение концентраций веществ между фазами, определение коэффициента разделения. Многократная перекристаллизация и методы её практической реализации: последовательное фракционирование, противоточная кристаллизация и др. Основные принципы устройства и работы кристаллизаторов: вальцовый, ленточный, объёмный (реакторный) и другие типы аппаратов. Процессы кристаллизации расплавов: сущность метода и его практическое применение.
5.13.	Тема Сушка	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 внутридиффузионной и во внешнедиффузионной 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. 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.
5.14.	Тема Мембранные процессы 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. 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. Основы технологического расчёта мембранных процессов разделения смесей: материальный баланс, расчёт поверхности мембраны, расчёт концентрационной поляризации. Экономические показатели мембранных процессов.

Курс лабораторных работ не предусмотрен.

Курс практических (семинарских) занятий

№	Наименование раздела /темы дисциплины	Содержание
1.	<b>Тема 1.</b> Гидравлика	Ознакомление с различными системами единиц измерения физических величин. Выражение концентраций смесей в различных единицах измерения. Свойства жидкости: плотность, сжимаемость, расширение. Основной закон гидростатики. Характеристики движущейся жидкости. Закон Бернулли. Определение сопротивления в трубопроводах. Расчет мощности поршневых и центробежных насосов.
2.	<b>Тема 2.</b> Гидромеханические процессы	Гидромеханические методы разделения смесей. Характеристики кипящего слоя: порозность, коэффициент псевдооживления, гидравлическое сопротивление, фиктивная и действительная скорость. Определение скорости начала псевдооживления и скорости уноса.
3.	<b>Тема 3.</b> Теплообменные процессы	Тепловые балансы, средняя движущая сила тепловых процессов, основное уравнение теплопередачи. Критериальные уравнения тепловых процессов, расчет теплообменных аппаратов. Решение задач по лучистому и конвективному теплообмену в трубчатых печах. Тепловой баланс теплообменника. Теплопроводность однослойной и многослойной плоской стенок. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене без изменения агрегатного состояния теплоносителей. Коэффициенты теплоотдачи при теплообмене при конденсации и испарении. Построение диаграмм фазового равновесия идеальной двухкомпонентной смеси.
4.	<b>Тема 4.</b> Массообменные процессы	Способы выражения состава фаз. Материальный баланс массообменных процессов. Средняя движущая сила массообменных процессов, ее определение, методы расчета массообменных аппаратов. Материальный баланс процесса абсорбции, расчет насадочных и тарельчатых абсорберов. Материальный и тепловой баланс процесса ректификации, расчет числа тарелок и высоты насадки колонных аппаратов. Расчет минимального и действительного флегмового числа. Определение числа тарелок по кинетической кривой. Материальный и тепловой баланс процесса сушки, диаграмма Рамзина. Расчет процесса экстракции в системе жидкость-жидкость в колонных аппаратах.



## **5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

*Перечень тем, рекомендуемых для самостоятельного изучения:*

### **Раздел 1. Основные закономерности процессов и общие принципы расчета аппаратов химической технологии**

1. Основные теоретические и экспериментальные методы исследований типовых химико-технологических процессов и аппаратов

### **Раздел 2. Гидромеханические процессы и аппараты**

2. Практическое применение законов гидростатики.
3. Понятие условного диаметра и условного давления.
4. Гидравлические и пневматические испытания сосудов и аппаратов.
5. Основные конструкции насосов и компрессорных машин.

### **Раздел 3. Разделение неоднородных систем**

6. Конструкции газораспределительных решеток аппаратов КС.
7. Мокрая очистка газов.
8. Аппараты для мокрой очистки газов.

### **Раздел 4. Теплообменные процессы и аппараты**

9. Опытные данные по теплопередаче.
10. Передача теплоты теплопроводностью.
11. Конвективный перенос.
12. Промышленные способы подвода и отвода теплоты в аппаратах химической технологии.
13. Критериальные уравнения для тепловых процессов с изменением и без изменения агрегатного состояния вещества.

14. Нестационарный теплообмен.

### **Раздел 5. Массообменные процессы и аппараты**

15. Жидкостная экстракция.
16. Растворение в системе жидкость-твёрдое
17. Абсорбция.
18. Ионный обмен.
19. Аппаратура для экстракции в системе жидкость-жидкость.
20. Мембранные процессы разделения.

*Список учебно-методических материалов:*

1. Колчина Г.Ю. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для студ., обучающихся по направлениям подготовки "04.03.01-Химия" (профиль "высокомолекулярные соединения"), "18.03.01-Химическая технология".../ МОиН РФ; СФ БашГУ; Под ред. Т.П. Мудрик и др. - Стерлитамак: Изд-во СФ БашГУ, 2016. - 96 с. - **30 экз.**

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии 7-е изд. Москва: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1961. – 831 стр.; [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=220605](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=220605) (21.08.2018).

3. Романков П.Г. , Фролов В.Ф. , Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие // Санкт-Петербург: Химиздат, 2011. - 439 стр.; [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=99360](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=99360) (21.08.2018).

**6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

**6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования и описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.**

Планируемые результаты освоения образовательной программы	Этап	Показатели и критерии оценивания результатов обучения				Вид оценочного средства
		3.				
		неуд.	удовл.	хорошо	отлично	
1.	2.	3.				4.
Способностью и готовностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности (ОПК-1)	1 этап: Знания	неуд.	удовл.	хорошо	отлично	Коллоквиум
		Не знает базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов	Знает базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, допускает грубые ошибки	Знает базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии, допускает несерьезные ошибки	Знает базовые закономерности гидромеханических, тепло- и массообменных процессов и принципы их моделирования, основы расчетов аппаратов для осуществления этих процессов, теорию физического моделирования процессов химической технологии; разделение жидких и газовых неоднородных систем, перемешивание в жидких средах; тепловые процессы и аппараты: основы	

					теории передачи теплоты, промышленные способы подвода и отвода тепла химической аппаратуре; массообменные процессы и аппараты в системах со свободной границей раздела фаз: основы теории массопередачи и методы расчета массообменной аппаратуры (абсорбция, перегонка и ректификация, экстракция); массообменные процессы с неподвижной поверхностью контакта фаз: адсорбция, сушка, ионный обмен, растворение и кристаллизация; мембранные процессы химической технологии	
	2 этап: Умения	Не умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных;	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных;	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных;	Умеет проводить расчеты с использованием экспериментальных и справочных данных;	Тестовые задания

		определять основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; допускает грубые ошибки	определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса, допускает несерьезные ошибки	определять характер движения жидкостей и газов; основные характеристики процессов тепло- и массопередачи; рассчитывать параметры и выбирать аппаратуру для конкретного химико-технологического процесса	
	<i>3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)</i>	Не владеет навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов	Владеет навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов, допускает грубые ошибки	Владеет навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов, допускает несерьезные ошибки	Владеет в совершенстве навыками практической работы с гидромеханическими, тепло- и массообменными аппаратами, расчетов и определения основных параметров и количественных характеристик процессов	Контрольная работа
<i>Готовностью к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования (ПК-8)</i>	<i>1 этап: Знания</i>	Не знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.	Знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов, допускает	Знает основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов, допускает	Знает в совершенстве основные методы интенсификации, повышения эффективности и оптимизации типовых химико-технологических процессов.	Коллоквиум

			грубые ошибки в знаниях.	неточности.		
	<i>2 этап: Умения</i>	Не умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов, допускает грубые ошибки.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов, допускает несерьезные ошибки.	Умеет разрабатывать конструкции типового оборудования для осуществления типовых химико-технологических процессов.	Тестовые задания
	<i>3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)</i>	Не владеет навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности.	Владеет навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности.	Владеет навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности, проектирования теплообменного оборудования и аппаратов для проведения массообменных процессов, методами оптимизации режимно-технологических параметров проведения типовых химико-технологических процессов и работы химического оборудования, допускает неточности в	Владеет в совершенстве навыками проектирования простейших типовых аппаратов химической промышленности, проектирования теплообменного оборудования и аппаратов для проведения массообменных процессов, методами оптимизации режимно-технологических параметров проведения типовых химико-технологических процессов и работы химического оборудования.	Контрольная работа

				расчетах.		
Способностью анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования (ПК-9)	1 этап: Знания	Не знает теоретических основ химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов	Знает теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов	Знает теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов	Знает теоретические основы химико-технологических процессов и устройство основных типов применяемых машин и аппаратов; общие принципы расчета и назначения технологических параметров химических процессов и методы подбора машин и аппаратов для их реализации	Коллоквиум
	2 этап: Умения	Не умеет выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов	Умеет выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов, допускает грубые ошибки	Умеет выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты с некоторыми неточностями и небольшими ошибками	Умеет выполнять расчеты основных размеров машин и аппаратов; рассчитывать оптимальные режимы процессов и подбирать необходимые для этого машины и аппараты	Тестовые задания
	3 этап: Владения (навыки / опыт деятельности)	Не владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических	Владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических	Владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических	Владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических	Владеет методами определения оптимальных и рациональных технологических

		режимов работы оборудования	режимов работы оборудования, допускает серьезные ошибки при расчете	режимов работы оборудования, навыками работы со специальными программами; совершает не грубые ошибки	режимов работы оборудования; навыками работы со специальными программами	
<i>Готовностью использовать знания основных физических теорий для решения возникающих физических задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе выходящих за пределы компетентности конкретного направления (ПК-19)</i>	<i>1 этап: Знания</i>	Не знает основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач	Знает частично основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач	Знает основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач, допускает несерьезные ошибки	Знает основы информационных технологий, основные возможности и правила работы с программными продуктами при решении профессиональных задач	Индивидуальные задания
	<i>2 этап: Умения</i>	Не умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса	Умеет частично рассчитывать основные характеристики химического процесса	Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать эффективность производства	Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать эффективность производства; применять программное обеспечение при решении задач охраны окружающей среды	Тестовые задания
	<i>3 этап: Владения</i>	Не владеет навыками	Владеет слабо	Владеет навыками	Владеет навыками	Курсовая работа



	<i>(навыки / опыт деятельности)</i>	выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники	навыками выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники	выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники, допускает негрубые ошибки	выполнения проектных работ и технологических расчетов оборудования с привлечением вычислительной техники, стандартных и оригинальных программ	
--	-------------------------------------	--	---	---	---	--

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### Перечень вопросов к коллоквиумам

*Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-1** на этапе «Знания»*

#### **Гидромеханические процессы. Расчет пылеосадительной камеры**

1. Осаждение шарообразных частиц в поле действия сил тяжести. Расчет скорости осаждения. Зоны осаждения и коэффициент сопротивления. Метод определения скорости осаждения по Лященко.
2. Осаждение шарообразных частиц в центробежном поле. Циклонный пресс. Методика расчета циклона.
3. Под действием каких сил могут проводиться процессы осаждения и фильтрация?
4. Как определить скорость осаждения частиц при различных режимах осаждения?
5. Классификация жидких неоднородных систем. Способы разделения. Материальный баланс процессов разделения.
6. Конструкция отстойников (с наклонными полками, конусный отстойник, с коническими тарелками, со скребками).
7. Дифференциальное уравнение фильтрации. Преобразование этого уравнения для режима работы с постоянным перепадом давления и режима постоянной скорости фильтрации.
8. Получите уравнение для расчета поверхности осаждения отстойника.
9. Расчет производительности осадительных и фильтрующих центрифуг.
10. В каких случаях целесообразно применять пылеосадительные камеры, электрофильтры или циклоны для очистки газов от пыли, отстойники или фильтры для разделения суспензий?

#### **Тестовые задания**

*Перечень тестовых заданий для оценки уровня сформированности компетенции **ОПК-1** на этапе «Умения»*

Номер: 1

Задание: Значения коэффициентов теплоотдачи для горячего и холодного теплоносителей соответственно составляют  $\alpha_1=1500$  Вт/(м<sup>2</sup> град) и  $\alpha_2=8000$  Вт/(м<sup>2</sup> град). Если пренебречь термическим сопротивлением стенки, для коэффициента теплопередачи  $K$  справедливо выражение

Ответы:

- 1).  $K > 1500$    2).  $K = 1500$    3).  $K < 1500$    4).  $K > 8000$    5).  $K < 8000$    6).  $1500 < K < 8000$

Номер: 2

Задание: Максимальное значение коэффициента теплопроводности соответствует

Ответы:

1). Металлам 2). Парам 3). Газам 4). Твердым веществам (песок, гравий) 5). Жидкостям

Номер: 3

Задание: На рисунках приведены графики изменения температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена. Проток теплоносителей без изменения их агрегатного состояния соответствует

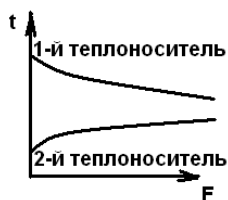


Рисунок 1

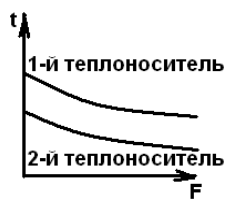


Рисунок 2



Рисунок 3

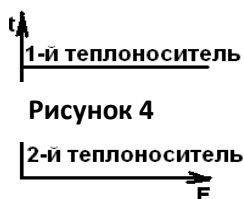


Рисунок 4



Рисунок 5

1). Рисунок 1 2). Рисунок 2 3). Рисунок 3 4). Рисунок 4 5). Рисунок 5

Номер: 4

Задание: Максимальное значение средней разности температур между теплоносителями (для теплоносителей, не изменяющих агрегатное состояние, и прочих равных условиях), соответствует

Ответы:

- 1). Проток теплоносителей
- 2). Прямому току теплоносителей
- 3). Смешанному току теплоносителей
- 4). Перекрестному току теплоносителей
- 5). Схема движения теплоносителей не имеет значения

Номер: 5

Задание: При увеличении коэффициента теплопередачи (при прочих равных условиях) величина поверхности теплообмена

Ответы:

- 1). Увеличивается
- 2). Уменьшается
- 3). Остается неизменной
- 4). Резко уменьшается
- 5). Резко увеличивается

Номер: 6

Задание: Компенсация температурных напряжений не предусмотрена в кожухотрубчатых теплообменных аппаратах

Ответы:

- 1). С U-образными трубками
- 2). С плавающей головкой
- 3). С двойными трубками
- 4). С неподвижными трубными решетками
- 5). С компенсатором на корпус

Номер: 7

Задание: К рекуперативным теплообменным аппаратам относится

Ответы:

- 1). С неподвижными трубными решетками
- 2). С плавающей головкой
- 3). Воздушного охлаждения
- 4). С насадкой
- 5). Аппараты смешения

### Варианты заданий контрольных работ

*Перечень контрольных заданий для оценки уровня сформированности компетенции ОПК-1 на этапе «Владения навыками»*

1. В вакуум-выпарном аппарате непрерывного действия с естественной циркуляцией раствора упаривается раствор соли от начальной концентрации  $b_H$  до конечной  $b_K$  (рис. 1). Вторичный пар конденсируется в поверхностном конденсаторе; вода подается в конденсатор при температуре  $15^\circ\text{C}$ , уходит – при  $50^\circ\text{C}$ . Упариваемый раствор подается в выпарной аппарат при температуре  $30^\circ\text{C}$ ; влажность греющего пара  $6\%$ . Тепловые потери в окружающую среду принять равными  $5\%$  от полезно затрачиваемого тепла. Определить: 1) Количество выпаренной воды  $W$ , т/ч. 2) Расход греющего пара  $D_{\text{п}}$ , т/ч. 3) Поверхность нагрева выпарного аппарата  $F$ ,  $\text{м}^2$ . 4) Поверхность теплообмена конденсатора  $F_K$ ,  $\text{м}^2$ . 5) Экономичность выпаривания, удельный расход греющего пара и удельный паросъем  $W_{\text{уд}}$ ,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ . Конденсат греющего пара в выпарном аппарате и вторичного пара в поверхностном конденсаторе отводится при температуре конденсации. Величину гидравлической депрессии на участке выпарной аппарат – поверхностный конденсатор принять равной  $2^\circ\text{C}$ . Плотность раствора можно принять в пределах  $1200 \div 1300 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

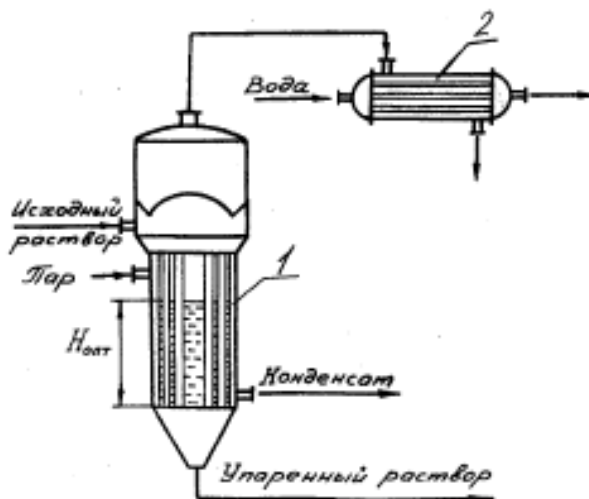


Рис. 1. Схема вакуум-выпарного аппарата непрерывного действия  
1 – выпарной аппарат; 2 – поверхностный конденсатор.

Таблица 1.

Исходные данные для решения задачи 1

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Упариваемый раствор	KNO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl	KNO <sub>3</sub>	CaCl <sub>2</sub>	KCl	NaCl	KNO <sub>3</sub>	KCl
Концентрация раствора:										
Начальная	10	6	8	15	20	6	15	5	6	12
Конечная	40	36	32	45	55	33	38	34	25	48
Производительность по исходному раствору, Gн, т/ч	16,0	14,8	13,6	21,0	15,0	10,8	14,4	12,0	18,6	9,8
Давление греющего пара, Pгп, ат	3,0	2,4	1,4	1,2	0,9	1,4	1,2	1,8	1,6	2,0
Вакуум в сепараторе выпарного аппарата, Pв, мм.рт.ст.	200	300	400	500	600	550	450	350	250	150
Высота кипящих труб, Нтр, м	7,0	6,8	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8	7,0	6,8	6,5
Коэффициент теплопередачи, К, Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	800	760	740	720	860	880	900	840	820	850

2. Аммиак поглощается водой из аммиачно-воздушной смеси в насадочном абсорбере, заполненном керамическими кольцами Рашига размером 35x35x4 мм. Давление в абсорбере 101,3 кПа (760 мм.рт.ст.), температура воды 20°C. Известны расход аммиачно-воздушной смеси при нормальных условиях V (м<sup>3</sup>/с), концентрация аммиака на входе в абсорбер – начальная концентрация аммиака в смеси у<sub>н</sub> (объемные %), содержание аммиака в воде, поступающей в абсорбер – x<sub>н</sub> (масс. %). Степень извлечения аммиака – 95%. Избыток поглотителя ε (%) и высота единиц переноса h<sub>оу</sub> (м).

Определить: 1) Количество поглощенного аммиака. 2) Конечную концентрацию аммиака в воде. 3) Минимальный фактический расход поглотителя. 4) Число единиц переноса (методом графического интегрирования). 5) Диаметр и высоту абсорбера.

Таблица 2.

Исходные данные для решения задачи 2

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Расход смеси, V, м <sup>3</sup> /с	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
Начальная концентрация аммиака в смеси, у <sub>н</sub> , объемные %	30	29	28	27	26	27	28	28	29	30

Концентрация аммиака в воде на входе в абсорбер, хн % (массн.)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Избыток поглотителя, ε, %	8	10	12	13	14	15	16	17	18	20
Высота переноса, h <sub>0y</sub> , м	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0	1,2	1,5

### Перечень вопросов к коллоквиумам

*Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ПК-8 на этапе «Знания»*

#### Расчет высоты тарельчатой ректификационной колонны

1. Принцип ректификации. Схема ректификационной колонны с указанием потоков жидкости и пара.
2. Изобразите ректификационную установку непрерывного действия для разделения бинарной смеси. Укажите все материальные и тепловые потоки.
3. Допущения, принимаемые при анализе работы ректификационной колонны.
4. Материальный баланс ректификационной колонны.
5. Вывод уравнений рабочих линий для укрепляющей и исчерпывающей частей ректификационной колонны.
6. Минимальное и рабочее флегмовое число.
7. Способы определения оптимального флегмового числа.
8. Определение расхода греющего пара для проведения процесса ректификации.
9. Запишите тепловой баланс ректификационной установки и определите расход греющего пара, подаваемого в куб колонны, и расход охлаждающей воды в дефлегматоре.
10. Влияние флегмового числа на высоту ректификационной колонны и расход греющего пара.

#### Тестовые задания

*Перечень тестовых заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-8 на этапе «Умения»*

Номер: 1

Задание: Трубчатые печи применяются

- 1). В нефтехимии
- 2). В химической промышленности
- 3). В нефтепереработке
- 4). Правильные ответы 1,2
- 5). Правильные ответы 1,3
- 6). Правильные ответы 1,2,3
- 7). Нет правильного ответа

Номер: 2

Задание: Подвод тепловой энергии к нагреваемому продукту в трубчатой печи осуществляется

Ответы:

- 1). Теплопроводностью    2). Конвекцией    3). Излучением  
4). Правильные ответы 1,2    5). Правильные ответы 1,2,3    4). Правильные ответы 2,3

Номер: 3

Задание: Не является признаком классификации трубчатых печей

Ответы:

- 1). Технологическое назначение                      2). Способ сжигания топлива  
3). Способ передачи тепла                              4). Принцип действия  
5). Конструктивные особенности

Номер: 4

Задание: Кладка радиантной камеры трубчатой печи считается

Ответы:

- 1). Абсолютно черным телом                      2). Абсолютно белым телом    3). Серым телом  
4). Абсолютно прозрачным телом    5). Нет правильного ответа

Номер: 5

Задание: Трубный экран радиантной камеры трубчатой печи воспринимает тепло

Ответы:

- 1). Факела                      2). Дымовых газов                      3). Обратное излучение кладки  
4). Правильные ответы 1,2    5). Правильные ответы 1,2,3    6). Правильные ответы 1,3

Номер: 6

Задание: Естественная тяга в трубчатой печи зависит

Ответы:

- 1). От высоты дымовой трубы                      2). От температуры дымовых газов  
3). От температуры окружающего воздуха    4). Правильные ответы 1,2  
5). Правильные ответы 1,2,3                      6). Правильные ответы 2,3

Номер: 7

Задание: Для процессов переноса массы вещества закон равновесия фаз имеет вид  $C=K+2-\Phi$ , где

C- число степеней свободы;

K- число независимых компонентов системы;

$\Phi$ - число фаз системы.

Определить число C процесса поглощения аммиака из аммиачно-воздушной смеси водой (растворимость воздуха в воде пренебречь).

Ответы:

- 1). C=1                      2). C=2                      3). C=3                      4). C=0                      5). C=4

Номер: 8

Задание: Для переноса массы вещества из газовой фазы в жидкую справедливо соотношение

Ответы:

- 1).  $y > y_p$     2).  $y = y_p$     3).  $y < y_p$     4).  $y > 0$     5).  $y_p = 0$     6).  $y = 0$

Здесь:

$y$ - рабочая (действительная) концентрация компонента в газовой фазе;

$y_p$ - концентрация компонента в газовой фазе, соответствующая равновесию системы.

### Варианты заданий контрольных работ

*Перечень контрольных заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-8 на этапе «Владения навыками»*

1. Вода, уходящая из щепомойки, очищается от песка в прямоугольном горизонтальном отстойнике (рис. 3). Определить общую длину каналов отстойников, необходимую для осаждения частиц песка шарообразной формы с минимальным диаметром  $d$ . Плотность песка  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Исходные данные принять из таблице 5.

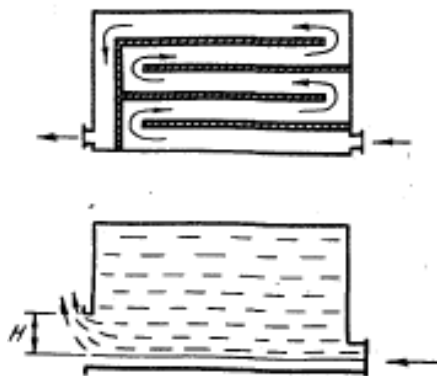


Рис. 3. Схема прямоугольного горизонтального отстойника

Таблица 3.

#### Исходные данные для задачи 1

Номер варианта	Исходные данные			
	Горизонтальная скорость движения потока, $\omega$ , м/с	Высота перелива, $H$ , м	Диаметр частиц, $d$ , мкм	Температура воды, $^{\circ}\text{C}$
0	1,0	0,45	600	20
1	0,8	0,50	500	25
2	0,8	0,35	400	30
3	0,6	0,60	300	20
4	0,4	0,45	200	15
5	0,1	0,60	100	25
6	0,08	0,45	80	30
7	0,05	0,40	60	15
8	0,04	0,35	40	20
9	0,007	0,30	20	25



2. Рассчитать вертикальный кожухотрубчатый теплообменник (конденсатор) для конденсации насыщенных паров органической жидкости при атмосферном давлении. Конденсат отводится из аппарата при температуре конденсации. Пары органической жидкости конденсируются в межтрубном пространстве, охлаждающая вода проходит по трубам и нагревается в пределах температур  $t_{H2} - t_{K2}$ .

Таблица 4.

Исходные данные для задачи 2

Номер варианта	Исходные данные			
	Конденсируемое вещество (пары)	Количество паров, кг/с	Температура воды, °С	
			Начальная, $t_{H2}$	Конечная, $t_{K2}$
0	Ацетон	1,5	10	35
1	Бензол	2,8	12	48
2	Бутиловый спирт	4,6	8	50
3	Метиловый спирт	1,2	15	42
4	Толуол	4,5	12	40
5	Четыреххлористый углерод	6,0	15	45
6	Хлороформ	3,2	14	46
7	Уксусная кислота	15,0	8	50
8	Этилацетат	9,0	15	55

### Перечень вопросов к коллоквиумам

*Перечень вопросов для оценки уровня сформированности компетенции ПК-9 на этапе «Знания»*

#### Массообменные процессы

1. Способы выражения состава фаз двухкомпонентных систем.
2. Покажите схему расчета материальных балансов массообменных процессов с извлечением вещества из одной фазы в другую, со свободной границей раздела фаз.
3. Сформулируйте первый закон Фика. От чего зависят коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл, примерные значения для жидких и газовых сред?

#### Массообменные процессы. Коэффициент массопередачи

1. Сформулируйте понятие движущей силы массообменных процессов. Способы выражения.
2. Физический смысл коэффициентов массопередачи.
3. Запишите уравнение массопередачи. Покажите связь и различие коэффициентов массопередачи и массоотдачи.

#### Массообменные процессы. Коэффициент массоотдачи

1. В чем состоят основные различия в переносе вещества молекулярной диффузией и конвективной массоотдачей?
2. Раскройте физический смысл коэффициента массоотдачи.

3. Охарактеризуйте основные модели массопереноса (пленочная, диффузионного пограничного слоя, обновления поверхности фазового контакта).

4. Охарактеризуйте подобие массообменных процессов. Запишите критериальное уравнение массоотдачи для неустановившегося и установившегося процессов массопереноса. Раскройте физический смысл критериев подобия массообменных процессов.

### Тестовые задания

*Перечень тестовых заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-9 на этапе «Умения»*

Номер: 1

Задание: Уравнение массового расхода ( $G$ , кг/с) жидкости, движущейся по трубопроводу, внутренний диаметр которого  $d_{вн}$ , наружный  $d_{н}$

Ответы:

$$1). G = \omega \cdot \rho \cdot d_{вн} \quad 2). G = \omega_{max} \cdot \rho \cdot \frac{\pi d_{вн}^2}{4} \quad 3). G = \omega \cdot \rho \cdot \frac{\pi d_{вн}^2}{4}$$

$$4). G = \omega \cdot \frac{\pi d_{вн}^2}{4} \quad 5). G = \omega \cdot \rho \cdot (d_{н} - d_{вн})$$

Здесь:

$\omega$  – средняя скорость потока, м/с;  $\rho$  – плотность потока, кг/м<sup>3</sup>.  
 $\omega_{max}$  – максимальная скорость в ядре потока, м/с/

Номер: 2

Задание: Структуре идеального вытеснения соответствует схема потока

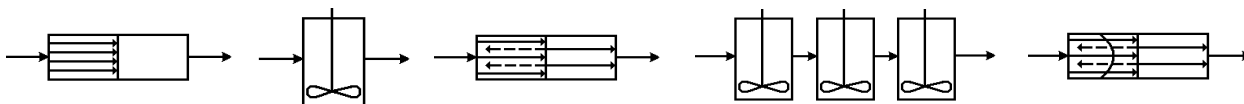


Рисунок 1

Рисунок 2

Рисунок 3

Рисунок 4

Рисунок 5

Ответы:

1). Рисунок 1    2). Рисунок 2    3). Рисунок 3    4). Рисунок 4    5). Рисунок 5

Номер: 3

Задание: Математическая модель потока идеального смешения

Ответы:

$$1). \frac{\partial c}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial c}{\partial x} \quad 2). \frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{1}{\tau} (c_{вх} - c) \quad 3). \frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{n}{\tau} (c_{i-1} - c_i)$$

$$4). \frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{n}{\tau} c \quad 5). \frac{\partial c}{\partial \tau} = -\omega \frac{\partial c}{\partial x} + D_L \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}$$

Здесь:

$c$ ,  $c_{вх}$ ,  $c_{i-1}$ ,  $c_i$  – концентрация вещества соответственно в любой момент времени пребывания  $\tau$ , на входе в аппарат и на входе и выходе из  $i$ -й ячейки, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega$  – средняя скорость потока, м/с;

$n$  – число ячеек;

$D_L$  – коэффициент продольного перемешивания, м<sup>2</sup>/с.

Номер: 4

Задание: Потери давления на преодоление сил трения и местных сопротивлений рассчитываются по уравнению

Ответы:

$$\begin{aligned} 1). \Delta P_n &= \left( \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho & 2). \Delta P_n &= \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho & 3). \Delta P_n &= \sum \xi_{\text{м.с.}} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \\ 4). \Delta P_n &= \left( \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho & 5). \Delta P_n &= \left( \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi_{\text{м.с.}} \right) \frac{\omega^2}{2g} & 6). \Delta P_n &= \sum \xi \cdot \frac{\omega^2}{2g} \end{aligned}$$

Здесь:

$\lambda, \sum \xi_{\text{м.с.}}$  – коэффициент трения и местных сопротивлений;

$L, d$  – длина и диаметр трубы, м;

$\omega$  – средняя скорость потока, м/с;  $\rho$  – плотность потока, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Номер: 5

Задание: Потери давления на преодоление сил трения ( $\Delta P_n$ ) при движении потока в прямой трубе рассчитываются по уравнению

Ответы:

$$\begin{aligned} 1). \Delta P_n &= \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho & 2). \Delta P_n &= \lambda \frac{L}{d} \cdot \rho & 3). \Delta P_n &= \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho \\ 4). \Delta P_n &= \xi_{\text{м.с.}} \cdot \frac{\omega^2}{2} \cdot \rho & 5). \Delta P_n &= \lambda \frac{L}{d} \cdot \frac{\omega^2}{2g} \end{aligned}$$

Здесь:

$\lambda, \sum \xi_{\text{м.с.}}$  – коэффициент трения и местных сопротивлений;

$L, d$  – длина и диаметр трубы, м;  $\omega$  – средняя скорость потока, м/с;

$\rho$  – плотность потока, кг/м<sup>3</sup>;  $g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

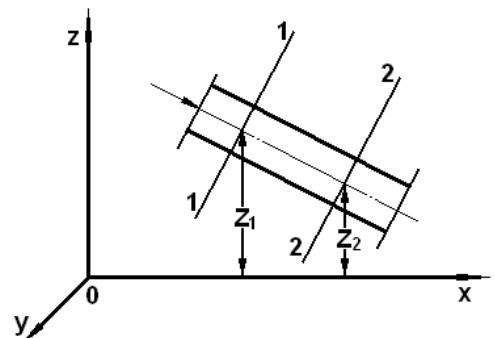
Номер: 6

Задание: По трубопроводу движется реальная жидкость. Плоскость сравнения ХОУ.

Уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 имеет вид

Ответы:

$$\begin{aligned} 1). \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} &= \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \\ 2). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} &= Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \end{aligned}$$



$$3). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_n$$

$$4). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} - h_n$$

$$5). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + h_n$$

$$6). \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_n$$

Здесь:

$\omega_1, \omega_2$  – скорость жидкости в сечениях 1-1 и 2-2, м/с;

$p_1, p_2$  – давление жидкости в сечениях 1-1 и 2-2, Па;

$h_n$  – потерянный напор при течении жидкости из сечения 1-1 в 2-2, Па/м;

$\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

$g$  – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

Номер: 7

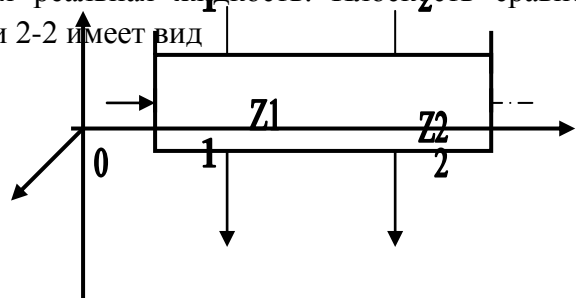
Задание: По трубопроводу движется реальная жидкость. Плоскость сравнения ХОУ. Уравнение Бернулли для сечений 1-1 и 2-2 имеет вид

Ответы:

$$1). \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} \quad \text{у}$$

$$2). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g}$$

$$3). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} + h_n$$



$$4). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\omega_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\omega_2^2}{2g} - h_n$$

$$5). Z_1 + \frac{p_1}{\rho g} = Z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + h_n$$

$$6). \frac{p_1}{\rho g} = \frac{p_2}{\rho g} + h_n$$

Здесь:

$\omega_1, \omega_2$  – скорость жидкости в сечениях 1-1 и 2-2;

$p_1, p_2$  – давление жидкости в сечениях 1-1 и 2-2;

$h_n$  – потерянный напор при течении жидкости из сечения 1-1 в 2-2;

$\rho$  – плотность жидкости;

$g$  – ускорение свободного падения.

Номер: 8

Задание: Гидравлически гладкую стенку трубопровода описывает выражение

Ответы:

$$1). \delta = \Delta \quad 2). \delta < \Delta \quad 3). \delta > 0 \quad 4). \Delta > 0 \quad 5). \delta > \Delta$$

Здесь:

$\delta$  – толщина вязкого подслоя текущей по трубе жидкости, мм;

$\Delta$  – величина шероховатости внутренней поверхности трубы, мм.

## Варианты заданий контрольных работ

*Перечень контрольных заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-9 на этапе «Владения навыками»*

1. Центробежный насос перекачивает жидкость с температурой  $20^{\circ}\text{C}$  из расходного бака в реактор, работающего под избыточным давлением (рис. 2). Трубопровод выполнен из стальных труб с незначительной коррозией (средняя шероховатость стенок труб –  $e = 0,2$  мм). На трубопроводе установлены 3 нормальных вентиля, диафрагма с отверстием диаметром  $D_0=50$  мм и 3 отвода под углом  $90^{\circ}\text{C}$  и радиусом изгиба трубы  $R_0 = 300$  мм (общая длина трубопровода –  $L$ , м). Перед подачей в реактор жидкость подогревается в кожухотрубчатом теплообменнике (число труб на один ход –  $n$ , число ходов –  $z$ , длина труб –  $l$ , изготовленном из стальных труб диаметром ( $d$ )  $25 \times 2$  мм (изменением физических параметров нагретой жидкости при расчете сопротивления трубопровода можно пренебречь). Геометрическая высота подъема ( $H_T$ , м). Рассчитать и подобрать по каталогу центробежный насос для перекачивания жидкости. Исходные данные приведены в таблице 3.

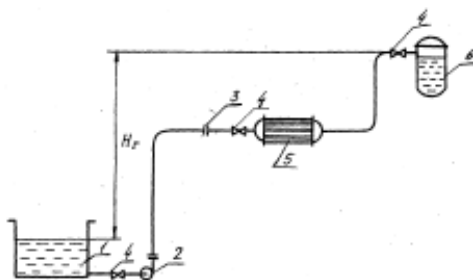


Рис. 2. Схема установки

1 – расходный бак; 2 – центробежный насос; 3 – диафрагма; 4 – вентиля; 5 – теплообменник; 6 – реактор.

Таблица 5.

Исходные данные для задачи 1

Исходные данные	Номер варианта									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Перекачиваемая жидкость	вода	этиловый спирт	бензол	толуол	метанол	ацетон	анилин	98% серная кислота	хлороформ	уксусная кислота
Расход жидкости, V, м <sup>3</sup> /ч	24	32	36	48	30	42	40	60	72	80
Общая длина трубопровода, L, м	50	40	35	30	25	18	40	36	30	24
Геометрическая высота подъема, H <sub>г</sub> , м	8	10	12	9	14	12	7	6	8	10
Кожухотрубчатый теплообменник:										
Число труб на один ход, n, шт	13	28	22	33	13	28	33	22	33	37
Число ходов, z	1	2	4	6	1	2	6	4	6	4
Длина труб, l, м	6	4	2	1	4	3	2	3	5	4

2. В аппарате с пропеллерной мешалкой перемешивается жидкость при температуре 40°C. Высота аппарата H (м), диаметр D, диаметр мешалки d. Частота вращения мешалки принять в пределах  $2 \div 6 \text{ с}^{-1}$ . Коэффициент заполнения аппарата жидкостью  $\varphi = 0,7$ . Определить: 1. Размеры аппарата. 2. Пусковую и рабочую мощность мешалки. Исходные данные приведены в таблице 2.

Таблица 6.

Исходные данные для задачи 2

Номер варианта	Исходные данные				
	Перемешиваемая жидкость*	Количество жидкости, л	Тип мешалки	D/d	H/d
0	Гидроксид натрия, 20%	70	Лопастная	2,4	1,5
1	Азотная кислота, 50%	100	Пропеллерная	4,5	1,4
2	Хлористый кальций, 25%	40	Турбинная	3,0	1,3
3	Серная кислота, 60%	60	Лопастная	5,2	1,2
4	Хлористый натрий, 20%	80	Пропеллерная	3,3	1,0
5	Метиловый спирт, 40%	90	Пропеллерная	3,8	1,4
6	Гидроксид калия, 30%	30	Турбинная	2,4	1,2
7	Аммиачная вода, 25%	50	Лопастная	4,35	1,5
8	Соляная кислота, 30%	60	Турбинная	3,0	1,0
9	Гидроксид натрия, 50%	120	Пропеллерная	16	1,3

## Индивидуальные задания

*Перечень индивидуальных заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-19 на этапе «Знания»*

1. Физические величины, определения, системы единиц измерений, правила использования систем измерений физических величин на территории РФ. Определение, нахождение и расчёт основных физико-химических и термодинамические свойства жидкостей и газов.
2. Решение основных задач по гидростатике жидкостей и газов.
3. Изучение конструкций аппаратов для хранения жидкостей и газов.
4. Изучение принципиальных устройств машин и аппаратов для решения прикладных задач гидростатики: гидравлических прессов, измерения уровня жидкостей в резервуарах и ёмкостях, измерения гидростатического давления и перепадов давлений.
5. Решение задач по основным вопросам гидродинамики жидкостей и газов.
6. Расчёт гидравлических сопротивлений различных гидравлических систем трубопроводов и аппаратов.
7. Изучение основных конструкций и принципов работы насосов и вентиляторов. Подбор насосов и вентиляторов для перемещения жидкостей и газов.
8. Гидравлический расчёт параллельных трубопроводов и трубопроводов с путевым расходом жидкостей.
9. Гидравлический удар в трубопроводах и явление кавитации.
10. Решение задач по расчёту мощности механических мешалок для перемешивания жидких сред.

## Тестовые задания

*Перечень тестовых заданий для оценки уровня сформированности компетенции ПК-19 на этапе «Умения»*

Номер: 1

Задание: Для нормальной работы насоса между давлением жидкости во всасывающем патрубке насоса  $P_{вс}$  и давлением насыщенного пара перекачиваемой жидкости  $P_{нас}$  справедливо соотношение

Ответы:

- 1).  $P_{вс} = P_{нас}$     2).  $P_{вс} < P_{нас}$     3).  $P_{вс} > P_{нас}$     4).  $P_{вс} = P_{нас} = P_{атм}$     5).  $P_{вс} \ll P_{нас}$

Номер: 2

Задание: В системе единиц СИ давление имеет размерность

Ответы:

- 1). Па    2). кгс/см<sup>2</sup>    3). Метр водного столба    4). Миллиметр водного столба  
5). Физическая атмосфера    6). Техническая атмосфера

Номер: 3

Задание: Ламинарному режиму осаждения сферических частиц соответствует значение числа Рейнольдса (Re)

Ответы:

- 1).  $Re \leq 2320$     2).  $Re \leq 2$     3).  $2 < Re \leq 500$     4).  $500 < Re < 2 \cdot 10^5$     5).  $2320 < Re \leq 10^4$

Номер: 4

Задание: Скорость стесненного осаждения сферических частиц рассчитывается по формуле

Ответы:

1).  $\omega_{ст} = \frac{L}{\tau}$     2).  $\omega_{ст} = \varphi \cdot \omega_0$     3).  $\omega_{ст} = \frac{V}{S}$     4).  $\omega_{ст} = \frac{d^2(\rho_r - \rho)g}{18\mu}$     5).  $\omega_{ст} = \omega_0$

Здесь:

L, S – длина (м) и сечение (м<sup>2</sup>) аппарата;

$\tau$  – время осаждения, с;    g – ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>.

$\omega_0$  – скорость свободного осаждения, м/с;

V – объемный секундный расход неоднородной системы, м<sup>3</sup>/с;

d – диаметр частиц, м;

$\rho_r, \rho$  – плотность соответственно частиц и жидкости, в которой происходит осаждение, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – вязкость жидкости, Па·с;

$\varphi$  – коэффициент, зависящий от объемной доли жидкости в суспензии;

Номер: 5

Задание: Гребковая мешалка в отстойниках непрерывного типа предназначена

Ответы:

- 1). Для циркуляции суспензии в отстойнике
- 2). Для непрерывного удаления осветленной жидкости
- 3). Для подачи исходной суспензии
- 4). Для непрерывного перемещения осадка к разгрузочному отверстию и обезвоживания осадка
- 5). Для перемешивания суспензии

Номер: 6

Задание: Для предварительной очистки газов (в качестве первой ступени) используются

Ответы:

- 1). Электрофильтры    2). Рукавные фильтры    3). Гидроциклоны
- 4). Пылеосадительные камеры    5). Барботажные пылеуловители

Номер: 7

Задание: Высокую степень очистки от частиц размером 0,005 мкм обеспечивают

Ответы:

- 1). Пылеосадительные камеры    2). Циклоны    3). Батарейные циклоны
- 4). Рукавные фильтры    5). Электрофильтры



Номер: 8

Задание: Для разделения эмульсий используется

Ответы:

- 1). Трехколонная центрифуга
- 2). Подвесная центрифуга
- 3). Тарельчатая центрифуга
- 4). Автоматическая горизонтальная центрифуга
- 5). Центрифуга с инерционным удалением осадка

### Варианты тем курсовых работ

*Перечень тем курсовых работ для оценки уровня сформированности компетенции ПК-19 на этапе «Владения навыками»*

Расчет непрерывно-действующей ректификационной установки для разделения бинарных (тройных) систем

№	Производительность по сырью, F, кг/ч	Концентрация компонентов (моль.д.)					Доля отгона, е	Температура верха колонны $t_b, ^\circ\text{C}$	Кратность орошения	
		сырье			дистилляте	остатке			п	к
		$X_{1F}$	$X_{2F}$	$X_{3F}$	$Y_{3D}$	$X_{3W}$				
<b>Тройная смесь "изобутан-н-бутан-н-пентан"</b>										
1.	30000	0,29	0,36	-	0,02	0,95	0,4	55	1,4	-
2.	45000	0,40	0,35	-	0,03	0,96	0,4	45	-	1,4
3.	20000	0,35	0,31	-	0,03	0,98	0,4	30	-	1,4
4.	40000	0,36	-	0,29	0,04	0,97	0,2	40	-	1,5
5.	28000	-	0,26	0,34	0,02	0,97	0,3	26	1,2	-
6.	20000	-	0,36	0,25	0,04	0,97	0,3	45	-	1,4
7.	30000	0,29	0,36	-	0,02	0,95	0,4	55	1,4	-
8.	18000	0,40	0,35	-	0,04	0,97	0,2	60	1,3	-
9.	20000	0,41	0,36	-	0,05	0,98	0,3	58	1,4	-
<b>Тройная смесь "изопентан-изопрен-бензол"</b>										
10.	30000	-	0,30	0,31	0,03	0,97	0,4	25	-	1,4
11.	30000	-	0,30	0,31	0,03	0,97	0,4	24	-	1,4
12.	26000	0,35	-	0,26	0,03	0,97	0,4	30	-	1,2
13.	29000	-	0,30	0,31	0,02	0,97	0,4	27	-	1,2
14.	29000	-	0,29	0,31	0,01	0,96	0,4	26	-	1,4
15.	26000	0,26	-	0,34	0,05	0,96	0,2	29	1,26	-
16.	27000	0,25	-	0,34	0,03	0,98	0,2	30	1,28	-

### Перечень вопросов к зачету

1. Основные понятия процессов и аппаратов химической технологии. Предмет и задачи курса.
2. Расчет выпарных установок.
3. Классификация и устройство выпарных аппаратов.
4. Гидродинамическое сопротивление и потерянный напор.
5. Типы химических производств.
6. Система единиц измерения физических величин.
7. Режимы движения жидкости: ламинарный, переходный и турбулентный

8. Технологические схемы установок для простого и многократного выпаривания и выпаривания с применением теплового насоса.
9. Тепловой и материальный баланс выпаривания.
10. Основные физические закономерности, определяющие протекание процессов, принципы их расчета и исследования. Принцип Ле-Шателье. Правило фаз Гиббса. Материальный и энергетический балансы.
11. Уравнение Дарси-Вейсбаха.
12. Коэффициенты гидравлического сопротивления и их определение.
13. Процессы выпаривания. Физико-химические основы.
14. Классификация процессов выпаривания.
15. Физико-химические и теплофизические свойства сред, участвующих в процессах.
16. Однородные и неоднородные смеси. Плотность. Вязкость. Поверхностное натяжение.
17. Потери напора на местных сопротивлениях.
18. Коэффициенты местного сопротивления.
19. Классификация и устройство теплообменной аппаратуры.
20. Основные положения метода расчета рекуперативных теплообменников.
21. Основы гидравлических процессов.
22. Расчет трубопроводов.
23. Критерии теплового подобия и критериальные уравнения.
24. Дифференциальные уравнения движения вязкой жидкости (уравнения Навье-Стокса). Физический смысл уравнений. Частные случаи написания уравнений.
25. Насосы. Классификация и основные особенности конструкций.
26. Общая схема насосной установки.
27. Конвективный теплообмен и закон Ньютона.
28. Коэффициент теплоотдачи.
29. Уравнения Эйлера. Уравнение неразрывности.
30. Отстаивание и осаждение.
31. Тепловое излучение и законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта.
32. Расчет лучистого теплообмена для простых случаев.
33. Основное уравнение гидростатики. Приборы для измерения давления.
34. Примеры практического использования основного уравнения.
35. Фильтрация.
36. Способы передачи тепла.
37. Основной закон теплопроводности (закон Фурье). Коэффициент теплопроводности.
38. Основы гидродинамики.
39. Уравнение Бернулли для потоков идеальной и реальной жидкостей и его физический смысл.
40. Классификация процессов разделения.
41. Материальный баланс процессов разделения.
42. Тепловые процессы. Физические основы теплообмена.
43. Геометрический, пьезометрический и гидродинамический напоры.

44. Кинетика осаждения и кинетика фильтрования.
45. Критериальные уравнения осаждения для различных режимов.
46. Критериальное уравнение фильтрования.
47. Перемешивание жидких, пластических и сыпучих сред.
48. Классификация и устройство основных типов смесительных машин.
49. Критериальные уравнения движения вязкой жидкости.
50. Процессы отстаивания и осаждения жидких неоднородных систем.
51. Отстаивание под действием гравитационных сил.
52. Осаждение под действием центробежных сил
53. Процессы псевдооживления.
54. Классификация и устройство аппаратов с псевдооживленным слоем.
55. Классификация и устройство оборудования для отстаивания и осаждения.
56. Процессы фильтрования.
57. Виды фильтрования. Движущие силы и скорость.
58. Классификация и устройство оборудования для фильтрования жидких неоднородных систем.
59. Процессы разделения неоднородных газовых систем.
60. Классификация и устройство газоочистительного оборудования

#### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Возникновение и развитие науки о процессах и аппаратах химической технологии.
2. Классификация основных процессов химической технологии.
3. Основы гидравлики. Общие вопросы прикладной гидравлики в химической аппаратуре. Физические свойства жидкостей.
4. Гидростатика. Дифференциальное уравнение равновесия Эйлера. Основное уравнение гидростатики. Практические приложения основного уравнения гидростатики.
5. Гидродинамика. Основные характеристики движения жидкостей. Уравнение неразрывности потока. Дифференциальные уравнения движения Эйлера.
6. Гидродинамика. Уравнение Бернулли. Практические приложения уравнения Бернулли. Дифференциальное уравнение движения Навье-Стокса. Основные теории подобия и анализа размерностей.
7. Прикладные задачи гидродинамики. Течение ньютоновских и неньютоновских жидкостей в трубах. Гидравлическое сопротивление трубопроводов. Расчет трубопроводов для транспорта жидкостей. Истечение жидкости. Потери напора.
8. Перемещение жидкостей. Общие сведения. Основные параметры насосов. Напор насоса. Высота всасывания. Классификация насосов.
9. Центробежные и поршневые насосы. Насосы других типов. Сравнение и области применения насосов различных типов.
10. Перемещение и сжатие газов. Общие сведения. Классификация компрессоров. Основные параметры работы компрессоров. Термодинамические основы процесса сжатия газов.

11. Устройство и принцип работы поршневых компрессоров.
12. Устройство и принцип работы ротационных компрессоров и газодувок.
13. Устройство и принцип работы центробежных машин.
14. Устройство и принцип работы вакуум-насосов. Сравнение и области применения компрессорных машин различных типов.
15. Гидромеханические процессы. Классификация неоднородных систем. Методы разделения неоднородных систем. Материальный баланс процесса разделения.
16. Осаждение. Общие сведения. Пути интенсификации процесса осаждения. Расчет отстойников. Фактор разделения.
17. Конструкции отстойных и фильтрующих центрифуг.
18. Разделение неоднородных газовых систем. Устройство и принцип работы циклонов.
19. Фильтрование. Виды фильтрования. Основное уравнение фильтрования. Фильтровальные перегородки. Расчет фильтров.
20. Устройство фильтров.
21. Центрифугирование. Основные положения. Центробежная сила и фактор разделения. Процессы в отстойных и фильтрующих центрифугах.
22. Устройство и расчет центрифуг.
23. Разделение газовых систем (очистка газов). Общие сведения. Мокрая очистка газов. Гравитационная очистка газов. Электрическая очистка газов.
24. Процессы образования неоднородных систем. Общие сведения. Перемешивание в жидких средах. Способы перемешивания. Классификация механических мешалок.
25. Псевдооживление. Типы зернистых слоев. Основные характеристики псевдооживленного слоя. Классификация конструкций аппаратов псевдооживления.
26. Перемешивание. Способы перемешивания. Эффективность и интенсивность перемешивания. Конструкции механических мешалок.
27. Основы теплопередачи. Общие сведения. Тепловые балансы. Основное уравнение теплопередачи. Конвективный и нестационарный теплообмен.
28. Нагревание (охлаждение) жидкостей и газов.
29. Конструкции теплообменных аппаратов.
30. Выпаривание. Общие сведения. Однокорпусные и многокорпусные выпарные установки.
31. Устройство выпарных аппаратов.
32. Расчет многокорпусных выпарных аппаратов.
33. Расчет теплообменных аппаратов. Расчет конденсаторов паров.
34. Основы массопередачи. Классификация процессов массопередачи. Уравнения массопередачи, аддитивности, массоотдачи
35. Расчет основных размеров массообменных аппаратов.
36. Абсорбция. Общие сведения. Материальный и тепловой балансы процесса.
37. Расчет абсорберов.
38. Устройство и схемы абсорбционных аппаратов и установок.

39. Перегонка. Общие сведения. Классификация бинарных смесей. Правило фаз и основные законы перегонки. Простая перегонка. Материальный и тепловой расчёты простой перегонки.

40. Ректификация. Материальный и тепловой балансы ректификационной колонны.

41. Экстракция. Общие сведения. Экстракция из жидких систем. Равновесие в системах жидкость-жидкость. Методы экстракции.

42. Экстрагирование из твердых тел. Равновесие и скорость процессов экстрагирования и растворения. Способы экстракции и растворения.

43. Устройство экстракционных аппаратов.

44. Расчет экстракционных аппаратов.

45. Адсорбция. Общие сведения. Характеристики адсорбентов и их виды. Равновесие при адсорбции.

46. Расчет адсорбентов.

47. Устройство адсорбентов и схемы адсорбционных установок.

48. Ионообменные процессы.

49. Сушка. Общие сведения. Статика сушки. Виды связи влаги с материалом. Кинетика сушки. Уравнения скорости сушки.

50. Материальный и тепловой баланс реального процесса сушки.

51. Конструкции и типы сушилок.

52. Кристаллизация. Общие сведения. Кинетика процесса кристаллизации. Способы кристаллизации.

53. Устройство и расчет кристаллизаторов.

54. Выщелачивание.

55. Кристаллизация.

56. Мембранные методы разделения. Общие сведения. Мембранные процессы разделения и способы их организации. Теоретические основы разделения обратным осмосом и ультрафильтрацией. Основные конструкции мембранных ячеек.

### 6.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

#### Рейтинг-план дисциплины на 8 семестр

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	5	3	0	15
2. Контрольные работы	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестирование	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Модуль 2</b>			<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Текущий контроль</b>				

1. Коллоквиумы	5	3	0	15
2. Индивидуальные задания	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестирование	<b>25</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>25</b>
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Зачет				
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>

### Рейтинг-план дисциплины на 9 семестр

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	5	2	0	10
2. Контрольные работы	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Тестирование	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
<b>Модуль 2</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
<b>Текущий контроль</b>				
1. Коллоквиумы	5	2	0	10
2. Индивидуальные задания	5	2	0	10
<b>Рубежный контроль</b>				
1. Курсовая работа	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>15</b>
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			<b>0</b>	<b>30</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>100</b>

Объем и уровень сформированности компетенций целиком или на различных этапах у обучающихся оцениваются по результатам текущего контроля количественной оценкой, выраженной в рейтинговых баллах. Оценке подлежит каждое контрольное мероприятие.

При оценивании сформированности компетенций применяется четырехуровневая шкала «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично».

Максимальный балл по каждому виду оценочного средства определяется в рейтинг-плане и выражает полное (100%) освоение компетенции.

Уровень сформированности компетенции «хорошо» устанавливается в случае, когда объем выполненных заданий соответствующего оценочного средства составляет 80 - 100%; «удовлетворительно» – выполнено 40 - 80%; «неудовлетворительно» – выполнено 0 - 40%

Рейтинговый балл за выполнение части или полного объема заданий соответствующего оценочного средства выставляется по формуле:

$$\text{Рейтинговый балл} = k \times \text{Максимальный балл},$$

где  $k = 0,2$  при уровне освоения «неудовлетворительно»,  $k = 0,4$  при уровне освоения «удовлетворительно»,  $k = 0,8$  при уровне освоения «хорошо» и  $k = 1$  при уровне освоения «отлично».

Оценка на этапе промежуточной аттестации выставляется согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов БашГУ:

На зачете выставляется оценка:

- зачтено - при накоплении от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- не зачтено - при накоплении от 0 до 59 рейтинговых баллов.

На экзамене выставляется оценка:

- отлично - при накоплении от 80 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),
- хорошо - при накоплении от 60 до 79 рейтинговых баллов,
- удовлетворительно - при накоплении от 45 до 59 рейтинговых баллов,
- неудовлетворительно - при накоплении менее 45 рейтинговых баллов.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **7.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

#### **Основная учебная литература:**

1. Колчина Г.Ю. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. пособие для студ., обучающихся по направлениям подготовки "04.03.01-Химия" (профиль "высокомолекулярные соединения"), "18.03.01-Химическая технология".../ МОиН РФ; СФ БашГУ; Под ред. Т.П. Мудрик и др. - Стерлитамак: Изд-во СФ БашГУ, 2016. - 96 с. - **30 экз.**

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии 7-е изд. Москва: Гос. научно-техническое изд-во хим. лит., 1961. – 831 стр.; [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=220605](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=220605) (21.08.2018).

#### **Дополнительная учебная литература:**

1. Романков П.Г., Фролов В.Ф., Флисюк О.М. Массообменные процессы химической технологии: учебное пособие // Санкт-Петербург: Химиздат, 2011. - 439 стр.; [Электронный ресурс]. - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=99360](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=99360) (21.08.2018).

2. Гатапова Н.Ц., Колиух А.Н., Набагов В.А., Орлова Н.В. Гидромеханические и тепловые процессы: учебное пособие, Ч. 1. Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. - 80 стр.; - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=444727](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=444727) (21.08.2018).

3. Еникеева Н.И., Сосновская Н.Б., Бикбулатов А.Ш., Бронская В.В., Минибаева Л.Р. Процессы и аппараты химической технологии: методические указания. Казань: Издательство КНИТУ, 2014. - 72 стр.; - URL: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_view\\_red&book\\_id=428783](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_view_red&book_id=428783) (21.08.2018).

**7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

№	Наименование документа с указанием реквизитов	Срок действия документа
1.	Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM, договор с ООО «ЗНАНИУМ» № 3151эбс от 31.05.2018	До 03.06.2019
2.	Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» (коллекция книг для СПО), договор от 31.05.2018.	До 02.06.2019
3.	Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online», договор с ООО «Нексмедиа» № 847 от 29.08.2017	До 01.10.2018
4.	Электронно-библиотечная система издательства «Лань», договор с ООО «Издательство «Лань» № 838 от 29.08.2017	До 01.10.2018
5.	База данных периодических изданий (на платформе East View EBSCO), договор с ООО «ИВИС» № 133-П 1650 от 03.07.2018	До 31.06.2019
6.	База данных периодических изданий на платформе Научной электронной библиотеки (eLibrary), Договор с ООО «РУНЭБ» № 1256 от 13.12.2017	До 31.12.2018
7.	Электронная база данных диссертаций РГБ, Договор с ФГБУ «РГБ» № 095/04/0220 от 6 дек. 2017 г.	До 07.12.2018
8.	Национальная электронная библиотека, Договор с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438 от 13 апр. 2016 г.	Бессрочный
9.	Электронно-библиотечная система «ЭБ БашГУ», договор с ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014	Бессрочный

№	Адрес (URL)	Описание страницы
1.	<a href="http://himki-vaz.ru/">http://himki-vaz.ru/</a>	Сайт «Химия в современном мире»
2.	<a href="http://www.chemport.ru">http://www.chemport.ru</a>	Химический портал ChemPort.Ru
3.	<a href="http://sci-lib.com/chemistry">http://sci-lib.com/chemistry</a>	Сайт «Химия. Новости химии»
4.	<a href="http://www.uspkhim.ru/ukh_frm.phtml?jrni d=rc&amp;page=ft">http://www.uspkhim.ru/ukh_frm.phtml?jrni d=rc&amp;page=ft</a>	Журнал "Успехи химии"
5.	<a href="http://www.chem-eng.ru">http://www.chem-eng.ru</a>	РХТУ им. Д.И. Менделеева



**7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

<b>Наименование программного обеспечения</b>
Office Standard 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmc
Windows 7 Professional

**8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические задания	Использование методических указаний по выполнению лабораторных работ.
Контрольная работа / тестовые задания / индивидуальные задания	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме, решение задач.
Курсовая работа	Работа с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, патенты, авторские свидетельства; выполнение экспериментальной части в химической лаборатории, подготовка отчета по работе
Коллоквиум	Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.
Подготовка к зачету и экзамену	При подготовке к зачету и экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лаборатория детали машин. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория	Учебная мебель, доска, проектор, экран, оборудование для проведения лабораторных работ
--	--

групповых и индивидуальных консультаций №26	
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №36	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №37	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №38	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Кабинет безопасности жизнедеятельности. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций №39	Учебная мебель, мультимедиа-проектор, экран настенный, оборудование для проведения лабораторных работ, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий курсового проектирования №122	Учебная мебель, компьютер
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы №144	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры