

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Максимов Алексей Борисович

Должность: директор департамента по образовательной политике

Дата подписания: 22.09.2023 14:55:36

Уникальный идентификатор документа:

8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования**

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  
химической технологии и биотехнологии  
/ С.В. Белуков /  
« 31 августа » 2020 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Расчет оборудования нефтехимических производств»**

Направление подготовки

**18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической  
технологии, нефтехимии и биотехнологии»**

Профиль

**Техника и технология полимерных материалов**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины.

Дисциплина «Расчет оборудования нефтехимических производств» относится к дисциплинам вариативной части профессионального цикла (Б.1.) по выбору при подготовке бакалавра, обучающегося по данному направлению, и должна дать ясное представление о прочностных расчетах нефтехимического оборудования и его узлов. Как проектируются технологические схемы, подбирается или проектируется необходимое для них оборудование и его узлы. Какие проводятся испытания готового оборудования и как осуществляется сдача-приемка его в эксплуатацию.

К **основным целям** освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» следует отнести:

- формирование в студентах рационального подхода к конструированию химических машин и аппаратов;
- освоение современных методов расчета оборудования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» следует отнести:

- изложение общих принципов и методов расчета химических аппаратов и машин.
- формирование представлений о современных тенденциях развития химического машино- и аппаратостроения.
- выработка навыков использования справочной, патентной и научно-технической литературы.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата.

Дисциплина «Расчет оборудования нефтехимических производств» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б.1.) по выбору основной образовательной программы бакалавриата «Техника и технология полимерных материалов», взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

*В базовой части базового цикла (Б.1.):*

- высшая математика;
- физика;
- инженерная графика;
- гидрогазодинамика отрасли;

- сопротивление материалов;
- теория механизмов и машин;
- термодинамика и теплопередача;
- детали машин отрасли;
- метрология, стандартизация и сертификация;
- безопасность жизнедеятельности;
- проектная деятельность;
- конструирование и расчет элементов оборудования отрасли.

*В вариативной части базового цикла (Б.1.):*

- теоретическая механика;
- оборудование и процессы нефтехимических производств;
- разработка конструкторской и технологической документации;
- машины и оборудование энергосберегающих производств;
- методы и техника герметизации оборудования для нефтехимической технологии и биотехнологии;
- монтаж и ремонт оборудования отрасли;
- проектирование производств переработки полимеров;
- очистка и рекуперация промышленных отходов;
- технологические особенности химических и нефтехимических производств;
- многотоннажные органические вещества в производстве полимеров.

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине  
«Расчет оборудования нефтехимических производств»,  
соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной  
программы.**

В результате освоения дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>	<b>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</b>

ПК-2	способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оборудование, используемое в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду.</li> </ul>
ПК-5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов ;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</li> </ul>
ПК – 7	готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уметь проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии .</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **5** зачетных единицы, т.е. **180** академических часов (из них 108 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» изучаются на **четвертом** курсе в седьмом семестре.

Лекции – 2 час в неделю (36 часов), семинарские занятия – 2 часа в неделю (36 часов), форма итогового контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

## **Содержание разделов дисциплины**

### **Четвертый курс, седьмой семестр.**

#### **Лекция 1. Введение.**

Предмет и содержание курса «Расчет оборудования нефтехимических производств», его цели и задачи. Значение курса в знаниях бакалавра по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». По мере развития современного производства с его масштабностью и ростом значений технологических параметров все большую актуальность приобретают проблемы прочностных расчетов при разработке и внедрении оборудования при создании производств в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с минимизацией антропогенного воздействия на окружающую среду.

#### **Этапы проектирования оборудования.**

Требования к конструированию оборудования. Стадии проектирования оборудования и производств. Исходные данные заказчика. Техническое задание, его необходимость. Технический проект и его содержание. Рабочий проект и его содержание.

#### **Лекция 2. Этапы проектирования оборудования.**

Основные требования конструирования оборудования. Выбор конструкционных материалов. Стандартизованные, нормализованные и унифицированные элементы и узлы оборудования. Учет возможности и удобства транспортирования, ремонта монтажа и демонтажа. Высокие эргономические показатели конструкции оборудования. Возможность соблюдения правил техники безопасности оборудования при монтаже и эксплуатации.

#### **Лекция 3. Общие сведения о конструировании, расчетах и испытаниях**

Основные методы расчета деталей и узлов химических машин и аппаратов на прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Методы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и предельным нагрузкам. Коэффициенты прочности сварных швов. Прибавки к расчетным размерам деталей. Цикловые нагрузки.

#### **Лекция 4. Общие сведения о конструировании, расчетах и испытаниях**

Классификация деталей и узлов. Геометрия сосудов различной конструкции. Стандартизация типоразмеров – ряд емкостей, ряд диаметров, ряд условных давлений. Расчетное, рабочее и пробное давление, расчетная температура. Эксплуатация сосудов под давлением. Требования к конструкции: люки, лазы, днища, расположение сварных швов, отверстий. Виды испытаний сосудов.

#### **Лекция 5. Проектирование и расчет тонкостенных оболочек**

Тонкостенные обечайки, их признаки. Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Пределы применимости теории. Основные напряжения в цилиндрической и сферической обечайке под давлением. Толщина стенки.

#### **Лекция 6. Проектирование и расчет тонкостенных оболочек**

Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое давление и потеря устойчивости формы оболочки. Длинные и короткие цилиндры. Формулы Мизеса и Саусвелла. Увеличение жесткости оболочки. Расчет на прочность колец жесткости.

#### **Лекция 7. Неразъемные соединения деталей и узлов оборудования**

Виды неразъемных соединений. Углы сопряжения оболочек и пластин. Краевая задача. Причины появления краевых нагрузок. Определение краевых сил и моментов, уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых нагрузок.

#### **Лекция 8. Расчет днищ сосудов и аппаратов**

Расчет толщины стенки. Полусферические (полушаровые) днища. Эллиптические днища. Днища сферические неотбортованные. Конические днища и переходы. Плоские днища. Конструкции для повышения жесткости плоских днищ.

#### **Лекция 9. Узлы для присоединения, обслуживания, осмотра, строповки и установки аппаратов**

Зона напряженного состояние оболочек у отверстий. Укрепление отверстий. Штуцера, бобышки – назначение, выбор условного прохода. Люки-лазы – назначение и применение, конструкции с откидывающимися крышками болтами. Смотровые окна. Цапфы, ушки и крюки. Опоры вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых устройств.

#### **Лекция 10. Разъемные соединения**

Виды разъемных соединений и требования к ним. Конструкции и область применения фланцевых соединений. Основные типы фланцев и прокладок, а

также способов размещения прокладок между фланцами. Материал и конструкции прокладок, их назначение. Расчет фланцевых соединений на плотность и прочность.

### **Лекция 11. Разъемные соединения**

Конструирование и расчет фланцев. Конструкции фланцев. Расчет цельных фланцев. Расчет приварных фланцев. Шаг размещения болтов. Конус давления гайки. Выбор оптимальной ширины прокладки.

### **Лекция 12. Кожухотрубчатые теплообменники**

Кожухотрубчатый теплообменник. Температурные напряжения в деталях и узлах. Расчет величины температурных усилий и деформаций. Учет температурных деформаций. Расчет линзовых компенсаторов, их количества и толщины стенки.

### **Лекция 13. Кожухотрубчатые теплообменники**

Способы компенсации температурных напряжений. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников. Силовые нагрузки на корпус, трубки и трубные доски. Назначение и конструкции трубных досок. Расчет толщины трубной доски. Крепление труб в трубных досках, разные способы. Расчет нагрузок на соединение труб с трубной доской.

### **Лекция 14. Колонные аппараты**

Конструкции корпусов колонных аппаратов. Расчет усилий на колонные аппараты от ветровой нагрузки по регионам. Конструкции опор колонных аппаратов. Расчет опорных обечеек, фундаментных колец и болтов на прочность.

### **Лекция 15. Перемешивающие устройства.**

Мешалки. Быстроходные и тихоходные мешалки. Конструкции мешалок: лопастные, турбинные, винтовые, якорные и рамные. Расчет мешалок. Расчет лопасти на прочность. Расчет пусковой мощности. Расчет вала мешалки.

### **Лекция 16. Уплотнение валов**

Типы уплотнений валов: гидростатические, гидродинамические, с мягкими и твердыми уплотняющими элементами. Конструкции сальников с мягкой набивкой. Расчет сальников и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения. Конструкции торцовых соединений.

### **Лекция 17. Вращающиеся барабанные аппараты**

Конструкции вращающихся барабанов. Основные детали, узлы и сборочные единицы. Основные элементы барабанов. Расчет барабанов на прочность и жесткость.

### **Лекция 18. Вращающиеся барабанные аппараты**

Конструкции бандажей. Конструкции опорных и упорных роликов Расчет размеров опорных роликов. Назначение упорного ролика. Расчет элементов упорного ролика.

## **5. Образовательные технологии.**

Методика преподавания дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» и реализация компетентного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

- организация и проведение лекций;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме контрольных работ;
- подготовка по тематике семинарских занятий;
- организация и проведение семинарских занятий.

Удельный вес семинарских занятий, проводимых по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств» составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

В процессе обучения для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации, для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств», позволяющие оценить степень сформированности компетенций обучающихся используются устный опрос студентов на семинарах по темам семинаров, к которым студенты должны подготовиться в часы самостоятельной работы и контрольные работы.

### **6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств».**



6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-2	способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду
ПК-5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду
ПК -7	готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

#### **6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств», описание шкал оценивания**

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств».

**ПК-2 способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду**

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p><b>знать:</b> - оборудование, используемое в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие знаний - - оборудования, используемого в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии .</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний оборудования, используемого в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний классификации и областей применения оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний оборудования, используемого в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии , допускаются незначительные ошибки в классификации и областей применения оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний оборудования, используемого в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии , свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> - подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений: подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения в выборе оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений: подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения . Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения в выборе оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений: подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения . Свободно оперирует приобретенными умениями.</p>

<p><b>владеть:</b> - информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду.</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения информацией по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при использовании этой информации.</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду. Информация освоена, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при ее использовании.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду, свободно применяет ее в ситуациях повышенной сложности.</p>
---	--	--	--	---

**ПК-5      готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду**

<p><b>знать:</b> - конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета .</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний конструкции аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета , допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета , свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
--	---	--	---	--

<p><b>уметь:</b> - обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения в обосновании применения технических решений.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения в обосновании применения технических решений.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p><b>владеть:</b> - информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</p>	<p>Обучающийся владеет информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения информацией по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков.</p>	<p>Обучающийся частично владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения в области безотходных технологий, направленных на охрану окружающей среды, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет информацией об основных достижениях и перспективах применения в области безотходных технологий, направленных на охрану окружающей среды, свободно применяет полученные навыки в сложных ситуациях.</p>
<p><b>ПК – 7            готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств.</b></p>				

<p><b>знать:</b> – расчет элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний по расчету элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие знаний по расчету существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Допускаются значительные ошибки, обучающийся испытывает затруднения при расчете элементов оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний по расчету элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при расчете элементов оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие знаний по расчету элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p><b>уметь:</b> – уметь проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений: - проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает затруднения при проектировании оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений: проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при проектировании оборудования.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>

<b>владеть:</b> - навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии.	Обучающийся владеет навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков.	Обучающийся частично владеет навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при применении этих навыков.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками проверки технического состояния оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и.
---	---	--	--	--

Шкалы оценивания результатов аттестации и их описание:

**Форма аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств» проводится преподавателем, ведущим занятия по этой дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств» - зачтены ответы на семинарских занятиях по дисциплине и контрольные работы.

<i>Шкала оценивания</i>	<i>Описание</i>
-------------------------	-----------------

Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

**Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.**

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

### **7.1. Рекомендуемая литература**

#### **а) Основная литература:**

1. Тимонин А.С. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учебник для ВУЗов / А.С. Тимонин, Г.В. Божко, В.Я. Борщев и др./под общей редакцией А.С. Тимонина. – Калуга: Издательство «Ноосфера», 2017. – 948 с.

2. Машины и аппараты химических производств. Учебник для студентов вузов/ И.И. Поникаров, О.А. Перельгин, В.Н. Доронин. М.Г. Гайнуллин. -М.: Машиностроение, 1989. -368 с.

### б) Дополнительная литература:

1. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов вузов М.Ф. Михалев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобин. Под общ. ред. Михалева Н.Ф. -Л.: Машиностроение, 1984. -493 с.
2. Продан В.Д. Сальниковые уплотнения с мягкой набивкой: учебное пособие /В.Д. Продан, Г.В. Божко. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. – 124 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя в трех томах. - 6-е изд. перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1999.-559 с.
4. Продан В.Д. Герметичность разъемных соединений оборудования, эксплуатируемого под давлением рабочей среды: учебное пособие /В.Д. Продан – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2012. – 280 с.
5. Вихман Г.Л., Круглов С.А. Основы конструирования аппаратов и машин нефтеперерабатывающих заводов. Учебник для студентов вузов. Машиностроение, 1978.-328 с.

### в) Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <https://lib.mospolytech.ru/> в разделе «Библиотека».

#### Интернет-ресурсы:

№ п/п	Электронный ресурс	№ договора. Срок действия доступа	Названия коллекций
1.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» ( <a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a> )	Договор № 121_64.44.ЕП/19 от 30.05.2019 г. с ООО «Директ-Медиа». с 29.05.2019 г. по 28.05.2020 г.	ЭБС «Университетская библиотека онлайн» ( <a href="http://www.biblioclub.ru">www.biblioclub.ru</a> )
2.	ЭБС «Издательства Лань» ( <a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a> )	Договор № 91_33.44.ЕП/19 от 30.04.2019 с ООО «ЭБС ЛАНЬ». с 02.05.2019 г. по 01.05.2020 г.	ЭБС «Издательства Лань» ( <a href="http://e.lanbook.com">e.lanbook.com</a> )
3.	ЭБС «ZNANIUM.COM» ( <a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a> )	Договор № 123_61.44.ЕП/19 от 04.06.2019 с ООО «ЗНАНИУМ». с 01.08.2019 по 31.07.2020	ЭБС «ZNANIUM.COM» ( <a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a> )
4.	ЭБС «ZNANIUM.COM» ( <a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a> )	Договор № 124_62.44.ЕП/19 от 04.06.2019 с ООО «ЗНАНИУМ». с 01.11.2019 по 31.10.2020	ЭБС «ZNANIUM.COM» ( <a href="http://www.znanium.com">www.znanium.com</a> )



5.	Национальная электронная библиотека (НЭБ)	Договор № 101/НЭБ/2450 от 11.10.2017 с ФГБУ «РГБ» срок действия договора 5 лет	Национальная электронная библиотека (НЭБ)
6.	Научная электронная библиотека «КИБЕРЛЕНИНКА» ( <a href="http://www.cyberleninka.ru">www.cyberleninka.ru</a> )	Свободный доступ	Научная электронная библиотека «КИБЕРЛЕНИНКА» ( <a href="http://www.cyberleninka.ru">www.cyberleninka.ru</a> )
7.	Научная электронная библиотека e.LIBRARY.ru	Свободный доступ	Научная электронная библиотека e.LIBRARY.ru
8.	ЭБС «Polpred» (polpred.com)	Свободный доступ	ЭБС «Polpred» (polpred.com)
9.	Доступ к электронным ресурсам издательства Springer Nature	Письмо в ФГБОУ «Российский Фонд Фундаментальных Исследований» от 06.08.2018 № 20-21-18/3874 с приложением С 01.04.2018 – бессрочно	Доступ к электронным ресурсам издательства Springer Nature
10.	Справочная поисковая система «Техэксперт» (доступ в читальном зале на площадке Большая Семеновская, 38, ауд. А-201)	Свободный доступ	Справочная поисковая система «Техэксперт» (доступ в читальном зале на площадке Большая Семеновская, 38, ауд. А-201)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Специализированные учебные лаборатории кафедры «Техника и технология полимерных материалов» ауд. Л 104, Л 105, оснащенные типовыми моделями элементов оборудования отрасли, а также компьютером и проектором для проведения занятий по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств». При изучении данного курса используются компьютерные программы: Word, Excel, MathCAD.

## 9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

– Для подготовки к занятиям необходимо использовать лекционный материал, а также указанную на лекции техническую литературу по теме семинара.

– При подготовке к контрольной работе необходимо использовать лекционный материал, указанную на лекции техническую литературу и материалы семинаров по теме контрольной работы.

– Для подготовки к экзамену по теме дисциплины необходимо использовать лекционный материал, материал семинарских занятий, а также указанную на лекции техническую литературу по дисциплине.

#### **10. Методические рекомендации для преподавателя**

– Для проведения занятий по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств» необходимо использовать курс лекций, составленный по тематическому плану, представленному в программе курса, а также слайды и фильмы по тематике лекций. При изложении материала рекомендуется пользоваться интернет –ресурсами по тематике материала.

– При проведении семинарских занятий необходимо использовать вопросы по тематике семинаров и лекций, представленные в программе.

– Контрольные работы проводятся на семинарах после рассмотрения тем: расчёт аппаратов на ветровую нагрузку, расчет элементов оборудования и расчет теплообменников на лекциях и семинарах. Варианты контрольных работ даны в приложении к программе.

**Структура и содержание дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» по направлению подготовки**

**18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
(бакалавр)**

п/п	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	<b>Седьмой семестр</b>														
1.	<b>Лекция 1. Введение.</b> Предмет и содержание курса «Расчет оборудования нефтехимических производств», его цели и задачи. Значение курса в знаниях бакалавра по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». По мере развития современного производства с его масштабностью и ростом значений технологических параметров все большую актуальность приобре-	7	1	2											

	<p>тают проблемы прочностных расчетов при разработке и внедрении оборудования при создании производств в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с минимизацией антропогенного воздействия на окружающую среду.</p> <p><b>Этапы проектирования оборудования.</b></p> <p>Требования к конструированию оборудования. Стадии проектирования оборудования и производств. Исходные данные заказчика. Техническое задание, его необходимость. Технический проект и его содержание. Рабочий проект и его содержание.</p>													
2.	<p><b>Семинар 1.</b></p> <p>Технологический процесс в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и показатели качества продукта. Влияние состояния оборудования на качественные и экономические показатели производства. Причины ухудшения качественных показателей производства, связанные с несовершенством конструкции,</p>			2		5								

	износом оборудования, некачественным его изготовлением. Проблема герметичности разъемных соединений, особенно для оборудования, работающего под давлением среды. Пути решения проблем ухудшения качественных показателей производства, связанных с оборудованием.													
3.	<p><b>Лекция 2. Этапы проектирования оборудования.</b></p> <p>Основные требования конструирования оборудования. Выбор конструкционных материалов. Стандартизованные, нормализованные и унифицированные элементы и узлы оборудования. Учет возможности и удобства транспортирования, ремонта монтажа и демонтажа. Высокие эргономические показатели конструкции оборудования. Возможность соблюдения правил техники безопасности оборудования при монтаже и эксплуатации.</p>	7	2	2										
4.	<p><b>Семинар 2.</b></p> <p>Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.</p>				2		5							

5.	<p><b>Лекция 3. Общие сведения о конструировании, расчетах и испытаниях</b></p> <p>Основные методы расчета деталей и узлов химических машин и аппаратов на прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Методы расчета на прочность по допускаемым напряжениям и предельным нагрузкам. Коэффициенты прочности сварных швов. Прибавки к расчетным размерам деталей. Цикловые нагрузки.</p>		3	2											
6.	<p><b>Семинар 3.</b></p> <p>Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.</p>	7		2		5									
7.	<p><b>Лекция 4. Общие сведения о конструировании, расчетах и испытаниях</b></p> <p>Классификация деталей и узлов. Геометрия сосудов различной конструкции. Стандартизация типоразмеров – ряд емкостей, ряд диаметров, ряд условных давлений. Расчетное, рабочее и пробное давление, расчетная температура. Эксплуатация сосудов под давлением. Требования к конструкции: люки, лазы, днища,</p>	7	4	2											

	расположение сварных швов, отверстий. Виды испытаний сосудов.														
8.	<b>Семинар 4.</b> Стадии проектирования оборудования для технологических процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Выбор конструкционных материалов. Учет проблем транспортировки, ремонтпригодности, эргономичности, соблюдения правил техники безопасности, стандартизации, нормализации и унификации.				2		5								
9.	<b>Лекция 5. Проектирование и расчет тонкостенных оболочек</b> Тонкостенные обечайки, их признаки. Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Пределы применимости теории. Основные напряжения в цилиндрической и сферической обечайке под давлением. Толщина стенки.	7	5		2										
10.	<b>Семинар 5.</b> Прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Допускаемые напряжения и предел прочности. Расчеты в пределах упругости и за				2		5								

	пределом текучести. Коэффициенты прочности сварных швов. Учет коррозии, эрозии, отклонения формы заготовки. Цикловые нагрузки.														
11.	<b>Лекция 6. Проектирование и расчет тонкостенных оболочек</b> Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое давление и потеря устойчивости формы оболочки. Длинные и короткие цилиндры. Формулы Мизеса и Саусвелла. Увеличение жесткости оболочки. Расчет на прочность колец жесткости.	7	6	2											
12.	<b>Семинар 6. Контрольная работа № 1</b> Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.				2		11						+		
13	<b>Лекция 7. Неразъемные соединения деталей и узлов оборудования</b> Виды неразъемных соединений. Углы сопряжения оболочек и пластин. Краевая задача. Причины появления краевых нагрузок. Определение краевых сил и моментов, уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах	7	7	2											



	сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых нагрузок.														
14.	<b>Семинар 7.</b> Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Расчет основных напряжений и толщины стенки в цилиндрической и сферической обечайке под давлением.				2		5								
15.	<b>Лекция 8. Расчет днищ сосудов и аппаратов</b> Расчет толщины стенки. Полусферические (полусферовые) днища. Эллиптические днища. Днища сферические неотбортованные. Конические днища и переходы. Плоские днища. Конструкции для повышения жесткости плоских днищ.	7	8		2										
16.	<b>Семинар 8.</b> Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое давление и потеря устойчивости формы оболочки. Критическое напряжение. Формулы для определения критического давления и напряжения для длинных и коротких обечаек.				2		5								
	<b>Лекция 9. Узлы для</b>														

17.	<p><b>присоединения, обслуживания, осмотра, строповки и установки аппаратов</b></p> <p>Зона напряженного состояние оболочек у отверстий. Укрепление отверстий. Штуцера, бобышки – назначение, выбор условного прохода. Люки-лазы – назначение и применение, конструкции с откидывающимися крышками болтами. Смотровые окна. Цапфы, ушки и крюки. Опоры вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых устройств.</p>	6	9	2										
18.	<p><b>Семинар 9.</b></p> <p>Причины появления краевых нагрузок и их определение. Уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых нагрузок.</p>			2		5								
19.	<p><b>Лекция 10. Разъемные соединения</b></p> <p>Виды разъемных соединений и требования к ним. Конструкции и область применения фланцевых соединений. Основные типы фланцев и прокладок, а также способов размещения прокладок</p>			2										

	между фланцами. Материал и конструкции прокладок, их назначение. Расчет фланцевых соединений на плотность и прочность.	7	10											
20.	<b>Семинар 10.</b> Расчет толщины стенки полусферических и эллиптических днищ. Днища сферические неотбортованные. Расчет толщины стенки конических днищ и переходов. Конструирование и расчет плоских днищ.				2		5							
21.	<b>Лекция 11. Разъемные соединения</b> Конструирование и расчет фланцев. Конструкции фланцев. Расчет цельных фланцев. Расчет приварных фланцев. Шаг размещения болтов. Конус давления гайки. Выбор оптимальной ширины прокладки.			2										
22.	<b>Семинар 11.</b> Расчет укрепления отверстий для штуцеров, люков-лазов, смотровых окон. Разработка конструкций люков с откидывающимися крышками и болтами. Расчет опор вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых	7	11		2		5							

	устройств.														
23.	<b>Лекции12.</b> <b>Кожухотрубчатые теплообменники</b> Кожухотрубчатый теплообменник. Температурные напряжения в деталях и узлах. Расчет величины температурных усилий и деформаций. Учет температурных деформаций. Расчет линзовых компенсаторов, их количества и толщины стенки.	7	12	2											
24.	<b>Семинар 12.</b> Расчет элементов сварного сосуда.				2		5								
25.	<b>Лекция13.</b> <b>Кожухотрубчатые теплообменники</b> Способы компенсации температурных напряжений. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников. Силовые нагрузки на корпус, трубки и трубные доски. Назначение и конструкции трубных досок. Расчет толщины трубной доски. Крепление труб в трубных досках, разные способы. Расчет нагрузок на соединение труб с трубной доской.	7	13	2											
26.	<b>Семинар 13.</b> Расчет элементов сварного сосуда.				2		5								

27.	<b>Лекция 14. Колонные аппараты</b> Конструкции корпусов колонных аппаратов. Расчет усилий на колонные аппараты от ветровой нагрузки по регионам. Конструкции опор колонных аппаратов. Расчет опорных обечаяек, фундаментных колец и болтов на прочность.			2										
28.	<b>Семинар 14. Контрольная работа № 2</b> Расчет элементов сварного сосуда.	7	14		2		11						+	
29.	<b>Лекция 15. Перемешивающие устройства.</b> Мешалки. Быстроходные и тихоходные мешалки. Конструкции мешалок: лопастные, турбинные, винтовые, якорные и рамные. Расчет мешалок. Расчет лопасти на прочность. Расчет пусковой мощности. Расчет вала мешалки.	7	15	2										
30	<b>Семинар 15.</b> Расчет кожухотрубчатого теплообменника.				2		5							
	<b>Лекция 16. Уплотнение валов</b> Типы уплотнений валов: гидростатические,													

31.	гидродинамические, с мягкими и твердыми уплотняющими элементами. Конструкции сальников с мягкой набивкой. Расчет сальников и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения. Конструкции торцовых соединений.	7	16	2											
32.	<b>Семинар 16.</b> Расчет кожухотрубчатого теплообменника.				2		5								
33.	<b>Лекция 17. Вращающиеся барабанные аппараты</b> Конструкции вращающихся барабанов. Основные детали, узлы и сборочные единицы. Основные элементы барабанов. Расчет барабанов на прочность и жесткость.	7	17	2											
34.	<b>Семинар 17. Контрольная работа № 3</b> Расчет кожухотрубчатого теплообменника.				2		11						+		
35.	<b>Лекция 18. Вращающиеся барабанные аппараты</b> Конструкции бандажей. Конструкции опорных и упорных роликов. Расчет размеров опорных роликов. Назначение упорного ролика. Расчет элементов упорного ролика.	7	18	2											

36.	<b>Семинар 18.</b> Расчет сальникового уплотнения и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения с мягкой набивкой для уплотнения выходного вала перемешивающего устройства.				2		5								
37.	<b>Форма аттестации</b>	7	<b>19</b>												Э
	<b>Всего часов по дисциплине в седьмом семестре</b>			36	36		108								

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: **18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»**  
ОП (профиль): «Техника и технология полимерных материалов»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности: производственно-технологическая

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Расчет оборудования нефтехимических производств**

- Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств  
2. Описание оценочных средств:

#### **Составители:**

профессор, к.т.н.

/ И.В. Скопинцев /

Заведующий кафедрой  
профессор, к. т. н.

/В.Г. Систер /

Москва, 2020 год



## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Расчет оборудования нефтехимических производств					
ФГОС ВО 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-2	способностью участвовать в совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения, минимизации воздействия на окружающую среду	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- оборудование, используемое в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду.</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, семинар, контрольная работа	УО, К/Р	<p><b>Базовый уровень:</b></p> <p>воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля.</p> <p><b>Повышенный уровень:</b></p> <p>практическое применение полученных знаний в процессе ответа на семинаре и в контрольной работе.</p>

ПК-5	готовностью обосновывать конкретные технические решения при разработке технологических процессов; выбирать технические средства и технологии, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов ;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, семинар	УО, К/Р.	<p><b>Базовый уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен грамотно обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов.</li> </ul> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен выбирать технические средства и оборудование, направленные на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.</li> </ul>
ПК – 7	готовностью осваивать и эксплуатировать новое оборудование, принимать участие в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет элементов существующего оборудования химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уметь проектировать оборудование по заданным характеристикам на основе силовых и геометрических параметров, полученных по расчету;</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками проверки технического состояния</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, семинар, экзамен.	УО, К/Р, Э.	<p><b>Базовый уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-владеет знаниями, обеспечивающими готовность осваивать и эксплуатировать новое оборудование на основе расчетов его элементов.</li> </ul> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-владеет знаниями и умением для участия в наладивании, технических осмотрах, текущих ремонтах, проверке технического состояния оборудования и программных средств.</li> </ul>

### Перечень оценочных средств по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
4	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
12	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам семинарских занятий

### Контрольные задания по вариантам

#### Контрольная работа № 1:

Рассчитать аппарат на ветровую нагрузку.

#### Контрольная работа № 2:

Выполнить все необходимые расчеты по определению геометрических параметров элементов вертикального аппарата.

#### ДАНО:

Высота аппарата от нулевой отметки  $H = H_{\text{юбки}} + H_{\text{аппарата}} =$

Внутренний и наружный диаметр аппарата  $D_{\text{в}} =$   $D_{\text{н}} =$

Масса аппарата: – при монтаже  $G_{\text{м}} =$  тонн

– при эксплуатации  $G_{\text{э}} =$  тонн

Аппарат установлен в районе – Категория

Коэффициент упругого сжатия грунта  $C_{\phi} =$

Аппарат имеет:

– коническое днище с углом конуса  $\alpha = 30^{\circ}$  и патрубком  $d_1$

– эллиптическую отъемную крышку с патрубком  $d_2$  под углом к оси  $\varphi =$

Диаметры патрубков: – на днище  $d_1 =$  м, – на крышке  $d_2 =$  м.

Материал оболочки – сталь 16ГС (Г – марганец, С – кремний),  $\sigma_{\text{T}} = 280$  МПа (при  $20^{\circ}\text{C}$ ).

Давление рабочей среды –  $P =$  МПа

Температура рабочей среды –  $t =$   $^{\circ}\text{C}$

№ вар.	Н <sub>а</sub> , м	Н <sub>ю</sub> , м	Д <sub>в</sub> , м	Д <sub>н</sub> , м	Г <sub>м</sub> , т	Г <sub>э</sub> , т	Категория	С <sub>ф</sub> , МН/м <sup>3</sup>	d <sub>1</sub> , м	d <sub>2</sub> , м	φ град	Р, МПа	t, °С
1	15	1,5	1,5	1,52	15	25	III	60	0,1	0,12	0	0,3	50
2	17	1,7	1,9	1,92	27	30	IV	80	0,1	0,12	10	0,4	70
3	20	1,9	2	2,02	19	35	V	70	0,15	0,18	20	0,5	90
4	25	2	2,2	2,22	20	35	III	60	0,2	0,25	30	0,6	100
5	40	2	2,5	2,53	23	40	IV	70	0,25	0,3	40	0,7	50
6	30	1,9	2,1	2,12	20	37	V	80	0,2	0,25	50	0,8	70
7	35	1,7	2,1	2,12	17	30	II	60	0,2	0,25	0	0,9	90
8	20	1,5	1,7	1,72	17	30	IV	70	0,1	0,12	10	1,0	100
9	45	1,7	2,2	2,23	25	42	V	80	0,2	0,25	20	0,5	50
10	27	1,7	1,4	1,42	20	35	III	60	0,1	0,12	30	0,6	70
11	32	1,9	1,5	1,52	25	37	IV	70	0,1	0,12	40	0,7	90
12	37	2	1,7	1,72	27	40	V	80	0,1	0,12	0	0,8	100
13	42	2	1,9	1,92	30	45	III	60	0,1	0,12	20	0,9	50
14	47	2,3	2	2,02	35	47	IV	70	0,15	0,18	30	1,0	70
15	52	2,3	2,1	2,12	37	52	V	80	0,15	0,2	40	0,5	90

### Контрольная работа № 3. Расчет кожухотрубного теплообменника.

ДАНО:

Горизонтальный кожухотрубный теплообменник жесткого типа. Диаметр теплоотводящих трубок 16 x 1,5 мм, их длина L = м, поверхность теплообмена F = м<sup>2</sup>. Теплообменник предназначен для подогрева G = т/час рабочей среды от t = 20, до t = °С насыщенным паром. Давление среды (в трубах) P<sub>т</sub> = 0,2 МПа, давление насыщенного пара P<sub>п</sub> = МПа.

Выполнить расчёты на прочность его основных элементов (трубных решеток, кожуха, фланцев, крышек, опорных элементов, линзового компенсатора) и определить геометрические параметры элементов горизонтального кожухотрубного теплообменника жесткого типа.

№ вар.	L, м	F, м <sup>2</sup>	G, т/час	t, °С	P <sub>п</sub> , МПа
1	40	200	300	70	0,12
2	42	200	300	70	0,12
3	46	260	300	70	0,14
4	48	260	300	70	0,14
5	50	260	400	80	0,14
6	52	280	400	80	0,16
7	56	280	400	80	0,16
8	58	280	500	80	0,16
9	60	300	500	90	0,18
10	62	300	500	90	0,18
11	66	320	500	90	0,2
12	68	320	500	90	0,2
13	100	1500	1,2	0,3	0,25
14	105	1500	1,2	0,3	0,25
15	110	1500	1,2	0,3	0,25

## **Вопросы по темам семинарских занятий по дисциплине «Расчет оборудования нефтехимических производств»**

### **Семинар 1.**

Технологический процесс в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии и показатели качества продукта. Влияние состояния оборудования на качественные и экономические показатели производства. Причины ухудшения качественных показателей производства, связанные с несовершенством конструкции, износом оборудования, некачественным его изготовлением. Проблема герметичности разъемных соединений, особенно для оборудования, работающего под давлением среды. Пути решения проблем ухудшения качественных показателей производства, связанных с оборудованием.

### **Семинар 2.**

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

### **Семинар 3.**

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

### **Семинар 4.**

Стадии проектирования оборудования для технологических процессов в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии. Выбор конструкционных материалов. Учет проблем транспортировки, ремонтпригодности, эргономичности, соблюдения правил техники безопасности, стандартизации, нормализации и унификации.

### **Семинар 5.**

Прочность, жесткость, устойчивость формы, коррозионную и эрозионную стойкость. Допускаемые напряжения и предел прочности. Расчеты в пределах упругости и за пределом текучести. Коэффициенты прочности сварных швов. Учет коррозии, эрозии, отклонения формы заготовки. Цикловые нагрузки.

### **Семинар 6. Контрольная работа № 1**

Расчет колонных аппаратов, установленных на открытых площадках на колебания и ветровую нагрузку.

### **Семинар 7.**

Безмоментная (мембранная) теория расчета тонкостенных обечаек. Расчет основных напряжений и толщины стенки в цилиндрической и сферической обечайке под давлением.

### **Семинар 8.**

Работа тонкостенной оболочки под внешним давлением. Критическое

давление и потеря устойчивости формы оболочки. Критическое напряжение. Формулы для определения критического давления и напряжения для длинных и коротких обечаек.

### **Семинар 9.**

Причины появления краевых нагрузок и их определение. Уравнения совместных деформаций соединяемых деталей. Напряженное состояние в углах сопряжения деталей. Расчет деталей с учетом краевых наг

### **Семинар 10.**

Расчет толщины стенки полусферических и эллиптических днищ. Днища сферические неотбортованные. Расчет толщины стенки конических днищ и переходов. Конструирование и расчет плоских днищ.

### **Семинар 11.**

Расчет укрепления отверстий для штуцеров, люков-лазов, смотровых окон. Разработка конструкций люков с откидывающимися крышками и болтами. Расчет опор вертикальных и горизонтальных аппаратов. Расчет на прочность обечайки аппарата в месте крепления опор и строповых устройств.

### **Семинар 12.**

Расчет элементов сварного сосуда.

### **Семинар 13.**

Расчет элементов сварного сосуда.

### **Семинар 14. Контрольная работа № 2**

Расчет элементов сварного сосуда.

### **Семинар 15.**

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

### **Семинар 16.**

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

### **Семинар 17. Контрольная работа № 3**

Расчет кожухотрубчатого теплообменника.

### **Семинар 18.**

Расчет сальникового уплотнения и усилий затяжки болтов сальникового уплотнения с мягкой набивкой для уплотнения выходного вала перемешивающего устройства.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ (ДЛЯ ЭКЗАМЕНА)

1. Конструирование и расчет узлов укрепления отверстий в стенках сосудов.
2. Определение числа волн длинной цилиндрической оболочки при превышении критического давления.
3. Вывод выражения для расчета толщины стенки аппарата, работающего под давлением. Дать характеристику параметрам, входящим в выражение.
4. Физический смысл коэффициента сварного шва. Почему он не может быть больше 1? 5. Конструкции кожухотрубчатых теплообменников. Расчет температурных напряжений и деформаций корпуса и труб.
6. Как проводятся испытания и что принимается за расчетное давление в аппарате в случае наличия в нем газового давления и столба жидкости.
7. Типы уплотнений валов аппаратов, работающих под давлением.
8. Температурное напряжения в деталях и узлах теплообменников. Способы решения.
9. Напряженное состояние и расчет плоских крышек, нагруженных давлением.
10. Напряженное состояние аппарата, работающего под давлением при разрыве оболочки. По какой линии произойдет разрыв - по продольной или поперечной и почему.
11. Напряженное состояние и расчет цилиндрических обечаек, нагруженных давлением.
12. Напряженное состояние аппарата сферической формы, работающего под давлением.
13. Конструирование опор колонных аппаратов.
14. Виды неразъемных соединений и их применение.
15. Конструкции фланцевых соединений. Напряженное состояние и расчет накидных фланцев.
16. Напряженное состояние аппарата, работающего под давлением. Какая форма аппарата, работающего под давлением является наиболее конструктивной и почему.
17. Конструкции фланцевых соединений. Напряженное состояние и расчет приварных фланцев.
18. Основные стадии конструирования оборудования.
19. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих во фланцах.
20. Напряженное состояние оборудования, работающего под давлением.
21. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих в крепежных элементах, определение размеров болтов.
22. Напряженное состояние в месте сопряжения цилиндрической и конической обечаек аппарата, работающего под давлением.
23. Конструкции фланцевых соединений. Расчет усилий, действующих на прокладку.
24. Критическое давление. Расчет критического давления для длинных обечаек.
25. Напряженное состояние и расчет конических обечаек, нагруженных давлением.
26. Напряженное состояние в месте соединения сферической крышки и цилиндрического корпуса. Распорная сила и ее определение.
27. Конструирование и расчет сальников.
28. Уравнения совместных деформаций соединяемых обечайки и конического днища работающих под давлением.
29. Конструирование и расчет торцовых уплотнений валов.
30. Раскрыть понятие «Краевой эффект».
31. Расчет цилиндрического аппарата на колебания при воздействии ветровой нагрузки.

Природа их происхождения и чем они опасны.

32. Выбор материалов при изготовлении оборудования химической промышленности.

33. Конструирование и расчет валов аппаратов с мешалками.

34. Рабочее, расчетное и пробное давление в аппарате.

35. Напряженное состояние и расчет эллиптических крышек, нагруженных давлением.

36. Выбор конструкционных материалов при конструировании нефтехимической аппаратуры.

Говорят «материал не должен быть дорогим». Всегда ли это оправдано?

37. Безмоментная теория расчета обечаек.

38. Работа разъемных соединений при повышенных температурах. Чем это опасно. Как учитывать при расчетах.

39. Принципы и порядок расчета колонных аппаратов на ветровую нагрузку.

40. Виды испытаний сосудов, работающих под давлением.



# Аннотация программы дисциплины: «Расчет оборудования нефтехимических производств»

## 1. Цели и задачи дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» следует отнести:

- формирование в студентах рационального подхода к конструированию химических машин и аппаратов;
- освоение современных методов расчета оборудования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» следует отнести:

- изложение общих принципов и методов расчета химических аппаратов и машин.
- формирование представлений о современных тенденциях развития химического машино- и аппаратостроения.
- выработка навыков использования справочной, патентной и научно-технической литературы.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина «Расчет оборудования нефтехимических производств» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла (Б.1.) по выбору основной образовательной программы бакалавриата «Техника и технология полимерных материалов», взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

### *В базовой части базового цикла (Б.1.):*

- высшая математика; – физика; – инженерная графика; – гидрогазодинамика отрасли; – сопротивление материалов; – теория механизмов и машин; – термодинамика и теплопередача; – детали машин отрасли; – метрология, стандартизация и сертификация; – безопасность жизнедеятельности; – проектная деятельность; – конструирование и расчет элементов оборудования отрасли.

### *В вариативной части базового цикла (Б.1.):*

- теоретическая механика; – оборудование и процессы нефтехимических производств; – разработка конструкторской и технологической документации; – машины и оборудование энергосберегающих производств;
- методы и техника герметизации оборудования для нефтехимической технологии и биотехнологии; – монтаж и ремонт оборудования отрасли; – проектирование производств переработки полимеров; – очистка и рекуперация промышленных отходов; – технологические особенности химических и нефтехимических производств; – многотоннажные органические вещества в производстве полимеров.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В результате изучения дисциплины «Расчет оборудования нефтехимических производств» студенты должны:

**знать:**

- оборудование, используемое в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии;
- конструкции современных аппаратов химической технологии и принципы их прочностного расчета;

**уметь:**

- подбирать оборудование при разработке и совершенствовании технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения;
- обосновывать конкретные технические решения при разработке аппаратов при создании малоотходных технологических процессов ;

**владеть:**

- информацией о современном оборудовании для создания технологических схем процессов с минимизацией воздействия на окружающую среду.;
- информацией о новых технических решениях в области аппаратуры для технологий, направленных на минимизацию антропогенного воздействия на окружающую среду.

#### 4. Объём дисциплины и виды учебной работы

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 7</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>180 (5 з.е.)</b>	<b>180 (5 з.е.)</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>72</b>	<b>72</b>
<b>В том числе</b>		
<b>лекции</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>36</b>	<b>36</b>
<b>Лабораторные занятия</b>		
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Курсовая работа</b>	<b>нет</b>	
<b>Курсовой проект</b>	<b>нет</b>	
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	