

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 16.09.2023 11:30:17  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02e9e60521a5672742735c18b1d6

**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**

**«Компрессорные машины»**

Направление подготовки

**16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**

Профиль **«Холодильная техника и технологии»**

Квалификация (степень) выпускника

**Бакалавр**

Форма обучения

**Очная**

Москва 2020

## 1 Цели освоения дисциплины

Основной **целью** освоения дисциплины «Компрессорные машины» является изучение конструкций холодильных компрессоров и методик их расчета.

**Задачами** освоения дисциплины являются:

- изучение типов и конструкций холодильных компрессоров;
- изучение методов расчета холодильных компрессоров;
- изучение принципов конструирования и подбора холодильных компрессоров.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Компрессорные машины» относится к учебным дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Компрессорные машины» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- «Холодильные установки»;
- «Теоретические основы холодильной техники»

## 3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

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

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-7	готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе	знать: - устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров; - методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров; - характеристики, способы регулирования производительности и защиты компрессоров.  уметь:

	<p>эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</p>	<p>- выбирать холодильный компрессор для заданных условий;          - рассчитывать и конструировать холодильные компрессоры и их элементы.</p> <p>владеть:</p> <p>- навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок;          - навыками проведения экспериментальных исследований.</p>
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетные единицы, т.е. 216 академических часа (из них 108 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Компрессорные машины» изучаются на 7 семестре: лекции – 54 ч., семинары и практические занятия – 36 ч., лабораторные работы – 18 ч., форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Компрессорные машины» по срокам и видам работы отражены в приложении.

#### Содержание разделов дисциплины

Роль холодильного компрессора (ХК) в холодильной машине. Внешние условия работы компрессора в составе холодильной машины. Основные особенности ХК по сравнению с компрессорами общего назначения. Принцип действия различных типов компрессоров. Классификация. Области применения ХК различных типов и исполнений. Объемы производства ХК различных типов и различной производительности.

Основные уравнения теории и расчета ХК. Процессы сжатия в ХК. Показатели качества технического уровня ХК. Тенденции развития ХК.

Применяемые типы и исполнения ПХК. Классификация. Достоинства и недостатки. Основные характеристики. Области применения. Объемы производства. Тенденции развития.

Теоретический ПХК. Индикаторная диаграмма. Объемная и массовая производительность.

Холодопроизводительность. Потребляемая мощность. Оценка эффективности.

Действительные процессы ПХК. Индикаторная диаграмма действительного ПХК. Коэффициент подачи. Частные объемные коэффициенты. Экспериментальное определение объемных коэффициентов и коэффициента подачи. Индицирование ПХК. Методы повышения объемной эффективности ПХК. Потребляемая мощность. Энергетические потери. Индикаторный, механический, эффективный и электрический КПД.

Методы снижения энергозатрат. Оценка эффективности ПХК.

Экспериментальные и теоретические методы построения. Сравнительные режимы. Влияние свойств холодильных агентов на характеристики. Тепловой и конструктивный расчет ПХК. Выбор частоты вращения, числа цилиндров, хода поршня и диаметра цилиндров. Порядок теплового и конструктивного расчета.

Основные уравнения кинематики. Силы и моменты сил, действующие в КШМ. Расчет маховых масс. Уравновешивание. Схемы ПХК. Выбор схемы. Определение нагрузки на опоры. Выбор опор.

Градации и ряды ПХК. Методы унификации и стандартизации в холодильном компрессоростроении. Особенности конструкций ПХК малой, средней и крупной производительности. ПХК транспортной и бытовой холодильной техники. Выбор ПХК для заданных условий.

Конструирование и расчет корпусов, поршней и поршневых уплотнений, шатунно-поршневой группы, опор скольжения и качения, уплотнений вала и штока. Выбор основных конструкционных материалов. Смазка ПХК. Системы смазки. Основные элементы системы смазки. Выбор смазочных материалов. Регулирование производительности. Способы регулирования. Устройство систем регулирования. Защита ПХК. Автоматизация ПХК.

Классификация. Преимущества ВХК. Конструкции ВХК. Рабочие процессы в маслозаполненном и "сухом" компрессоре. Геометрические параметры. Профили зубьев роторов, их влияние на эффективность ВХК. Профилирование окон всасывания и нагнетания.

Объемные потери в ВХК; коэффициент подачи. Индикаторная диаграмма ВХК. Энергетические потери в ВХК. КПД винтового компрессора. Влияние на КПД ВХК окружной скорости роторов свойств хладагента и масла, температура газа и масла, расхода масла. Холодопроизводительность и потребляемая мощность ВХК. Характеристики ВХК.

Силы и моменты сил, действующие на роторы в ВХК

Система смазки. Рабочие вещества, схемы и циклы. Определение количества масла, подаваемого в компрессор. Регулирование производительности. Повышение эффективности работы ВХК за счет регулирования геометрической степени сжатия. Конструкции ВХК и основных элементов. Тенденции развития.

Ротационные холодильные компрессоры (РХК). Общие положения. Разновидности, классификация, преимущества и недостатки, области применения РХК.

Принцип действия РХК с катящимся поршнем, устройство, конструкции. Теоретические характеристики. Действительные характеристики, объемные и энергетические коэффициенты.

Принцип действия РХК спирального типа (СХК), устройство, конструкции. Теоретические характеристики. Действительные характеристики, объемные и энергетические коэффициенты. Сопоставление характеристик СХК и ПХК.

Значение, место, область применения холодильных центробежных компрессоров ЦХК в холодильной технике. Устройство и принцип действия. Диапазон рабочих параметров. Преимущества и недостатки в сравнении с

другими типами холодильных компрессоров. Устройство. Характерные параметры, безразмерные коэффициенты.

Теоретический процесс в ступени. Теоретические характеристики ступени при различных углах лопаток на выходе из колеса. Коэффициент реакции.

Действительный процесс в ступени. Факторы, определяющие действительные характеристики ступени от теоретических. Влияние конечной толщины лопаток. Газодинамические потери в ступени. Потери на трение дисков. Потери от перетечек пара. Полная внутренняя работа ступени.

Степень повышения давления в ступени. Типы рабочих колес и их характерные параметры. Влияние рабочих параметров на характеристики ступени: число лопаток, число Маха, число Рейнольдса, чистота поверхности каналов, соотношение геометрических параметров проточной части. Профилирование лопаток рабочих колес. Неподвижные элементы проточной ступени и их характерные параметры. Диффузоры. Обратнаправляющие аппараты. Всасывающие камеры. Сборные камеры и участки.

## **5. Образовательные технологии**

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

- работа на семинарах по выполнению расчетов холодильных компрессоров.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Компрессорные машины» и в целом по дисциплине составляет 10 % 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 используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- защита выполненных лабораторных работ.

Текущий контроль успеваемости и промежуточной аттестации проводится по следующим критериям:

- выполнение и защита курсового проекта, в котором каждый студент разрабатывает один из типов компрессоров: поршневой, винтовой или центробежный в объеме четырех листов А1; выполняет тепловые, динамические и газодинамические расчеты. Расчеты предполагают использование ЭВМ.

Содержание пояснительной записки:

Введение

1. Пояснительная записка

1.1. Краткая техническая характеристика машины

1.2. Описание конструктивной схемы и принципа действия машины

1.3. Описание компоновки машины (агрегата)

1.4. Особенности конструкции основных узлов и применяемых материалов

1.5. Описание работы системы контроля и управления

1.6. Описание работы системы смазки

1.7. Описание работы системы регулирования

Описание работы системы защиты

2. Тепловой, гидравлический, газодинамический, динамический и прочностной расчеты

проектируемой машины

2.1. Тепловой расчет машины

2.2. Газодинамический расчет машины

2.3. Определение основных геометрических размеров

2.4. Профилирование проточной части турбомашины

2.5.1. Определение собственных частот вращения ротора турбомашины

2.5.2. Динамический расчет поршневой машины

В пояснительной записке приводятся тепловой и газодинамический расчет, расчет и профилирование элементов проточной части направляющего аппарата и рабочего колеса.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают вопросы и задания для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины, защита рефератов.

Образцы вопросов и заданий для проведения текущего контроля приведены в приложении.

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

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-7	готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов

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 (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

<b>ПК-7 - готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</b>				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров;</li> <li>- методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров;</li> <li>- характеристики, способы регулирования производительности</li> </ul>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>

ти и защиты компрессоров.				
уметь: - выбирать холодильный компрессор для заданных условий; - рассчитывать и конструировать, холодильные компрессоры и их элементы.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет рассчитывать и конструировать поршневые и турбодетандеры	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие умений Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие умений. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации	Обучающийся демонстрирует полное соответствие умений Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: - навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок; - навыками проведения экспериментальных исследований.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методикой проведения экспериментальных исследований	Обучающийся владеет методиками в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей	Обучающийся частично владеет методиками, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методиками, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: экзамен.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

*К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Компрессорные машины».*



<i>Шкала оценивания</i>	<i>Описание</i>
<i>Отлично</i>	<i>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.</i>
<i>Хорошо</i>	<i>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 незначительные ошибки.</i>
<i>Удовлетворительно</i>	<i>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.</i>
<i>Неудовлетворительно</i>	<i>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.</i>

**Фонды оценочных средств представлены в приложении 1 к рабочей программе.**

**Структура и содержание дисциплины «Компрессорные машины» по направлению подготовки  
16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»  
(бакалавр)**

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	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э	З
Общие положения	6	1-4	8		2									
Поршневые холодильные компрессоры	6	5-8	12	12	12									
Винтовые холодильные компрессоры	6	9-12	12	12	6									
Ротационные холодильные компрессоры	6	13-15	12											
Холодильные центробежные компрессоры	6	16-18	12	12										
Итого	6		54	36	18	108							+	

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

### *а) основная литература:*

1. Борисов, В. М. Технология компрессорного и холодильного машиностроения : учебное пособие / В. М. Борисов. — Казань : КНИТУ, 2012. — 140 с. — ISBN 978-5-7882-1293-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73444> (дата обращения: 12.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### *б) дополнительная литература:*

1. Автономова, И.В. Компрессорные станции и установки. Ч. 3. Масла и системы смазки компрессоров. Водоснабжение. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 72 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/52241> (дата обращения: 12.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### *в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:*

Программное обеспечение – Microsoft Office.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте <http://lib.mami.ru> в разделе «Библиотека», а также в электронных библиотечных системах, с которыми заключены договоры Университетом.

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

Лекционные и практические занятия и лабораторные работы проводятся в специализированных аудиториях кафедры Ав2211 и Ав2103, оснащенных соответствующим испытательным стендовым оборудованием, плакатами, натурными образцами узлов, деталей машин.

При кафедре работает консультационно-вычислительный класс Ав2209 для самостоятельной работы, оснащенный компьютерами с соответствующим расчетным и графическим программным обеспечением.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа является одним из видов получения образования обучающимися и направлена на:

- изучение теоретического материала, подготовка к лекционным, лабораторным, семинарским (практическим) занятиям;
- подготовка к тестированию с использованием общеобразовательного портала.

Самостоятельная работа студентов представляет собой важнейшее звено учебного процесса, без правильной организации которого обучающийся не может быть высококвалифицированным выпускником.

Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого семестра и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Важно полнее учесть обстоятельства своей работы, уяснить, что является главным на данном этапе, какую последовательность работы выбрать, чтобы выполнить ее лучше и с наименьшими затратами времени и энергии.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Студент должен помнить, что в процессе обучения важнейшую роль играет самостоятельная работа с книгой. Научиться работать с книгой – важнейшая задача студента. Без этого навыка будет чрезвычайно трудно изучать программный материал, и много времени будет потрачено нерационально. Работа с книгой складывается из умения подобрать необходимые книги, разобраться в них, законспектировать, выбрать главное, усвоить и применить на практике.

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

Основным требованием к преподаванию дисциплины является творческий, проблемно-диалоговый подход, позволяющий повысить интерес студентов к содержанию учебного материала.

Основная форма изучения и закрепления знаний по этой дисциплине – лекционная, лабораторная и практическая. Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений,

сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Основу учебных занятий по дисциплине составляют лекции. В процессе обучения студентов используются различные виды учебных занятий (аудиторных и внеаудиторных): лекции, семинарские занятия, лабораторные работы, консультации и т.д. На первом занятии по данной учебной дисциплине необходимо ознакомить студентов с порядком ее изучения, раскрыть место и роль дисциплины в системе наук, ее практическое значение, довести до студентов требования кафедры, ответить на вопросы.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив ее характер, тему и круг тех вопросов, которые в ее ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрыть содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала вопросы и давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категориальный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий – обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы.

Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию

собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.


Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки бакалавров **16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения**, профиль подготовки «**Холодильная техника и технологии**».

**Программу составил:**

доцент кафедры «Техника низких температур», к.т.н.  /А.Е. Ермолаев/

**Программа утверждена на заседании кафедры «Техника низких температур»**  
«\_17\_» \_\_\_\_06\_\_\_\_ 2020 г., протокол № \_\_95\_\_

Заведующий кафедрой, к.т.н.

 /С.В. Белуков/

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

Направление подготовки: 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы  
жизнеобеспечения»

ОП (профиль): «Холодильная техника и технологии»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:

**расчетно-экспериментальная с элементами научно-исследовательской,  
проектно-конструкторская**

Кафедра: «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

## **ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

#### **Компрессорные машины**

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

Составитель:

**Ермолаев А.Е.**

Москва, 2020 год

## ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

<b>Компрессорные машины</b>					
ФГОС ВО 16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонентов</b>	<b>Технология формирования компетенций</b>	<b>Форма оценочного средства**</b>	<b>Степени уровней освоения компетенций</b>
<b>ИН-ДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВКА</b>				
ПК-7	готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров;</li> <li>- методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров;</li> <li>- характеристики, способы регулирования производительности и защиты компрессоров.</li> </ul> <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выбирать холодильный компрессор для заданных условий;</li> <li>- рассчитывать и конструировать холодильные компрессоры и их элементы.</li> </ul> <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок;</li> <li>- навыками проведения экспериментальных исследований.</li> </ul>	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	ДС К/Р	<p><b>Базовый уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен применять элементы анализа к системам, рассчитывать холодильные компрессоры и анализировать установки на их базе</li> </ul> <p><b>Повышенный уровень</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- способен применять элементы эксергетического анализа к системам и составлять уравнения эксергетического баланса для систем, рассчитывать и анализировать криогенные гелиевые установки и анализировать циклы и аппараты ожижителей водорода</li> </ul>

\*\* - Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 2 к РП.



### Перечень оценочных средств по дисциплине «Компрессорные машины»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Доклад, сообщение (ДС)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
2	Курсовой проект (КП)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
3	Лабораторная работа	Выполнение работ лаборатории	Темы лабораторных работ

Кафедра «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

(наименование кафедры)

<b>ПК-7 - готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</b>					
<b>Контролируемый результат обучения</b>	<b>Контролируемые темы (разделы) дисциплины</b>	<b>Экзамен</b>			
		<b>Критерии оценивания</b>			
		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров;</li> <li>- методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров;</li> <li>- характеристики, способы регулирования производительности и защиты компрессоров.</li> </ul>	1 – 5	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>

# Комплект разноуровневых задач (заданий)

по дисциплине «Компрессорные машины»

## 1 Задачи репродуктивного уровня

Поршневой компрессор. Расчетные режимы.

## 2 Задачи реконструктивного уровня

Поршневой компрессор. Способы регулирования холодопроизводительности, оценка эффективности. Виды защиты

## 3 Задачи творческого уровня

Сравнить скорость звука для двух хладагентов. Задано: хладагент,  $T$ . Понятие условного числа Маха.

## ВАРИАНТЫ ВОПРОСОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

1. Назначение холодильного компрессора, его место в холодильной системе, внешние условия работы, особенности (в сравнении с воздушными), классификация по принципу действия и конструкции, основные показатели совершенства, области применения.
2. Спиральный компрессор. Определяющие размеры рабочих органов. Теоретическая объемная производительность.
3. Выбрать определяющие размеры спирального компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
4. Поршневой компрессор: принцип действия, классификация по конструкции. Место, преимущества, недостатки в сравнении с другими типами, определяющие геометрические размеры.
5. Выбрать определяющие размеры поршневого компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
6. Конструкции винтового компрессора: роторы, корпус, крышки, подшипники.

## ВАРИАНТЫ ТИПОВЫХ ВОПРОСОВ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

1. Основные уравнения теории и расчета холодильных компрессоров.
2. Поршневой компрессор. Расчетные режимы.
3. Преобладающие виды потерь процесса сжатия винтового маслозаполненного холодильного компрессора. Их влияние на выбор окружной скорости винтов.
4. Зависимость коэффициента подачи и к.п.д. холодильного компрессора объемного принципа действия от отношения давлений  $\pi = P_k/P_0$ .
5. Центробежный компрессор. Типы колес и выбор типа. Выбор окружной скорости колес. Достигаемая степень сжатия в ступени.
6. Устройство и принцип действия однороторного винтового компрессора.
7. Зависимость условий работы компрессора в составе холодильной машины от свойств хладагента при заданных температурах  $t_0$ ,  $t_k$ .

8. Поршневой компрессор. Способы регулирования холодопроизводительности, оценка эффективности. Виды защиты компрессора.
9. Винтовой компрессор: основные геометрические характеристики, окружная скорость роторов, теоретическая объемная производительность.
10. Уравнение энергии. действительные процессы сжатия в  $s, T$  диаграмме с охлаждением и без охлаждения.
11. Уравнение Бернулли. Его роль при анализе процессов сжатия.
12. Процессы сжатия в  $s, T$  диаграмме: теоретический (без потерь и без охлаждения), действительные с охлаждением и без охлаждения.
13. Сравнить скорость звука для двух хладагентов. Задано: хладагент,  $T$ . Понятие условного числа Маха.
14. Абсолютный и относительный мертвый объем поршневого компрессора. Порядок величины. Влияние на характеристики компрессора.

### **ВАРИАНТЫ ТИПОВЫХ ПРИМЕРОВ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ**

1. Выбрать определяющие размеры ротационного компрессора (с катящимся поршнем). Заданы: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
2. Выбрать определяющие размеры поршневого компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
3. Сопоставить определяющие размеры поршневого компрессора при работе на R717 и R12. Задано:  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ .
4. Выбрать определяющие размеры винтового компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
5. Выбрать определяющие размеры винтового компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
6. Сопоставить определяющие размеры винтового компрессора при работе на R717 и R12. Задано:  $Q_0$ ,  $t_0$ ,  $t_k$ .
7. Рассчитать скорость звука парообразного хладагента. Задано: хладагент, температура пара. Зависимость скорости звука от молекулярной массы хладагента.
8. Сопоставить определяющие размеры поршневого и винтового компрессоров. Задано: хладагент,  $t_0$ ,  $t_k$ ,  $\lambda$ .
9. Выбрать определяющие размеры поршневого компрессора. Задано: хладагент,  $Q_0$ ,  $t_k$ ,  $t_0$ .
10. Рассчитать среднюю скорость поршня компрессора, оценить ее допустимость. Заданы: диаметр цилиндра, частота вращения вала.

Кафедра «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

(наименование кафедры)

<b>ПК-7 - готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</b>					
<b>Контролируемый результат обучения</b>	<b>Контролируемые темы (разделы) дисциплины</b>	<b>Оценочное средство</b>			
		<b>Критерии оценивания</b>			
		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p>знать:                      - устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров;                      - методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров;                      - характеристики, способы регулирования производительности и защиты компрессоров.</p>	<p>1 – 5</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет анализировать и рассчитывать циклы криогенных гелиевых установок</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных гелиевых установок. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных гелиевых установок. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных гелиевых установок. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>

# Вопросы к экзамену

по дисциплине «Компрессорные машины»

1. Основные уравнения теории и расчета холодильных компрессоров.
2. Поршневой компрессор. Расчетные режимы.
3. Преобладающие виды потерь процесса сжатия винтового маслозаполненного холодильного компрессора. Их влияние на выбор окружной скорости винтов.
4. Зависимость коэффициента подачи и к.п.д. холодильного компрессора объемного принципа действия от отношения давлений  $\pi = P_k/P_0$ .
5. Центробежный компрессор. Типы колес и выбор типа. Выбор окружной скорости колес. Достигаемая степень сжатия в ступени.
6. Устройство и принцип действия однороторного винтового компрессора.
7. Зависимость условий работы компрессора в составе холодильной машины от свойств хладагента при заданных температурах  $t_0, t_k$ .
8. Поршневой компрессор. Способы регулирования холодопроизводительности, оценка эффективности. Виды защиты компрессора.
9. Винтовой компрессор: основные геометрические характеристики, окружная скорость роторов, теоретическая объемная производительность.
10. Уравнение энергии. действительные процессы сжатия в  $s, T$  диаграмме с охлаждением и без охлаждения.
11. Уравнение Бернулли. Его роль при анализе процессов сжатия.
12. Процессы сжатия в  $s, T$  диаграмме: теоретический (без потерь и без охлаждения), действительные с охлаждением и без охлаждения.
13. Сравнить скорость звука для двух хладагентов. Задано: хладагент,  $T$ . Понятие условного числа Маха.
14. Абсолютный и относительный мертвый объем поршневого компрессора. Порядок величины. Влияние на характеристики компрессора.

## Форма экзаменационного билета

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

Факультет **Химической технологии и биотехнологии**

*полное наименование факультета*

Дисциплина по дисциплине

**«Основы теории кондиционирования воздуха»**

*полное наименование дисциплины*

Кафедра **«Техника низких температур» им. П.Л. Капицы**

*сокращенное наименование кафедры*

Направление подготовки (специальность)

**16.03.03 «Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения»**

*код и наименование направления подготовки (специальности)*

Курс **3**, группа \_\_\_\_\_, форма обучения **очная**

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № \_\_\_\_.

#### 1. ЗНАТЬ

Понятие централизованной системы кондиционирования, центрального кондиционера.

#### 2. УМЕТЬ

Косвенно-испарительная СКВ: принцип действия, схема, диаграмма, условия применения.

#### 3. ВЛАДЕТЬ

Определите скорость истечения воздуха  $w_0$  из перфорированного канала  $1\text{м} \times 1\text{м}$  длиной  $10\text{ м}$ , если  $K_{ж.с.} = 0,08$ , расход воздуха  $G_{кан} = 2\text{ кг/с}$ , плотность воздуха  $\rho = 1,2\text{ кг/м}^3$ .

Утверждено на заседании кафедры « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2016 г., протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / С.В. Белуков /  
*подпись* *расшифровка*

К комплекту экзаменационных билетов прилагаются разработанные преподавателем и утвержденные на заседании кафедры критерии оценивания по дисциплине.

Кафедра «Техника низких температур» им. П.Л. Капицы

(наименование кафедры)

<b>ПК-7 - готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</b>					
<b>Контролируемый результат обучения</b>	<b>Контролируемые темы (разделы) дисциплины</b>	<b>Оценочное средство</b>			
		<b>Критерии оценивания</b>			
		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- устройство, принцип действия, особенности и области применения различных типов холодильных компрессоров;</li> <li>- методы тепловых, газодинамических, динамических и прочностных расчетов холодильных компрессоров;</li> <li>- характеристики, способы регулирования производительности и защиты компрессоров.</li> </ul>	<p>1 – 5</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>



# Лабораторные работы

## Тематика лабораторных работ по разделам и темам

№ п/п	№ раздела	Наименование лабораторной работы	Объем часов
3	5	Изучение конструкций поршневых холодильных компрессоров	8
4	5	Определение относительной величины мертвого пространства поршневого холодильного компрессора	8
5	5	Теплотехнические испытания поршневого холодильного компрессора	8
6	6	Изучение конструкции винтового холодильного компрессора. Определение геометрических характеристик	12

## Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ

Лабораторные работы выполняются только после ознакомления с теоретическими материалами по теме лабораторной работы и выполнения необходимой подготовки с использованием методических материалов и указаний к лабораторной работе.

<b>ПК-7 - готовность проектировать детали и узлы с использованием программных систем компьютерного проектирования на основе эффективного сочетания передовых технологий и выполнения многовариантных расчетов</b>					
<b>Контролируемый результат обучения</b>	<b>Контролируемые темы (разделы) дисциплины</b>	<b>Оценочное средство</b>			
		<b>Критерии оценивания</b>			
		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
уметь: - выбирать холодильный компрессор для заданных условий; - рассчитывать и конструировать холодильные компрессоры и их элементы.	1 – 5	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями	Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей	Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.