

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»
(ФГБОУ ВО «ВГУИТ»)

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по учебной работе

проф. Василенко В.Н.

«_30_»_мая_____2024_г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ
ОБЪЕМНЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ И РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК

Направление подготовки

16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

Направленность (профиль)

Инженерия промышленных комплексов, холодильные и криогенные системы
Квалификация выпускника

бакалавр

Воронеж

1. Цель и задачи дисциплины

Целями освоения дисциплины Целью освоения дисциплины «Объемные компрессорные и расширительные машины низкотемпературных установок» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

-40 Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности (*в сфере разработки систем кондиционирования воздуха и холодильной техники, их внедрение и сервисно-эксплуатационное обслуживание*).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующего типа:

- проектно-конструкторский;
- производственно-технологический.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-3	Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	ИД1 _{опк-3} - самостоятельно находит информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения ИД2 _{опк-3} - осваивает современную технологическую аппаратуру различного назначения и демонстрирует способности работать на ней

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{опк-3} - самостоятельно находит информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения	Знает: принципы самостоятельного нахождения информации о современной технологической аппаратуре различного назначения
	Умеет: самостоятельно находить информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения
	Владеет: методами практического использования информации о современной технологической аппаратуре различного назначения
ИД2 _{опк-3} - осваивает современную технологическую аппаратуру различного назначения и демонстрирует способности работать на ней	Знает: особенности освоения современной технологической аппаратуры различного назначения и демонстрации способности работать на ней
	Умеет: осваивать современную технологическую аппаратуру различного назначения
	Владеет: навыками демонстрации работы с современной технологической аппаратурой различного назначения

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Объемные компрессорные и расширительные машины низкотемпературных установок» относится к обязательной части блока Б1 Общепрофессиональный ОП и предназначена для подготовки бакалавров по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения в 6 и 7 семестрах.

Для изучения курса «Объемные компрессорные и расширительные машины низкотемпературных установок» необходимы знания, умения и компетенции, сформированные при изучении дисциплин: «Теоретические основы холодильной техники и низкотемпературные машины», «Основы исследовательской деятельности, приборы и техника низкотемпературного эксперимента», «Физика», «Математическое моделирование», «Физические основы теплотехники», «Введение в направление подготовки», «Процессы и аппараты».

Дисциплина «Объемные компрессорные и расширительные машины низкотемпературных установок» является предшествующей для освоения следующих дисциплин: «Регулирование и

автоматизация низкотемпературных установок», «Агрегаты холодильных установок», «Эксплуатация и ремонт холодильных установок», «Вспомогательное оборудование холодильных установок», «Монтаж холодильной техники», преддипломной практики.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **6** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		6	7
	акад. ч.	акад. ч.	акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108
Контактная работа, в т. ч. аудиторные занятия:	87,95	57,1	30,85
Лекции	33	18	15
Лабораторные работы (ЛБ)	–	–	–
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Практические занятия (ПЗ)	51	36	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Групповые консультации по дисциплине	1,65	0,9	0,75
Консультация перед экзаменом	2	2	–
Виды аттестации: зачет, экзамен	0,3	0,2	0,1
Самостоятельная работа:	94,25	17,1	77,15
Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	20	5	15
Оформление отчетов по практическим работам	20	5	15
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение задач)	35,25	3,1	32,15
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение задач)	19	4	15
Экзамен (контроль)	33,8	33,8	–

5 Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, ак. ч	
			в традиционной форме	в форме практической подготовки
1	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объемного действия.	Уравнения состояния идеального и реального газов. Уравнения адиабатного, политропного и изотермического сжатия. Процессы сжатия и охлаждения газов в термодинамических диаграммах (S-T, lgr-h). Уравнение сохранения энергии и работа компрессора. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Обратимость машин (двигатели и рабочие машины). Компрессоры объемного и поточного типов. Классификация компрессоров по различным признакам (назначению, конструктивным особенностям, величине давления, по типу привода и др.). Области применения компрессорных машин. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Объемные и энергетические характеристики. Теоретическая объемная производительность. Коэффициент подачи и действительная объемная производительность. Адиабатная, индикаторная и	52	–

		эффективная мощности компрессора.		
2	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	Классификация, основные узлы и конструктивные особенности. Крупные, средние и малые холодильные компрессоры. Сальниковые и бессальниковые компрессоры. Многоступенчатое сжатие и многоступенчатые холодильные агрегаты. Типоразмерные ряды отечественных поршневых холодильных компрессоров. Силы и моменты, действующие в компрессоре. Диаграммы поршневых, тангенциальных и радиальных сил. Неравномерность вращения и расчёт маховика. Уравновешивание поршневой машины. Расчёты на прочность.	52,9	–
3	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры. Центробежные турбокомпрессоры.	Сухие и маслозаполненные компрессоры. Конструктивные особенности и профили винтов. Индикаторные диаграммы. Геометрическая, внутренняя и действительная степени сжатия. Объёмная производительность и энергетические характеристики. Количество подаваемого масла. Типоразмерные ряды отечественных винтовых компрессорных машин. Особенности конструкции, объёмные и энергетические характеристики пластинчато-роторных, пластинчато-статорных и спиральных компрессоров. Области применения. Особенности составления отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы Принцип действия и теоретический процесс работы центробежной ступени. Треугольники скоростей. Коэффициенты напора и расхода. Влияние числа и угла выхода лопаток на коэффициент напора. Потери на дисковое трение и протечки. Действительный процесс работы центробежного компрессора. Коэффициент реактивности рабочего колеса. Число ступеней центробежного компрессора. Конструкции холодильных машин с центробежными компрессорами.	53	–
4	Осевые турбокомпрессоры. Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.	Принцип действия и рабочий процесс осевой ступени. Треугольники скоростей. Работа ступени. Расчёты внутреннего и адиабатного к.п.д. ступени, безразмерных коэффициентов расхода и работы, степени реактивности, числа ступеней турбокомпрессора. Конструктивные особенности. Поиск оптимальных решений при сборке, эксплуатации, ремонте и регламентных работах низкотемпературного оборудования с учетом требований эффективной работы, долговечности, автоматизации, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности Регулирование компрессоров объёмного действия изменением частоты вращения, дросселированием на всасывании, байпасированием, для поршневых компрессоров - отжимом всасывающих клапанов, для винтовых - перемещением золотника. Совмещённая напорная характеристика турбокомпрессора и сети. Устойчивая работа и явление помпажа. Регулирование дросселем на нагнетании, дросселем на всасывании, изменением частоты вращения, закруткой потока на входе. Антипомпажное регулирование.	54,15	–
	Консультации текущие		1,65	
	Консультации перед экзаменом		2	

	Экзамен	0,2
	Зачет	0,1

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	ЛБ, ак.ч.	ПЗ, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объёмного действия.	9	–	16	8
2	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	9	–	8	9,1
3	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры. Центробежные турбокомпрессоры.	8	–	15	38
4	Осевые турбокомпрессоры. Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.	7	–	12	39,15

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объёмного действия.	Уравнения состояния идеального и реального газов. Уравнения адиабатного, политропного и изотермического сжатия. Процессы сжатия и охлаждения газов в термодинамических диаграммах (S-T, lgr-h). Уравнение сохранения энергии и работа компрессора. Коэффициенты полезного действия компрессоров. Обратимость машин (двигатели и рабочие машины). Компрессоры объёмного и поточного типов. Классификация компрессоров по различным признакам (назначению, конструктивным особенностям, величине давления, по типу привода и др.). Области применения компрессорных машин. Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы. Объёмные и энергетические характеристики. Теоретическая объёмная производительность. Коэффициент подачи и действительная объёмная производительность. Адиабатная, индикаторная и эффективная мощности компрессора.	9
2	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	Классификация, основные узлы и конструктивные особенности. Крупные, средние и малые холодильные компрессоры. Сальниковые и бессальниковые компрессоры. Многоступенчатое сжатие и многоступенчатые холодильные агрегаты. Типоразмерные ряды отечественных поршневых холодильных компрессоров. Силы и моменты, действующие в компрессоре. Диаграммы поршневых, тангенциальных и радиальных сил. Неравномерность вращения и расчёт маховика. Уравновешивание поршневой машины. Расчёты на прочность.	6
3	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры. Центробежные турбокомпрессоры.	Сухие и маслозаполненные компрессоры. Конструктивные особенности и профили винтов. Индикаторные диаграммы. Геометрическая, внутренняя и действительная степени сжатия. Объёмная производительность и энергетические характеристики. Количество подаваемого масла. Типоразмерные ряды отечественных винтовых компрессорных машин. Особенности конструкции, объёмные и энергетические характеристики пластинчато-роторных, пластинчато-статорных и спиральных компрессоров. Области приме-	53

		<p>ния.</p> <p>Особенности составления отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы</p> <p>Принцип действия и теоретический процесс работы центробежной ступени. Треугольники скоростей. Коэффициенты напора и расхода. Влияние числа и угла выхода лопаток на коэффициент напора. Потери на дисковое трение и протечки. Действительный процесс работы центробежного компрессора. Коэффициент реактивности рабочего колеса. Число ступеней центробежного компрессора. Конструкции холодильных машин с центробежными компрессорами.</p>	
4	<p>Осевые турбокомпрессоры.</p> <p>Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.</p>	<p>Принцип действия и рабочий процесс осевой ступени. Треугольники скоростей. Работа ступени. Расчёты внутреннего и адиабатного к.п.д. ступени, безразмерных коэффициентов расхода и работы, степени реактивности, числа ступеней турбокомпрессора. Конструктивные особенности.</p> <p>Поиск оптимальных решений при сборке, эксплуатации, ремонте и регламентных работах низкотемпературного оборудования с учетом требований эффективной работы, долговечности, автоматизации, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения и конкурентоспособности</p> <p>Регулирование компрессоров объёмного действия изменением частоты вращения, дросселированием на всасывании, байпасированием, для поршневых компрессоров - отжимом всасывающих клапанов, для винтовых - перемещением золотника. Совмещённая напорная характеристика турбокомпрессора и сети. Устойчивая работа и явление помпажа. Регулирование дросселем на нагнетании, дросселем на всасывании, изменением частоты вращения, закруткой потока на входе. Антипомпажное регулирование.</p>	12

5.2.2. Лабораторный практикум не предусмотрен учебным планом

5.2.3 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объёмного действия.	Построение термодинамических диаграмм работы компрессора Изучение устройства и основных типов компрессоров Расчет компрессора одноступенчатого сжатия	16
2	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	Расчет компрессора двухступенчатого сжатия Прочностной расчет компрессора	8
3	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры. Центробежные турбокомпрессоры.	Расчет винтового компрессора Расчет рабочего цикла компрессора Расчет центробежного турбокомпрессора	15
4	Осевые турбокомпрессоры. Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.	Расчет осевого турбокомпрессора Расчет характеристик работы компрессора в сети	12

5.2.4 Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СР	Трудоемкость, ак. ч
1	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объемного действия.	Проработка материалов по конспекту лекций, проработка материала по учебнику, выполнение расчетов для практических работ, оформление отчетов по практическим работам	8
2	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	Проработка материалов по конспекту лекций, проработка материала по учебнику, выполнение расчетов для практических работ, оформление отчетов по практическим работам	9,1
3	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры. Центробежные турбокомпрессоры.	Проработка материалов по конспекту лекций, проработка материала по учебнику, выполнение расчетов для практических работ, оформление отчетов по практическим работам	38
4	Осевые турбокомпрессоры. Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.	Проработка материалов по конспекту лекций, проработка материала по учебнику, выполнение расчетов для практических работ, оформление отчетов по практическим работам	39,15

6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

6.1. Основная литература

1. Эксплуатация и обслуживание холодильного оборудования на предприятиях АПК / В. И. Трухачев, И. В. Атанов, И. В. Капустин, Д. И. Грицай. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 192 с. — ISBN 978-5-507-47247-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/346451>
2. Сергеев, А. А. Холодильная техника и технологии : учебное пособие / А. А. Сергеев, Н. Ю. Касаткина. — Ижевск : УдГАУ, 2021. — 163 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/257900>

6.2. Дополнительная литература

- Приданцев, А. С. Теплообменные аппараты холодильных установок : учебно-методическое пособие / А. С. Приданцев, Д. Д. Ахметлатыйпова, В. В. Акшинская. — Казань : КНИТУ, 2017. — 120 с. — ISBN 978-5-7882-2247-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/138369>
- Ромашкин, М. А. Насосы, компрессоры и холодильные установки. Перемещение жидкостей, насосные машины : учебное пособие / М. А. Ромашкин, Е. Р. Мошев. — Пермь : ПНИПУ, 2022. — 134 с. — ISBN 978-5-398-02727-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/328838>

6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Данылиев, М. М. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс]: методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж: ВГУИТ, 2016. — 32 с. Режим доступа в электронной среде: <http://biblos.vsuet.ru/MegaPro/Web/SearchResult/MarcFormat/100813>.

6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимой для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	https://www.edu.ru/

Научная электронная библиотека	https://elibrary.ru/defaultx.asp
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	https://niks.su/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	https://minobrnauki.gov.ru/
Портал открытого on-line образования	https://npoed.ru/
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	https://education.vsu.ru/
Сайт разработчика инженерного программного обеспечения компании АСКОН	http://ascon.ru

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

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения 3KL».

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #61181017 от 20.11.2012 г. https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

КОМПАС 3D LT v 12	(бесплатное ПО) http://zoomexe.net/ofis/project/2767-kompas-3d.html
T-FLEX CAD 3D Университетская	Договор № 74-В-ТСН-3-2018 с ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ» от 07.05.2018 г. Лицензионное соглашение № А00007197 от 22.05.2018 г.
Компас 3D V21	Лицензионное соглашение с ЗАО «Аскон» № КАД-16-1380 Сублицензионный договор с ООО «АСКОН-Воронеж» от 09.02.2022 г.
APM WinMachine	Лицензионное соглашение с ООО НТЦ «АПМ» № 105416 от 22.11.2016 г.

Справочно-правовые системы

Программы	Лицензии, реквизиты подтверждающего документа
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебные аудитории для проведения учебных занятий в том числе в форме практической подготовки включают в себя:

Ауд. № 125. Учебная аудитория для проведения лекционных занятий, текущего контроля и промежуточной аттестации. Комплект мебели для учебного процесса. Аудио-визуальная система лекционных аудиторий (мультимедийный проектор EPSON EB-430, экран).

Ауд. 102 для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная мультимедийной техникой.. Доска интерактивная Screenmedia IP Board с проектором Acer S 5201.. Комплект мебели для учебного процесса.. Лабораторное оборудование.

Ауд. № 103. Учебная аудитория для проведения учебных занятий. Комплект мебели для учебного процесса. Доска интерактивная SCRENMEDIA MR7986 с проектором Acer S1283e DLP, ЕМЕА. Оборудование. Машина для резки монолита масла Е4-5А Ф5035; Универсальный привод П-11; Мясорубка МИМ-300; Измельчитель, Молотковая дробилка, Куттер.

Дополнительно для самостоятельной работы обучающихся используются читальные залы ресурсного центра ВГУИТ оснащенные компьютерами со свободным доступом в сеть Интернет и библиотечным и информационно- справочным системам

8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием индикаторов достижения компетенций, этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля).**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе

1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной формы обучения

1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		6	7
	акад.	акад.	акад.
Общая трудоемкость дисциплины	216	108	108
Контактная работа, в т. ч. аудиторные занятия:	32,9	20,5	12,4
Лекции	12	6	6
Лабораторные работы (ЛБ)	–	–	–
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Практические занятия (ПЗ)	18	12	6
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	–	–	–
Групповые консультации по дисциплине	0,6	0,3	0,3
Консультация перед экзаменом	2	2	–
Виды аттестации: зачет, экзамен	0,3	0,2	0,1
Самостоятельная работа:	149,3	53,7	95,6
Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	18	12	6
Оформление отчетов по практическим работам	18	12	6
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение задач)	95,3	17,7	77,6
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение задач)	18	12	6
Экзамен (контроль)	33,8	33,8	–

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**ОБЪЕМНЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ И РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ
НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ УСТАНОВОК**

1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Формулировка компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК-3	Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней	ИД1 _{ОПК-3} - самостоятельно находит информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения
			ИД2 _{ОПК-3} - осваивает современную технологическую аппаратуру различного назначения и демонстрирует способности работать на ней

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД1 _{ОПК-3} - самостоятельно находит информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения	Знает: принципы самостоятельного нахождения информации о современной технологической аппаратуре различного назначения
	Умеет: самостоятельно находить информацию о современной технологической аппаратуре различного назначения
	Владеет: методами практического использования информации о современной технологической аппаратуре различного назначения
ИД2 _{ОПК-3} - осваивает современную технологическую аппаратуру различного назначения и демонстрирует способности работать на ней	Знает: особенности освоения современной технологической аппаратуры различного назначения и демонстрации способности работать на ней
	Умеет: осваивать современную технологическую аппаратуру различного назначения и
	Владеет: навыками демонстрации работы с современной технологической аппаратурой различного назначения

2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			Наименование	№№ заданий	
1.	Термодинамические основы сжатия газов. Принципы действия и классификация компрессоров. Компрессоры объёмного действия.	ОПК-3	Тест	1, 5, 7, 11, 17, 19	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Вопросы к экзамену	23-36	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено-не зачтено»
			Контрольные вопросы к текущим опросам по практическим работам	69-72, 79-85	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено-не зачтено»
			Задачи	100	Отметка в системе «зачтено-не зачтено»
2.	Поршневые компрессоры. Динамика поршневой машины.	ОПК-3	Тест	3, 4, 12-15, 22	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Вопросы к экзамену	37-51	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено -не зачтено»
			Контрольные вопросы к текущим опросам по практическим работам	73-75, 86-92	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено -не зачтено»
			Задачи	102-105	Отметка в системе «зачтено -не зачтено»
3.	Винтовые компрессоры. Ротационные компрессоры.	ОПК-3	Тест	8, 18, 20	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %;

	Центробежные турбокомпрессоры.				0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
		Вопросы к зачету	52-63	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено - не зачтено»	
		Контрольные вопросы к текущим опросам по практическим работам	76, 77, 93-96, 98	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено - не зачтено»	
		Задачи	101	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено-не зачтено»	
4.	Осевые турбокомпрессоры. Регулирование подачи и работа компрессоров в системах холодильных машин.	ОПК-3	Тест	2, 6, 9, 10, 16, 21	Компьютерное тестирование Процентная шкала. 0-100 %; 0-59,99% - неудовлетворительно; 60-74,99% - удовлетворительно; 75- 84,99% -хорошо; 85-100% - отлично.
			Вопросы к зачету	64-68	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено - не зачтено»
			Контрольные вопросы к текущим опросам по практическим работам	78, 97	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено - не зачтено»
			Задачи	99	Проверка преподавателем Отметка в системе «зачтено - не зачтено»

3 Оценочные средства для промежуточной аттестации (зачет, экзамен).

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

Аттестация обучающегося по дисциплине проводится в форме тестирования (*или письменного ответа и решения контрольной задачи*) и предусматривает возможность последующего собеседования.

Каждый вариант теста включает 30 контрольных заданий, из них:

- 12 контрольных заданий на проверку знаний;
- 10 контрольных заданий на проверку умений;
- 8 контрольных заданий на проверку навыков;

Каждый билет включает 3 контрольных вопроса (задач), из них:

- 1 контрольный вопрос на проверку знаний;
- 1 контрольный вопрос на проверку умений;
- 1 контрольный вопрос (задачу) на проверку навыков.

3.1 Тесты (тестовые задания к зачету, экзамену)

3.1.1. Шифр и наименование компетенции:

ОПК-3 – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней

№№ задания	Тестовое задание с вариантами ответов и правильными ответами
1	Виды смазочных материалов, применяемых для смазки компрессоров

	<p>а) Твердые и жидкие; б) Цилиндровые и компрессорные; в) Моторные и турбинные.</p>
2	<p>Виды контрольно – измерительных приборов, применяемых на компрессорах. а) Показывающие; б) Самопишущие; в) Дифференциальные.</p>
3	<p>Принцип работы поршневых компрессоров двойного действия. а) Сжатие за 1ход поршня в одну сторону; б) Сжатие за 2хода поршня в одну сторону; в) Сжатие за 1ход поршня в обе стороны.</p>
4	<p>Виды приводов поршневого компрессора. а) Двигателями внутреннего сгорания; б) Электродвигателями; в) Пневматическими двигателями; г) Гидромоторами.</p>
5	<p>Виды систем охлаждения, применяемых на компрессорах? а) Воздушные; б) Жидкостные; в) Галогенные; г) Амфолитные.</p>
6	<p>Способы регулирования производительности поршневых компрессоров. а) Отжатием всасывающего клапана; б) Специальными устройствами; в) Рычажно – винтовой системой; г) Подвижными затворами.</p>
7	<p>Основные виды термодинамических процессов: а) Изобарический, изохорный, изотермический, адиабатический, политропический; б) Изобарический, теоретический, динамический, адиабатический, политропический; в) Изоциклический, изохордовый, изотермический, адиабатический, изотропический</p>
8	<p>Устройство винтового компрессора типа 5ВКГ-10\6: а) Корпус, мультипликатор, роторы, масляный насос; б) Корпус, муфта, сальники, клапаны, ротор, масляный насос; в) Корпус, роторы, клапаны, масляный насос, редуктор.</p>
9	<p>Запорная арматура, устанавливаемая на нагнетательном и всасывающем трубопроводах компрессора должна быть установлена: а) Максимально приближенной к компрессору и находится в зоне удобной для обслуживания; б) Согласно монтажной документации и по указаниям гл. механика; в) Максимально удалена от компрессора.</p>
10	<p>Что должно быть установлено при работе нескольких компрессоров в общую сеть на каждом газопроводе? а) Обратный клапан и регулятор давления; б) Обратный клапан и отсекающая задвижка или вентиль; в) Отсекающая арматура и манометр.</p>
11	<p>Из каких процессов состоит цикл Карно? а) 2-х изотерм и 2-х адиабат; б) 2-х изохор и 2-х политроп; в) 2-х адиабат и 2-х политроп; г) 2-х изохор и 2-х адиабат.</p>
12	<p>Компрессор _____ не чувствителен к изменениям плотности газа</p> <p>Вписать недостающие слова) Ответ: поршневого типа</p>
13	<p>Для оппозитного холодильного компрессора характерно _____ движение поршней</p> <p>Вписать недостающие слова) Ответ: встречно-противоположное</p>
14	<p>Предохранительный клапан прямооточного поршневого</p>

	компрессора _____ оборудования Вписать недостающие слова) Ответ: предотвращает разрушение
15	При нарушении в работе системы смазки, появления вибрации и стуков, превышения предельно допустимых значений рабочих параметров следует _____ компрессор Вписать недостающие слова) Ответ: немедленно остановить
16	Фильтр на всасывающей линии компрессора обеспечивает очистку от _____ нагнетаемого хладагента Вписать недостающие слова) Ответ: механических примесей
17	За счет _____ в обратном цикле происходит переход тепла от холодного источника к горячему Вписать недостающие слова) Ответ: адиабатного процесса
18	Компрессоры для значительных давлений (более 1, 2 бар) многоступенчатые изготавливают с целью _____ Вписать недостающие слова) Ответ: повышения КПД
19	В компрессоре происходит наименьшая затраченная работа происходит в результате _____ сжатия Вписать недостающие слова) Ответ: процесса адиабатного
20	При пуске холодильной установки двухступенчатого сжатия сначала включают включают _____, затем первой Вписать недостающие слова) Ответ: компрессор второй ступени
21	Байпас компрессора предназначен для _____ Вписать недостающие слова) Ответ: облегчения пуска
22	Перегрев одного из цилиндров поршневого компрессора свидетельствует о _____ Вписать недостающие слова) Ответ: неисправности клапанов

3.2 Вопросы к зачету, экзамену

3.2.1. Шифр и наименование компетенции:

ОПК-3 – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней

№ вопроса	Формулировка вопроса
23	Уравнения состояния идеального и реального газов.
24	Уравнения адиабатного, политропного и изотермического сжатия.
25	Процессы сжатия и охлаждения газов в термодинамических диаграммах (S-T, lgp-h).
26	Уравнение сохранения энергии и работа компрессора.
27	Коэффициенты полезного действия компрессоров.
28	Обратимость машин (двигатели и рабочие машины).
29	Компрессоры объёмного и поточного типов.
30	Классификация компрессоров по различным признакам (назначению, конструктивным особенностям, величине давления, по типу привода).
31	Области применения компрессорных машин.

32	Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы.
33	Объёмные и энергетические характеристики.
34	Теоретическая объёмная производительность.
35	Коэффициент подачи и действительная объёмная производительность.
36	Адиабатная, индикаторная и эффективная мощности компрессора.
37	Классификация, основные узлы и конструктивные особенности компрессоров.
38	Крупные, средние и малые холодильные компрессоры.
39	Сальниковые и бессальниковые компрессоры.
40	Многоступенчатое сжатие и многоступенчатые холодильные агрегаты.
41	Типоразмерные ряды отечественных поршневых холодильных компрессоров.
42	Силы и моменты, действующие в компрессоре.
43	Диаграммы поршневых, тангенциальных и радиальных сил.
44	Неравномерность вращения и расчёт маховика. Уравновешивание поршневой машины.
45	Расчёты на прочность.
46	Сухие и маслозаполненные компрессоры.
47	Конструктивные особенности и профили винтов.
48	Индикаторные диаграммы.
49	Геометрическая, внутренняя и действительная степени сжатия.
50	Объёмная производительность и энергетические характеристики.
51	Количество подаваемого масла.
52	Типоразмерные ряды отечественных винтовых компрессорных машин.
53	Особенности конструкции, объёмные и энергетические характеристики пластинчатороторных, пластинчато-статорных и спиральных компрессоров.
54	Принцип действия и теоретический процесс работы центробежной ступени.
55	Коэффициенты напора и расхода.
56	Влияние числа и угла выхода лопаток на коэффициент напора.
57	Потери на дисковое трение и протечки.
58	Действительный процесс работы центробежного компрессора.
59	Коэффициент реактивности рабочего колеса.
60	Число ступеней центробежного компрессора. Конструкции холодильных машин с центробежными компрессорами.
61	Принцип действия и рабочий процесс осевой ступени. Работа ступени.
62	Расчёты внутреннего и адиабатного к.п.д. ступени, безразмерных коэффициентов расхода и работы, степени реактивности, числа ступеней турбокомпрессора.
63	Конструктивные особенности турбокомпрессора.
64	Регулирование компрессоров объёмного действия изменением частоты вращения, дросселированием на всасывании, байпасированием, для поршневых компрессоров - отжимом всасывающих клапанов, для винтовых - перемещением золотника.
65	Совмещённая напорная характеристика турбокомпрессора и сети.
66	Устойчивая работа и явление помпажа.
67	Регулирование дросселем на нагнетании, дросселем на всасывании, изменением частоты вращения, закруткой потока на входе.
68	Антипомпажное регулирование.

3.3 Защита отчетов по практическим работам

3.3.1. Шифр и наименование компетенции:

ОПК-3 – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней

№ вопроса	Формулировка вопроса
69	Термодинамические диаграммы работы компрессора
70	Устройство и основные типы компрессоров
71	Компрессор одноступенчатого сжатия
72	Компрессор двухступенчатого сжатия
73	Прочностные характеристики компрессора
74	Устройство и работа винтового компрессора
75	Рабочий цикл компрессора
76	Устройство и работа центробежного турбокомпрессора
77	Устройство и работа осевого турбокомпрессора

78	Характеристики работы компрессора в сети
79	Уравнения состояния идеального и реального газов.
80	Уравнения адиабатного, политропного и изотермического сжатия.
81	Процессы сжатия и охлаждения газов в термодинамических диаграммах (S-T, lgp-h).
82	Уравнение сохранения энергии и работа компрессора.
83	Коэффициенты полезного действия компрессоров.
84	Обратимость машин (двигатели и рабочие машины).
85	Компрессоры объёмного и поточного типов.
86	Классификация компрессоров по различным признакам (назначению, конструктивным особенностям, величине давления, по типу привода).
87	Области применения компрессорных машин.
88	Теоретическая и действительная индикаторные диаграммы.
89	Крупные, средние и малые холодильные компрессоры.
90	Сальниковые и бессальниковые компрессоры.
91	Многоступенчатое сжатие и многоступенчатые холодильные агрегаты.
92	Типоразмерные ряды отечественных поршневых холодильных компрессоров.
93	Силы и моменты, действующие в компрессоре.
94	Диаграммы поршневых, тангенциальных и радиальных сил.
95	Неравномерность вращения и расчёт маховика. Уравновешивание поршневой машины.
96	Принцип расчёта на прочность поршней компрессора.
97	Сухие и маслозаполненные компрессоры.
98	Конструктивные особенности и профили винтов.

3.4. Задачи (к зачету, экзамену)

3.4.1. Шифр и наименование компетенции:

ОПК-3 – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней

№№ задания	Задачи с правильными ответами
99	<p>Поршневой компрессор ступени низкого давления кислородной установки подает на разделение $V=2,4$ м³ воздуха в минуту (объем приведен к нормальным условиям). За какое время, мин, данный компрессор сможет поднять давление воздуха в ресивере от $p_1=0,2$ МПа до $p_2=0,8$ МПа. Объем ресивера $V_p=5$ м³, температура воздуха $t=20^\circ\text{C}$.</p> <p>(Написать числом, округленным до сотого знака после запятой) Ответ: 12,34</p>
100	<p>Расход газа в поршневом одноступенчатом компрессоре криогенной установки составляет $V_1 = 55$ м³/мин; при давлении $p_1= 0,1$ МПа и температуре $t_1=22^\circ\text{C}$. При сжатии температура газа повышается на 200 °C. Сжатие происходит по политропе с показателем $n=1,5$. Определить теоретическую мощность, кВт, привода компрессора. Указание: При расчете принять $k= cv/cp= \text{const}$. Газ – Гелий.</p> <p>(Написать числом, округленным до десятого знака после запятой) Ответ: 16,2</p>
101	<p>Определить теоретическую мощность, кВт, привода одноступенчатого компрессора при изотермическом сжатии воздуха, если его производительность при начальных параметрах $p_1= 0,1$ МПа и $t_1=15^\circ\text{C}$, составляет $V_1= 0,1$ м³/с, а конечное давление $p_2= 0,7$ МПа. Определить также расход охлаждающей воды, если температура её повышается в рубашке компрессора на $\Delta t=20$ °C.</p> <p>(Написать числом, округленным до десятого знака после запятой) Ответ: 19,5</p>
102	<p>Поршень одноступенчатого одноцилиндрового компрессора одинарного действия имеет диаметр $d = 200$ мм, а ход поршня составляет $s = 150$ мм. Вал компрессора вращается со скоростью $n = 120$ об/мин. Воздух в компрессоре претерпевает сжатие от давления $P_1 = 0,1$ МПа до $P_2 = 0,32$ МПа. Производительность компрессора составляет $Q = 0,5$ м³/мин. Принять показатель политропы m равным $1,3$. Необходимо вычислить величину вредного объема газа в цилиндре $V_{вр}$.</p>

	(Написать числом, округленным до десяти тысячного знака после запятой) Ответ: 0,0002
103	<p>Одноступенчатый двухцилиндровый компрессор двойного действия имеет поршни с диаметром $d = 0,6$ м, величина хода которых составляет $s = 0,5$ м, а величина вредного пространства $c = 0,036$. Вал компрессора вращается со скоростью $n = 180$ об/мин. Воздух при температуре $t = 20^\circ$ в компрессоре претерпевает сжатие от давления $P_1 = 0,1$ мПа, до $P_2 = 0,28$ мПа. При расчетах принять показатель политропы m равным 1,2, а механический $\eta_{мех}$ и адиабатический $\eta_{ад}$ КПД взять равными 0,95 и 0,85 соответственно. Необходимо определить расход Q, м³/мин и потребляемую мощность N, кВт компрессора.</p> <p>(Написать числом, округленным до десятого знака после запятой) Ответ: расход 92,6 потребляемая мощность 91,3</p>
104	<p>Дан трехцилиндровый поршневой компрессор двойного действия. Диаметр поршней d равен 120 мм, а величина их хода s составляет 160 мм. Скорость вращения его вала n равна 360 об/мин. В компрессоре происходит сжатие метана от давления $P_1 = 0,3$ мПа до давления $P_2 = 1,1$ мПа. Известно, что объемный коэффициент λ_0 равен 0,92. Необходимо рассчитать фактическую производительность, м³/мин, поршневого компрессора.</p> <p>(Написать числом, округленным до десятого знака после запятой) Ответ: расход 3,6</p>
105	<p>В наличии имеется двухступенчатый поршневой компрессор простого действия. Поршень ступени низкого давления имеет диаметр $d_n = 100$ мм, а его ход s_n равен 125 мм. Диаметр поршня высокого давления d_v равен 80 мм при величине хода $s_v = 125$ мм. Скорость вращения вала n составляет 360 об/мин. Известно, что коэффициент подачи компрессора λ составляет 0,85. Необходимо рассчитать производительность, м³/мин, компрессора.</p> <p>(Написать числом, округленным до десятого знака после запятой) Ответ: расход 0,3</p>

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

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых экзаменах и зачетах;

- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

Для оценки знаний, умений, навыков, обучающихся по дисциплине, применяется рейтинговая система. Итоговая оценка по дисциплине определяется на основании определения среднеарифметического значения баллов по каждому заданию.

Зачет по дисциплине выставляется в зачетную ведомость по результатам работы в семестре после выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой дисциплины (с отметкой «зачтено») и получении по результатам тестирования по всем разделам дисциплины не менее 60 %.

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их

формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка	Уровень освоения компетенции
Шифр и наименование компетенции: ОПК-3 – Способен самостоятельно осваивать современную физическую, аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать на ней					
Знать	Принципы самостоятельного нахождения информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, особенности освоения современной технологической аппаратуры различного назначения и демонстрации способности работать на ней	Изложение принципов самостоятельного нахождения информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, особенностей освоения современной технологической аппаратуры различного назначения и демонстрации способности работать на ней	Изложены принципы самостоятельного нахождения информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, особенности освоения современной технологической аппаратуры различного назначения и демонстрации способности работать на ней	Зачтено/ 60-100; Удовлетворительно/60-74,9;	Освоена (базовый)
				Хорошо/75-84,9; Отлично/85-100.	Освоена (повышенный)
				Не зачтено/ 0-59	Не освоена (недостаточный)
Уметь:	Защита практической работы	Проведение практических занятий по применению на практике найденной информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, освоения современной технологической аппаратуры различного назначения	Самостоятельно составлено описание применения на практике найденной информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, освоения современной технологической аппаратуры различного назначения	Зачтено/ 60-100; Удовлетворительно/60-74,9;	Освоена (базовый)
				Хорошо/75-84,9; Отлично/85-100.	Освоена (повышенный)
				Не зачтено/ 0-59	Не освоена (недостаточный)

Владеть:	Решение задачи	Демонстрация навыков практического использования информации о современной технологической аппаратуре различного назначения, навыков демонстрации работы с современной технологической аппаратурой различного назначения	Предложен алгоритм решения задачи. Проведены необходимые расчеты. Студент разобрался в предложенной задаче, предложил вариант самостоятельного решения.	Зачтено/ 60-100; Удовлетворительно/60-74,9;	Освоена (базовый)
				Хорошо/75-84,9; Отлично/85-100.	Освоена (повышенный)
			Не предложен алгоритм решения задачи. Необходимые расчеты не были проведены. Студент не разобрался в предложенной задаче и не предложил вариант самостоятельного решения.	Не зачтено/ 0-59	Не освоена (недостаточный)

