

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

_____ Васilenko B.H.
(подпись) (Ф.И.О.)

"_25" _____05_____2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория и расчет циклов криогенных систем

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

Направленность (профиль) подготовки
Техника низких температур

Квалификация выпускника
Бакалавр

Воронеж

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Теория и расчет циклов криогенных систем» является подготовка студентов к расчетно-экспериментальной с элементами научно-исследовательской, проектно-конструкторской, производственно-технологической, организационно-управленческой и инновационной видам деятельности, связанным с оптимальным проектированием современных, высокоэффективных криогенных систем.

Задачи дисциплины:

расчетно-экспериментальная с элементами научно-исследовательской:

- сбор и обработка научно-технической информации, изучение передового отечественного и зарубежного опыта по избранной проблеме;

- участие в расчетно-экспериментальных работах в составе научно-исследовательской группы на основе классических и технических теорий и методов, достижений техники и технологий, в первую очередь, с помощью экспериментального оборудования, высокопроизводительных вычислительных систем и широко используемых в промышленности наукоемких компьютерных технологий;

- составление описаний выполненных расчетно-экспериментальных работ и разрабатываемых проектов, обработка и анализ полученных результатов, подготовка данных для составления отчетов и презентаций, подготовка докладов, статей и другой научно-технической документации;

- участие в оформлении отчетов и презентаций, написании докладов и статей на основе современных офисных информационных технологий, текстовых и графических редакторов, средств печати;

проектно-конструкторская:

- участие в проектировании машин и аппаратов с целью обеспечения их максимальной производительности, долговечности и безопасности, обеспечения надежности узлов и деталей машин и аппаратов;

- участие в тепловых и механических расчетах машин и аппаратов с целью обеспечения их максимальной производительности, долговечности и безопасности, обеспечения надежности узлов и деталей машин и аппаратов;

- участие в работах по составлению отдельных видов технической документации на проекты, их элементы и сборочные единицы;

- сбор и обработка научно-технической информации, изучение передового отечественного и зарубежного опыта по избранной тематике;

производственно-технологическая деятельность:

- участие в работах по эксплуатации и рациональному ведению технологических процессов в холодильных и криогенных установках, системах жизнеобеспечения;

- проведение расчетно-экспериментальных работ по анализу характеристик конкретных низкотемпературных установок и систем, участие в использовании технологических процессов наукоемкого производства, контроля качества материалов, элементов и узлов низкотемпературных машин и установок различного назначения;

организационно-управленческая:

- участие в организации работы, направленной на формирование творческого характера деятельности небольших коллективов, работающих в области холодильной и криогенной техники и систем кондиционирования;

- участие в работах по поиску оптимальных решений при создании отдельных видов продукции с учетом требований эффективной работы, долговечности, автоматизации, безопасности жизнедеятельности, качества, стоимости, сроков исполнения, конкурентоспособности;

инновационная:

- участие в использовании результатов научно-технических и проектно-конструкторских разработок в данном секторе экономики.

Программа составлена в соответствии с требованиями федерального государ-

ственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (уровень образования – бакалавриат).

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

№ п/п	Перечень компетенций		Этапы формирования компетенций		
	Код компетенции	Содержание компетенции (результат освоения)	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	Иметь навыки
1	ПК-3	готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	классификацию криогенных систем, идеальные и реальные циклы криогенных систем; методику расчетно-экспериментальных работ в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	навыки: выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам
2	ПК-13	способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов	стандартные методы расчета характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов	выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов	выполнения расчетно-экспериментальных работ по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина «Теория и расчет циклов криогенных систем» относится к блоку «Факкультативы» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (уровень образования – бакалавриат). Дисциплина является рекомендуемой к изучению.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися следующих дисциплин: математика; физика; физические основы теплотехники; рабочие вещества холодильных машин; теоретические основы холодильной техники и низкотемпературные машины; холодильная техника в отраслях АПК; основы проектирования низкотемпературных систем.

Дисциплина «Теория и расчет циклов криогенных систем» является предшествующей для освоения дисциплин: расчет и конструирование холодильных машин и агрегатов, монтаж холодильного оборудования; эксплуатация и ремонт холодильных установок; основы безопасной эксплуатации холодильных установок; для проведения преддипломной практики, выполнения выпускной квалификационной работы.

4. Объем дисциплины и виды учебных занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр	
		7	
	акад.	акад.	
Общая трудоемкость дисциплины	72	72	
Контактная работа, в т. ч. аудиторные занятия:	34,95	34,95	
Лекции	17	17	
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	17	17	
Практические занятия (ПЗ)	17	17	
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	17	17	
Консультации текущие	0,85	0,85	
Виды аттестации: зачет	0,1	0,1	
Самостоятельная работа:	37,05	37,05	
Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	10	10	
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	15,05	15,05	
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	12	12	

5 Содержание дисциплины, структурированное по темам (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.
1	Введение. Идеальные циклы.	Идеальные циклы и их процессы. Характеристики идеальных циклов. Уравнение Карно-Клаузиуса.	8
2	Классификация криогенных установок и циклов. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Классификация криогенных установок. Классификация циклов криогенных систем. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам.	10
3	Реальные циклы. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Реальные циклы. Структура криогенных циклов. Выбор исходных данных для расчета. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам.	10
4	Потери и эффективность реальных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	Ступени охлаждения криогенных циклов. Энергетический баланс отдельных ступеней охлаждения криогенных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	8
5	Циклы с дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобес-	Криогенные циклы с дросселированием. Цикл с простым дросселированием. Цикл с предварительным охлаждением и дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	9

	печения.		
6	Детандерные циклы.	Детандерные криогенные циклы. Определение основных характеристик рефрижераторных детандерных циклов.	8
7	Комбинированные циклы.	Комбинированные циклы с дросселированием и расширением криоагента в детандерах. Расчет ожигительных и рефрижераторных циклов высокого и среднего давления с двумя ступенями охлаждения.	9
8	Циклы газовых холодильных машин (ГХМ).	Цикл ГХМ Стирлинга. Схема и индикаторная диаграмма ГХМ Стирлинга. Цикл ГХМ Гиффорда-Мак-Магона. Цикл ГХМ Вюльмье-Такониса. Схема действия и диаграммы рабочего процесса ГХМ Вюльмье-Такониса с двумя вытеснителями.	9,05

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, ак. ч	ПЗ, ак. ч	СРО, ак. ч
1	Введение. Идеальные циклы.	2	2	4
2	Классификация криогенных установок и циклов. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	2	2	6
3	Реальные циклы. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	2	2	6
4	Потери и эффективность реальных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	2	2	4
5	Циклы с дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	2	2	5
6	Детандерные циклы.	2	2	4
7	Комбинированные циклы.	3	2	4
8	Циклы газовых холодильных машин.	2	3	4,05

5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Введение. Идеальные циклы.	Идеальные циклы и их процессы. Характеристики идеальных циклов. Уравнение Карно-Клаузиуса.	2
2	Классификация криогенных установок и циклов. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Классификация криогенных установок. Классификация циклов криогенных систем	2
3	Реальные циклы. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Реальные циклы. Структура криогенных циклов. Выбор исходных данных для расчета.	2
4	Потери и эффективность реальных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	Ступени охлаждения криогенных циклов. Энергетический баланс отдельных ступеней охлаждения криогенных циклов.	2
5	Циклы с дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и	Криогенные циклы с дросселированием. Цикл с простым дросселированием. Цикл с предварительным охлаждением и дросселированием.	2

	систем жизнеобеспечения.		
6	Детандерные циклы.	Детандерные криогенные циклы. Определение основных характеристик рефрижераторных детандерных циклов.	2
7	Комбинированные циклы.	Комбинированные циклы с дросселированием и расширением криоагента в детандерах. Расчет ожигительных и рефрижераторных циклов высокого и среднего давления с двумя ступенями охлаждения.	3
8	Циклы газовых холодильных машин.	Цикл ГХМ Стирлинга. Схема и индикаторная диаграмма ГХМ Стирлинга. Цикл ГХМ Гиффорда-Мак-Магона. Цикл ГХМ Вюльмье-Такониса. Схема действия и диаграммы рабочего процесса ГХМ Вюльмье-Такониса с двумя вытеснителями.	2

5.2.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Трудоемкость, ак. ч
1	Введение. Идеальные циклы.	Расчет идеального цикла криогенных установок.	2
2	Классификация криогенных установок и циклов. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Термодинамический анализ циклов криогенных систем.	2
3	Реальные циклы. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Расчет реального цикла криогенных установок.	2
4	Потери и эффективность реальных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	Энергетический баланс циклов криогенных систем.	2
5	Циклы с дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Расчет цикла с предварительным охлаждением и дросселированием.	2
6	Детандерные циклы.	Расчет основных характеристик рефрижераторных детандерных циклов.	2
7	Комбинированные циклы.	Расчет рефрижераторных циклов высокого и среднего давления с двумя ступенями охлаждения.	2
8	Циклы газовых холодильных машин.	Расчет цикла ГХМ Стирлинга.	3

5.2.3 Лабораторный практикум (не предусмотрен)

5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, ак. ч
1	Введение. Идеальные циклы.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	2
		Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	1
		Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	1
2	Классификация криогенных установок и циклов. Расчетно-экспериментальные работы в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	2
		Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2
		Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2
3	Реальные циклы. Решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование)	2
		Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2

		Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2
4	Потери и эффективность реальных циклов. Многовариантный анализ характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2 1 1
5	Циклы с дросселированием. Расчетно-экспериментальные работы и решение научно-технических задач в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2 2 1
6	Детандерные циклы.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2 1 1
7	Комбинированные циклы.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2 1 1
8	Циклы газовых холодильных машин.	Подготовка к защите по практическим занятиям (собеседование) Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий) Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	2 1 1,05

6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Для освоения дисциплины обучающийся может использовать:

6.1 Учебные и периодические печатные издания, имеющиеся в библиотечном фонде образовательной организации:

1. Теория и расчет циклов криогенных систем [Текст] : учебное пособие / И. А. Архаров, А. А. Александров, Е. С. Навасардян; – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 159 с.

2. Криогенные системы [Текст] : учебник для вузов по спец. «Техника и физика низких температур» : В 2-х т. Т. 1. Основы теории и расчета / А.М. Архаров [и др.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1996. – 576 с.

3. Криогенные системы [Текст] : учебник для вузов по спец. «Техника и физика низких температур» и «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование» : В 2-х т. Т. 2. Основы проектирование аппаратов, установок и систем / А.М. Архаров [и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1999. – 720 с.

4. Криогенные системы: основы проектирования аппаратов и установок [Текст] : учебник для вузов по спец. «Криогенная техника» / А. М. Архаров и др. – М. : Машиностроение, 1987. – 534 с.

5. Румянцев, Ю. Д. Холодильная техника [Текст] : учебник для вузов (гриф Пр.) / Ю. Д. Румянцев, В. С. Калюнов. – СПб. : Профессия, 2005. – 360 с.

6. Вестник международной академии холода : научно-теоретический журнал.

7. Холодильная техника : ежемесячный научно-технический и информационно-аналитический журнал.

6.2 Учебные электронные издания, размещённые в Электронных библиотечных системах

1. Антонов, А. Н. Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты [Электронный ресурс] : учебник / А. Н. Антонов, А. М. Архаров, И. А. Архаров. – Электрон. дан. – Москва : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 533 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/106308>. – Загл. с экрана.

2. Буткевич, И. К. Криогенные установки и системы [Электронный ресурс] : учебное пособие / И. К. Буткевич. – Электрон. дан. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 51 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58497>. – Загл. с экрана.

6.3 Учебно-методические материалы

1. Теория и расчет циклов криогенных систем [Текст] : методические указания к самостоятельной работе / Воронеж. гос. ун-т инж. технол.; сост. В. В. Пойманов. – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – 16 с. .

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

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://www.elibrary.ru/defaulttx.asp?
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	http://www.window.edu.ru/
Электронная библиотека ВГУИТ	http://biblos.vsu.ru/megapro/web
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	http://minobrnauki.gov.ru
Портал открытого on-line образования	http://npoed.ru
Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Система федеральных образовательных порталов	http://www.ict.edu.ru/
Электронная образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	http://education.vsu.ru

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

Используемые виды информационных технологий:

- «электронная»: персональный компьютер и информационно-поисковые (справочно-правовые) системы;

- «компьютерная» технология: персональный компьютер с программными продуктами разного назначения (ОС Windows; MSOffice; КОМПАС-График; WinMachine, оболочка для выполнения виртуальных лабораторных работ; СПС «Консультант плюс», автоматизированная информационная база «Интернет-тренажеры», «Интернет-экзамен»);

- «сетевая»: локальная сеть университета и глобальная сеть Internet.

При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение (из списка УИТ).

7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <https://vsuet.ru>. Для проведения занятия используются:

<p>Ауд. № 53 Учебная аудитория 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 (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Мультимедийный проектор Epson EB-430 в комплекте с экраном 132x234 и креплением ELPMB27</p>
<p>Ауд. № 102 Учебная аудитория 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 (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Доска интерактивная Screen media IP Board с проектором Acer X1327Wi, компьютер, тестоделитель, овощерезка, дозировочная станция ВНИИХП-06, упаковочный автомат АВ-торный питатель, питатель лабораторный вибрационный, ножевая мельница "Вибротехник", протирочная машина, макет свекломойки КМЗ-57, мукопросеиватель "Воронеж-2", шелушитель с абразивными дисками, тестоокруглительная машина Т1-ХТО, тестоокруглитель с конической несущей поверхностью, тестомесильная машина А2-ХТТ</p>
<p>Ауд. № 103 Учебная аудитория 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 (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Доска интерактивная SCRENMEDIA MR7986 с проектором Acer S1283e DLP, EMEA, машина для резки монолита масла Е4-5А Ф5035, универсальный привод П-11, мясорубка МИМ-300, измельчитель, молотковая дробилка, куттер, машина котлетоформовочная МФК-2210, сепаратор сливоотделитель, сепаратор сливоотделитель "Самур-600", автоклав АВ-2, стенд для исследования статической балансировки деталей, стенд для исследования динамической балансировки, питатель шнековый, стенд для исследования тепловых взаимодействий, стенд для исследования запрессовки-распрессовки деталей</p>
<p>Ауд. № 114 Учебная аудитория 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 (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Доска интерактивная IQ Board DVT082 с проектором Infokus IN 124Stа, компьютер, стенд для исследования электрических характеристик пищевых продуктов, стенд для инфракрасного нагрева пищевых продуктов светлыми излучателями, стенд для исследования электрофизических свойств сырья и готовой продукции, стенд для определения вязкости с помощью вискозиметра РВ-8, стенд для определения степени виброуплотнения и вибротранспортирования сыпучих пищевых продуктов, стенд для изучения влияния ультразвука на пищевые продукты, стенд для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов, электрокопильная установка, пресс лабораторный гидравлический, сушилка лабораторная для бюкс, установка ТВЧ нагрева</p>
<p>Ауд. № 17 Учебная аудитория 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 (для всех направлений и специальностей)</p>	<p>Доска интерактивная IQ Board DVT082 с проектором Infokus IN 124Stа, компьютер, стенд для исследования электрических характеристик пищевых продуктов, стенд для инфракрасного нагрева пищевых продуктов светлыми излучателями, стенд для исследования электрофизических свойств сырья и готовой продукции, стенд для определения вязкости с помощью вискозиметра РВ-8, стенд для определения степени виброуплотнения и вибротранспортирования сыпучих пищевых продуктов, стенд для изучения влияния ультразвука на пищевые продукты, стенд для определения теплофизических характеристик пищевых продуктов, электрокопильная установка, пресс лабораторный гидравлический, сушилка лабораторная для бюкс, установка ТВЧ нагрева</p>

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.

Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

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».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения.

**ПРИЛОЖЕНИЕ
к рабочей программе**

Дисциплина Теория и расчет циклов криогенных систем

1. Организационно-методические данные дисциплины для заочной формы обучения

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
		7
	акад.	акад.
Общая трудоемкость дисциплины	72	72
Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:	11,5	11,5
Лекции	4	4
в том числе в форме практической подготовки	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	6
в том числе в форме практической подготовки	6	6
Консультации текущие	0,6	0,6
Рецензирование контрольных работ	0,8	0,8
Виды аттестации: зачет	0,1	0,1
Самостоятельная работа:	56,6	56,6
Подготовка к защите по практическим занятиям	12	12
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	10	10
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	19,4	19,4
Изучение материалов к практическим занятиям (подготовка к решению кейс-заданий)	6	6
Выполнение контрольной работы	9,2	9,2
Подготовка к зачету (контроль)	3,9	3,9

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

Теория и расчет циклов криогенных систем

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Перечень компетенций		Этапы формирования компетенций		
	Код компетенции	Содержание компетенции (результат освоения)	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	Иметь навыки
1	ПК-3	готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам	классификацию криогенных систем, идеальные и реальные циклы криогенных систем	определять энергетическую эффективность криогенных систем	построения идеального и реального циклов с учетом потерь и изменения холодопроизводительности
2	ПК-13	способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов	стандартные методы расчета циклов криогенных техники	использовать основные расчетные зависимости для определения основных характеристик криогенных систем	проектирования криогенных систем с использованием современных вычислительных методов

2. Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Введение. Идеальные циклы.	ПК-3, ПК-13	тест	76-78, 101-105, 136-140	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	01-04, 26-30, 51-53	Контроль преподавателем
			Кейс-задания	354-355	Проверка кейс-задания
		ПК-3, ПК-13	практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы
2	Классификация криогенных установок и циклов.	ПК-3, ПК-13	тест	79-81, 106-110, 141-145	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	05-08, 31-34, 54-56	Контроль преподавателем
			Кейс-задания	357-358	Проверка кейс-задания
		ПК-3, ПК-13	практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы
3	Реальные циклы.	ПК-3, ПК-13	тест	82-84, 111-114, 146-150	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	09-11, 35-36, 57-59	Контроль преподавателем
			практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы
		ПК-3, ПК-13	Кейс-задания	356-357	Проверка кейс-задания
4	Потери и эффективность реальных циклов.	ПК-3, ПК-13	тест	85-86, 115-118, 151-155	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	12-14, 37-39, 60-62	Контроль преподавателем
			Кейс-задания	358-359	Проверка кейс-задания
		ПК-3, ПК-13	практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы

			ских работ)		
5	Циклы с дросселированием.	ПК-3, ПК-13	тест	87-88, 119-121, 156-158	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	15-17, 40-42, 63-64	Контроль преподавателем
		ПК-3, ПК-13	Кейс-задания	360-361	Проверка кейс-задания
		ПК-3, ПК-13	практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы
6	Детандерные циклы.	ПК-3, ПК-13	тест	89-90, 122-124, 159-161	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	18-19, 43-44, 65-66	Контроль преподавателем
		ПК-3, ПК-13	Кейс-задания	362-363	Проверка кейс-задания
		ПК-3, ПК-13	практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)		Защита практической работы
7	Комбинированные циклы.	ПК-3, ПК-13	тест	91-92, 125-126, 162-164	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	20-21, 45-46, 67-68	Контроль преподавателем
			практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)	219-228, 248-252, 271-276	Защита практической работы
		ПК-3, ПК-13	Кейс-задания	362-363	Проверка кейс-задания
8	Циклы газовых холодильных машин (ГХМ).	ПК-3, ПК-13	тест	93-94, 127-129, 165-167	Компьютерное тестирование
			собеседование (зачет)	22-23, 47-48, 69-70	Контроль преподавателем
			практическая работа (собеседование, вопросы к защите практических работ)	229-235, 253-258, 277-282	Защита практической работы
		ПК-3, ПК-13	Кейс-задания	364-365	Проверка кейс-задания

3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации

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 решения контрольных задач и предусматривает возможность последующего собеседования (зачета, экзамена).

Каждый вариант теста включает 50 контрольных заданий, из них:

- 20 контрольных заданий на проверку знаний;
- 20 контрольных заданий на проверку умений;
- 10 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 Собеседование (зачет)

ПК-3 – готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий

и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

№ вопро-са	Текст вопроса
01	В чем отличие процессов в низкотемпературной установке от процессов в теплосиловых установках?
02	Основные криоагенты криогенных установок и их уровень температур.
03	Дайте определение эксергии, эксергии потока вещества.
04	Дайте определение нулевой или химической эксергии, эксергии теплового потока.
05	Как изображаются основные термодинамические процессы в эксергетической диаграмме?
06	Что такое процесс дросселирования?
07	Что такое процесс детандирования?
08	В чем заключается эффект Джоуля-Томсона?
09	Какие основные принципы построения низкотемпературных циклов и установок?
10	Какие основные ступени входят в низкотемпературную установку?
11	Какие имеются критерии оценки эффективности работы низкотемпературных циклов и установок?
12	Какие методы термодинамического анализа применяются в низкотемпературных установках?
13	Какие процессы входят в обратный цикл Карно и какова его эффективность?
14	Какие процессы входят в цикл Эриксона и какова его эффективность?
15	Какие процессы входят в цикл Стирлинга и какова его эффективность?
16	Какие процессы являются холодопроизводящими в идеальных циклах Стирлинга, Эриксона и Карно?
17	Какова эффективность криогенного дроссельного цикла?
18	Что добавляет предварительное охлаждение в криогенных циклах?
19	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле низкого давления (цикл Капицы)?
20	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле среднего давления (цикл Клода)?
21	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле высокого давления (цикл Гейляндта)?
22	В чем особенность гелиевого цикла?
23	Зачем необходим регенератор в газовой машине Филипс?
24	В чем сущность работы машины Гиффорда-Мак-Магона?
25	Как работает машина Вюлемье-Такониса, каковы ее преимущества и недостатки?
26	Кратко опишите основные методы внешнего и внутреннего охлаждения.
27	Покажите в t-s диаграмме изменение энтропии в процессах внешнего и внутреннего охлаждения.
28	Как определяется работа компрессора при изотермическом и изэнтропном сжатии?
29	Как определяется теплота, отводимая от рабочего вещества при изотермическом сжатии?
30	Как определяется теплота, отводимая от рабочего вещества после изэнтропного сжатия?
31	Какие процессы для получения низких температур являются холодопроизводящими, а какие - нехолодопроизводящими?
32	Почему процесс дросселирования изображается в диаграмме штриховой линией?
33	Всегда ли температура рабочего тела при дросселировании снижается? Поясните примерами.
34	Дайте определение дифференциального эффекта Джоуля-Томсона, его физическая сущность.
35	Что такое кривая инверсии и как она располагается в T-s диаграмме?
36	Дайте определение дифференциального эффекта детандирования. В чем заключается его физическая сущность?
37	Как изменяется дифференциальный эффект детандирования при изменении температуры, давления?
38	Какие основные элементы должны входить в установку, работающую по обратному циклу Стирлинга?
39	Объясните принцип действия газовой холодильной машины, работающей по обратному циклу Стирлинга.
40	Приведите принципиальные конструктивные схемы криогенных машин, работающих по обратному циклу Стирлинга.

ПК-13 – способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

№ вопро-са	Текст вопроса
41	Изобразите схему ступени внешнего охлаждения и её процессы в T-s координатах.
42	Как определяются основные характеристики ступени внешнего охлаждения?
43	Изобразите схему ступени с расширением потока в детандере и ее процессы в T-s координатах.
44	Как определяются основные характеристики ступени с расширением потока в детандере?
45	Изобразите схему ступени с расширением потока в дроссельном устройстве и ее процессы в T-s координатах.
46	Как определяются основные характеристики ступени с расширением потока в дроссельном устройстве?
47	Изобразите схему цикла с простым дросселированием и его процессы в T-s координатах.
48	Как определяются основные характеристики цикла с простым дросселированием?
49	Изобразите схему цикла с предварительным охлаждением и дросселированием, его процессы в T-s коор-

	динатах.
50	Как определяются основные характеристики цикла с предварительным охлаждением и дросселированием?
51	Изобразите схему цикла с двойным дросселированием и циркуляцией части потока и его процессы в T-s координатах.
52	Как определяются основные характеристики с двойным дросселированием и циркуляцией части потока?
53	Изобразите схему цикла с двойным дросселированием и предварительным охлаждением и его процессы в T-s координатах.
54	Как определяются основные характеристики цикла с двойным дросселированием и предварительным охлаждением?
55	Изобразите схему цикла Клода и его процессы в T-s координатах.
56	Как определяются основные характеристики цикла Клода?
57	Изобразите схему цикла Гейляндта и его процессы в T-s координатах.
58	Как определяются основные характеристики цикла Гейляндта?
59	Изобразите схему цикла Капицы и его процессы в T-s координатах.
60	Как определяются основные характеристики цикла Капицы?
61	Изобразите схему цикла Гейляндта и его процессы в T-s координатах.
62	Как определяются основные характеристики цикла Гейляндта?
63	Изобразите схему цикла с расширением в детандере, дросселированием и предварительным охлаждением и его процессы в T-s координатах.
64	Как определяются основные характеристики цикла с расширением в детандере, дросселированием и предварительным охлаждением?

3.2 Тесты (тестовые задания)

ПК-3 – готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

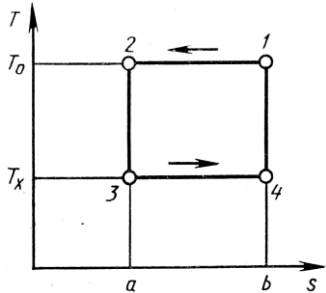
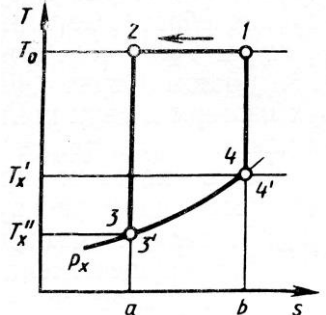
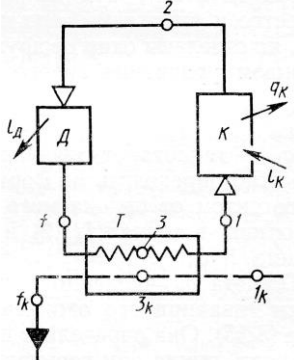
№ задания	Тестовое задание
65	На T-s-диаграмме изоэнтропы изображаются 1) горизонтальными линиями 2) вертикальными линиями + 3) наклонными линиями
66	На T-s-диаграмме изотермы изображаются 1) горизонтальными линиями + 2) вертикальными линиями 3) наклонными линиями
67	На T-s-диаграмме количество теплоты изображается 1) отрезком 2) периметром 3) площадью +
68	Процессы охлаждения делят на 1) две группы + 2) три группы 3) четыре группы
69	Если криогенная система изолирована от окружающей среды и других источников тепла, то при любом изменении параметров внешнее охлаждение будет происходить 1) при постоянной энтропии 2) с уменьшением энтропии + 3) с увеличением энтропии
70	К процессу внутреннего охлаждения посредством использования сил межмолекулярного взаимодействия самого рабочего тела относится 1) дросселирование + 2) конденсация 3) кипение

71	<p>К процессу внутреннего охлаждения посредством внешних сил относится</p> <p>1) сублимация 2) испарение 3) расширение газа в детандере +</p>
72	<p>Адиабатное расширение газа в условиях стационарного течения без совершения внешней работы и приращения скорости называется</p> <p>1) изобарное смещение 2) дросселирование + 3) откачка</p>
73	<p>Процесс дросселирования осуществляется</p> <p>1) при уменьшении энтальпии 2) при увеличении энтальпии 3) при постоянной энтальпии +</p>
74	<p>Адиабатическое расширение с совершением внешней работы осуществляется</p> <p>1) при постоянной энтропии + 2) при увеличении энтропии 3) при уменьшении энтропии</p>
75	<p>Процесс дросселирования реализуется при помощи</p> <p>1) испарителя 2) конденсатора 3) дроссельного вентиля +</p>
76	<p>Процесс адиабатического расширения газа реализуется в</p> <p>1) ресивере 2) детандере + 3) конденсаторе</p>
77	<p>Процесс выпуска (выхлопа) газа</p> <p>1) является холодопроизводящим + 2) не является холодопроизводящим 3) является комбинированным</p>
78	<p>Процесс адиабатной откачки паров кипящей жидкости</p> <p>1) не является холодопроизводящим 2) является холодопроизводящим + 3) является комбинированным</p>
79	<p>Эффект Ранка реализуется</p> <p>1) в терморегулирующем вентиле 2) в компрессоре 3) в вихревой трубе +</p>
80	<p>Процесс сжатия газа реализуется</p> <p>1) в испарителе 2) в компрессоре + 3) в конденсаторе</p>
81	<p>На практике процесс сжатия в компрессоре является</p> <p>1) изотермическим 2) изобарическим 3) адиабатным +</p>
82	<p>Для идеального газа процесс дросселирования является</p> <p>1) частично обратимым 2) полностью обратимым + 3) необратимым</p>
83	<p>Для реального газа процесс дросселирования является</p> <p>1) обратимым 2) необратимым 3) частично обратимым +</p>
84	<p>Изменение температуры в процессе дросселирования носит название</p> <p>1) эффект Ранка</p>

	2) эффект Джоуля-Томсона + 3) эффект Пельтье
85	Изменение знака дроссельного эффекта называется 1) энтальпией 2) энтропией 3) инверсией +
86	Максимальная температура инверсии, выше которой эффект при любых давлениях отрицателен, называется 1) нижней температурой инверсии 2) средней температурой инверсии 3) верхней температурой инверсии +
87	Изменение температуры в процессе дросселирования носит название 1) эффект Ранка 2) эффект Джоуля-Томсона + 3) эффект Пельтье
88	Эффект изменения температуры в элементарном изоэнтропном процессе называется 1) эффектом детандирования + 2) эффектом дросселирования 3) термодиффузионный эффект
89	Процесс дросселирования изображается на T-s-диаграмме 1) пунктирной линией 2) штриховой линией + 3) сплошной линией

ПК-13 – способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

№ задания	Тестовое задание
90	Процесс переноса теплоты с нижнего температурного уровня на верхний осуществляют в криогенных установках с помощью 1) теплоносителя 2) хладагента 3) криоагента +
91	В качестве рабочего вещества в реальных криогенных установках можно использовать 1) азот + 2) аммиак 3) гелий +
92	Количество теплоты, отводимой с использованием установки в единицу времени при температуре ниже окружающей среды, называют 1) холодильным коэффициентом 2) полезной холодопроизводительностью + 3) полезной мощностью
93	Отношение полезной холодопроизводительности к единице расхода циркулирующего в системе криогента называют 1) удельной холодопроизводительностью + 2) удельными энергозатратами 3) удельной материалоемкостью
94	На схеме представлен 1) необратимый цикл термостатирования 2) обратимый цикл термостатирования + 3) обратимый цикл охлаждения

	
95	<p>На схеме представлен</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) обратимый цикл охлаждения + 2) необратимый цикл охлаждения 3) обратимый цикл термостатирования 
96	<p>На схеме представлен</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) цикл охлаждения газа 2) цикл термостатирования газа 3) цикл ожидения газа + 
97	<p>По назначению все криогенные установки подразделяют</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) на две группы 2) на три группы 3) на четыре группы +
98	<p>Для охлаждения объекта до заданного температурного уровня и поддержания в этом состоянии компенсацией притока теплоты с помощью того или иного процесса используют</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) газоразделительные установки 2) рефрижераторные установки + 3) ожидительные установки
99	<p>Для разделения газовых смесей на составные компоненты используют</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) рефрижераторные установки 2) ожидительные установки 3) газоразделительные установки +
100	<p>Для получения сжиженного газа используют</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) рефрижераторные установки 2) ожидительные установки + 3) газоразделительные установки
101	<p>Цикл, в котором используют дросселирование, расширение в детандере, выхлоп из постоянного объема, изотермическое расширение с подводом теплоты, испарение жидкого криоагента, относится к циклам</p>

- 1) с использованием рабочей среды в твердом состоянии
- 2) на основе термомеханической системы +
- 3) на основе изотопов гелия

3.3 Защита практических работ

ПК-3 – готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

№ вопроса	Текст вопроса
102	Где и почему в T-s диаграмме линии изохор имеют точку перелома?
103	Изобразите в i-s диаграмме линии изотермы и объясните характер их расположения.
104	Как располагаются в диаграмме T-s в области влажного насыщенного пара линии изобар и изотерм и почему?
105	Какая из линий, исходящих на диаграмме T-s из одной точки, располагается круче: изобара или изохора - и почему?
106	Всегда ли в T-s диаграмме изобары однофазных состояний являются восходящими кривыми и почему?
107	Правило фаз Гиббса. Привести примеры для чистого вещества и бинарной смеси веществ.
108	Что является низкокипящим и высококипящим компонентом в смеси кислород-азот?
109	Дайте определение эксергии, эксергии потока вещества.
110	Дайте определение нулевой или химической эксергии, эксергии теплового потока.
111	Как изображаются основные термодинамические процессы в эксергетической диаграмме?
112	Что такое процесс дросселирования?
113	Что такое процесс детандирования?
114	В чем заключается эффект Джоуля-Томсона?
115	Какие основные принципы построения низкотемпературных циклов и установок?
116	Какие основные ступени входят в низкотемпературную установку?
117	Какие имеются критерии оценки эффективности работы низкотемпературных циклов и установок?
118	Какие методы термодинамического анализа применяются в низкотемпературных установках?
119	Какие процессы входят в обратный цикл Карно и какова его эффективность?
120	Какие процессы входят в цикл Эриксона и какова его эффективность?
121	Какие процессы входят в цикл Стирлинга и какова его эффективность?
122	Какие процессы являются холодопроизводящими в идеальных циклах Стирлинга, Эриксона и Карно?
123	Какова эффективность криогенного дроссельного цикла?
124	Что добавляет предварительное охлаждение в криогенных циклах?
125	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле низкого давления (цикл Капицы)?
126	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле среднего давления (цикл Клода)?
127	Какова степень ожигения воздуха в детандерном цикле высокого давления (цикл Гейляндта)?
128	В чем особенность гелиевого цикла?
129	Зачем необходим регенератор в газовой машине Филипс?
130	В чем сущность работы машины Гиффорда-Мак-Магона?

ПК-13 – способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

№ вопроса	Текст вопроса
131	Кратко опишите основные методы внешнего и внутреннего охлаждения.
132	Покажите в t-s диаграмме изменение энтропии в процессах внешнего и внутреннего охлаждения.
133	Как определяется работа компрессора при изотермическом и изоэнтропном сжатии?
134	Как определяется теплота, отводимая от рабочего вещества при изотермическом сжатии?
135	Как определяется теплота, отводимая от рабочего вещества после изоэнтропного сжатия?
136	Какие процессы для получения низких температур являются холодопроизводящими, а какие - нехолодопроизводящими?
137	Почему процесс дросселирования изображается в диаграмме штриховой линией?
138	Всегда ли температура рабочего тела при дросселировании снижается? Поясните примерами.
139	Дайте определение дифференциального эффекта Джоуля-Томсона, его физическая сущность.

140	Что такое кривая инверсии и как она располагается в T-s диаграмме?
141	Дайте определение дифференциального эффекта детандирования. В чем заключается его физическая сущность?
142	Как изменяется дифференциальный эффект детандирования при изменении температуры, давления?
143	Какие основные элементы должны входить в установку, работающую по обратному циклу Стирлинга?
144	Объясните принцип действия газовой холодильной машины, работающей по обратному циклу Стирлинга.
145	Приведите принципиальные конструктивные схемы криогенных машин, работающих по обратному циклу Стирлинга.
146	Дайте определение эксергии, эксергии потока вещества.
147	Дайте определение нулевой или химической эксергии, эксергии теплового потока.
148	Как изображаются основные термодинамические процессы в эксергетической диаграмме?
149	Что такое процесс дросселирования?
150	Что такое процесс детандирования?
151	В чем заключается эффект Джоуля-Томсона?
152	Какие основные принципы построения низкотемпературных циклов и установок?
153	Какие основные ступени входят в низкотемпературную установку?
154	Какие имеются критерии оценки эффективности работы низкотемпературных циклов и установок?
155	Какие методы термодинамического анализа применяются в низкотемпературных установках?
156	Какие процессы входят в обратный цикл Карно и какова его эффективность?
157	Какие процессы входят в цикл Эриксона и какова его эффективность?
158	Какие процессы входят в цикл Стирлинга и какова его эффективность?
159	Какие процессы являются холодопроизводящими в идеальных циклах Стирлинга, Эриксона и Карно?
160	Какова эффективность криогенного дроссельного цикла?

3.4 Кейс-задания

ПК-3 – готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам

№ задания	Формулировка задания
161	Определить основные термодинамические параметры и состояние воздуха, если давление его составляет 0,1 МПа, а температура 250 К.
162	Определить основные термодинамические параметры и состояние водорода, если давление его составляет 0,6 МПа, а температура 40 К.
163	Определить давление газообразного водорода в конце изотермического сжатия его в компрессоре криогенной системы, если начальное давление составляет 0,1 МПа, начальная температура 50 К, а приращение энтропии равно 30 КДж/(моль).
164	Рассчитайте массу жидкого кислорода, полученного в результате дросселирования 1 кг газа от давления 7 МПа до давления 6 бар. Температура исходного газа 155 К.
165	Определите состояние и термодинамические параметры азота, полученного в результате расширения в детандере от начального давления 30 бар и температуры 200 К до конечного давления 0,5 МПа.

ПК-13 – способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов

№ задания	Формулировка задания
166	В сосуде Дьюара находится жидкий азот при $t_{oc}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите минимальную мощность криогенной системы для термо-статирования 25 кг жидкого криоагента при атмосферном давлении, если теплоприток в сосуд Дьюара составляет 20 Вт/кг.
167	Определите, какое количество теплоты надо отвести от 10 кг воздуха, чтобы охладить его в изобарном процессе от 200 К до 120 К? Определите минимальную работу, которую надо затратить для того, чтобы обеспечить это охлаждение. $t_{oc}=25\text{ }^{\circ}\text{C}$.
168	Ожижить воздух, находящийся при атмосферном давлении и температуре 290 К. Определите минимальную работу ожижения килограмма криоагента, количество теплоты, которое надо отвести от килограмма криоагента. Определите работу, которую необходимо затратить для ожижения того же количества воздуха в цикле Карно.
169	Определите минимальную работу разделения 1 моля воздуха для получения чистых кислорода и азота,

при этом принять температуру $T_0=300$ К и давление смеси и продуктов разделения $p_0=0,1$ МПа; считать воздух за бинарную смесь O_2-N_2 ; молярная доля N_2 в воздухе $y_a=0,791$.
--

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

4.1. Рейтинговая система оценки осуществляется в течение всего семестра при проведении аудиторных занятий, показателем ОМ является текущий опрос в виде собеседования, за каждый правильный ответ обучающийся получает 5 баллов (зачтено - 5, не зачтено - 0). Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре 50.

4.2. Бальная система служит для получения зачета по дисциплине.

Максимальное число баллов за семестр – 100.

Максимальное число баллов по результатам текущей работы в семестре – 50.

Максимальное число баллов на зачете – 50.

Минимальное число баллов за текущую работу в семестре – 30.

Обучающийся, набравший в семестре менее 30 баллов может заработать дополнительные баллы, отработав соответствующие разделы дисциплины или выполнив обязательные задания, для того чтобы быть допущенным до зачета.

Обучающийся, набравший за текущую работу менее 30 баллов, т.к. не выполнил всю работу в семестре по объективным причинам (болезнь, официальное освобождение и т.п.) допускается до зачета, однако ему дополнительно задаются вопросы на собеседовании по разделам, выносимым на экзамен.

В случае неудовлетворительной сдачи экзамена и зачета обучающемуся предоставляется право повторной сдачи в срок, установленный для ликвидации академической задолженности по итогам соответствующей сессии. При повторной сдаче зачета количество набранных студентом баллов на предыдущем экзамене и зачете не учитывается.

Зачет проводится в виде тестового задания и кейс-задания.

Максимальное количество заданий в билете – 20.

Максимальная сумма баллов – 50.

При частично правильном ответе **сумма баллов делится пополам.**

Для получения оценки «зачтено» суммарная бально-рейтинговая оценка по результатам работы в семестре и на зачете, **должна быть не менее 60 баллов.**

Экзамен может проводиться в виде тестового задания и кейс-задания или собеседования и кейс-заданий и/или задач.

Для получения оценки «отлично» суммарная бально-рейтинговая оценка по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять 90 и выше баллов;

- оценки «хорошо» суммарная бально-рейтинговая оценка студента по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 75 до 89,99 баллов;

- оценки «удовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка обучающегося по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять от 60 до 74,99 баллов;

- оценки «неудовлетворительно» суммарная бально-рейтинговая оценка обучающегося по результатам работы в семестре и на экзамене должна составлять менее 60 баллов.

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 или баллы	Уровень освоения компетенции
ПК-3 – готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области холодильной, криогенной техники и систем жизнеобеспечения на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, теплофизических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и аппаратам					
ЗНАТЬ: классификацию криогенных систем, идеальные и реальные циклы криогенных систем	Тест	Результат тестирования	Более 75 % и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышенный)
			60-75 % правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышенный)
			50-60 % правильных ответов	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Менее 50 % правильных ответов	Не удовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (зачет)	Знание классификации криогенных систем, идеальных и реальных циклов криогенных систем	Обучающийся полно и последовательно ответил на все вопросы, грамотно решил кейс-задания	Отлично	Освоена (повышенный)
			Обучающийся полно и последовательно ответил на все вопросы, но допустил одну-две ошибки, грамотно решил кейс-задания	Хорошо	Освоена (повышенный)
			Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибок, предложил вариант решения кейс-задания	Удовлетворительно	Освоена (базовый)
			Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, допустил две-три ошибки, не предложил вариант решения кейс-задания	Не удовлетворительно	Не освоена (недостаточный)
УМЕТЬ: определять энергетическую эффективность криогенных систем	Собеседование (защита практической работы)	Умение определять энергетическую эффективность криогенных систем	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, выполнил все необходимые расчеты, допустил не более двух-трех ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			Обучающийся участвовал в выполнении работы, не выполнил необходимые расчеты, допустил более пяти ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
ИМЕТЬ НАВЫКИ: построения идеального и реального циклов с учетом потерь и изменения холодопроизводительности	Кейс-задание	Содержание решения	Обучающийся грамотно разобрался в сложившейся ситуации, выявил причины случившегося, предложил несколько альтернативных вариантов решения	Зачтено	Освоена (повышенный)
			Обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, выявил	Зачтено	Освоена

			причины случившегося, предложил один вариант решения		(базовый)
			Обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося, не предложил вариантов решения	Не заче- но	Не освоена (недоста- точный)
ПК-13 – способность выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных низкотемпературных объектов с целью оптимизации технологических процессов					
ЗНАТЬ: стандартные методы расчета циклов криогенных систем	Тест	Результат тестирования	Более 75 % и более правильных ответов	Отлично	Освоена (повышен- ный)
			60-75 % правильных ответов	Хорошо	Освоена (повышен- ный)
			50-60 % правильных ответов	Удовле- твори- тельно	Освоена (базовый)
			Менее 50 % правильных ответов	Не удо- влетвори- тельно	Не освоена (недоста- точный)
	Собеседование (зачет)	Знание стандартных методов расчета циклов криогенных техники	Обучающийся полно и последовательно ответил на все вопросы, грамотно решил кейс-задания	Отлично	Освоена (повышен- ный)
			Обучающийся полно и последовательно ответил на все вопросы, но допустил одну-две ошибки, грамотно решил кейс-задания	Хорошо	Освоена (повышен- ный)
			Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибок, предложил вариант решения кейс-задания	Удовле- твори- тельно	Освоена (базовый)
			Обучающийся ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, допустил две-три ошибки, не предложил вариант решения кейс-задания	Не удо- влетвори- тельно	Не освоена (недоста- точный)
УМЕТЬ: использовать основные расчетные зависимости для определения основных характеристик криогенных систем	Собеседование (защита практической работы)	Умение использовать основные расчетные зависимости для определения основных характеристик криогенных систем	Обучающийся активно участвовал в выполнении работы, выполнил все необходимые расчеты, допустил не более двух-трех ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Зачтено	Освоена (базовый, повышен- ный)
			Обучающийся участвовал в выполнении работы, не выполнил необходимые расчеты, допустил более пяти ошибок в ответах на вопросы при защите практической работы	Не заче- но	Не освоена (недоста- точный)
ИМЕТЬ НАВЫКИ: проектирования криогенных систем с использованием современных вычислительных методов	Кейс-задание	Содержание реше- ния	Обучающийся грамотно разобрался в сложившейся ситуации, выявил причины случившегося, предложил несколько альтернативных вариантов решения	Зачтено	Освоена (повышен- ный)
			Обучающийся разобрался в сложившейся ситуации, выявил причины случившегося, предложил один вариант решения	Зачтено	Освоена (базовый)
			Обучающийся не разобрался в сложившейся ситуации, не выявил причины случившегося, не предложил вариантов решения	Не заче- но	Не освоена (недоста- точный)