

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**БАШКИРСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ (ФИЛИАЛ)**  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЕНИЯ ИМЕНИ К.Г. РАЗУМОВСКОГО  
(ПЕРВЫЙ КАЗАЧИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**  
(БИТУ (филиал) ФГБОУ ВО «МГУТУ им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»)

**Кафедра «Машины и аппараты пищевых производств»**



«Утверждаю»  
Директор БИТУ (филиал)  
ФГБОУ ВО «МГУТУ  
им. К.Г. Разумовского (ПКУ)»  
Е.В. Кузнецова  
«29» июня 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины  
Б1.В.ДВ.03.01 Криофизика**

Направление подготовки 16.03.01 Техническая физика

Тип образовательной программы прикладной бакалавриат

Направленность (профиль) подготовки техника и физика низких температур

Квалификация выпускника - бакалавр

Форма обучения очно-заочная

Год поступления - 2020

Рабочая программа дисциплины **«Криофизика»** разработана на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки **16.03.01 Техническая физика (уровень бакалавриата)**, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. № 204, учебного плана по основной профессиональной образовательной программе высшего образования «Техника и физика низких температур».

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана группой в составе: к.т.н. Сьянов Д.А., к.т.н., доцент Соловьёва Е.А., к.т.н. Р.Р. Максюттов, А.А. Ларькина

Руководитель основной профессиональной образовательной программы к.т.н., доцент кафедры «МАПП»



Сьянов Д.А.

(подпись)

Рабочая программа дисциплины обсуждена и утверждена на заседании кафедры «Машины и аппараты пищевых производств», протокол № 11 от «29» июня 2023 года

И.о. заведующего кафедрой «МАПП», к.т.н., доцент



Соловьёва Е.А.

(подпись)

## Оглавление

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП.....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля) .....	4
Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.....	5
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения) .....	6
5. Содержание дисциплины (модуля).....	7
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) .....	7
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами.....	7
5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий.....	7
6. Перечень практических занятий и лабораторных работ ОФО .....	9
Перечень практических занятий и лабораторных работ ОЗФО .....	9
Перечень практических занятий и лабораторных работ ЗФО <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
6.1. План самостоятельной работы студентов ОФО.....	10
План самостоятельной работы студентов ОЗФО .....	10
План самостоятельной работы студентов ЗФО.....	<b>Ошибка! Закладка не определена.</b>
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	12
Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины.....	13
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов).....	13
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....	13
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) .....	13
10. Образовательные технологии.....	14
11. Оценочные средства.....	15
12. Организация образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями..	21

13. Лист регистрации изменений ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

### **1. Цели и задачи дисциплины:**

Учебная дисциплина «Криофизика» - обязательная дисциплина профессионального цикла базовой (общепрофессиональной) части государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 16.03.01 «Техническая физика», квалификация (степень) - бакалавр.

**Основными целями** учебной дисциплины «Криофизика» является:

- изучение студентами физических основ получения холода, конструкций низкотемпературных установок.

#### **Задачи дисциплины:**

- иметь четкие представления об общих и отличительных чертах состояния материи;

-приобрести навыки расчета вакуумных систем и подбора вакуумного оборудования криофизических установок;

-создание у обучающихся целостной системы знаний, умений и навыков при решении задач обеспечения простоты, надежности и высокой экономичности применительно к конкретным проектируемым и создаваемым климатическим низкотемпературным установкам и системам;

-анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта при создании криогенных установок обеспечения безмасляного вакуума.

### **2. Место дисциплины в структуре ОПОП:**

Дисциплина «Криофизика» относится к вариативной части учебного плана образовательной программы –дисциплина по выбору. Дисциплина относится к профессиональному циклу Б.3, базовой (общепрофессиональной части). Изучение дисциплины базируется на комплексе знаний, полученных при изучении предшествующих дисциплин математического и естественнонаучного цикла, таких, как «Математика», «Физика», и дисциплин профессионального цикла, таких как «Тепловые и массообменные процессы в холодильных системах».

### **3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):**

Процесс изучения дисциплины «Криофизика» направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов (ПК-9);

- готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований (ПК-12).

В результате изучения дисциплины студент должен

#### **знать:**

-физические представления об общих и отличительных чертах состояния материи в диапазоне температур  $(10^8-10^{-4})\text{К}$  и диапазоне давлений  $(10^9-10^{-10})\text{Па}$ ;

- основные понятия вакуумной техники, современные способы и средства получения и измерения вакуума, технологии использования вакуума в различных отраслях народного хозяйства;
- основные методы и машины создания вакуума; принципы построения вакуумных систем.
- способы и методы диагностики вакуумных течей, определения исправности вакуумного оборудования и приборов.

**уметь:**

- рассчитывать вакуумные системы, криогенные и сорбционные средства получения вакуума;
- выполнять проектно-конструкторские и расчетные работы машин и аппаратов и их элементов ;
- составлять программы предэксплуатационной подготовки и испытаний вакуумных систем.

**владеть:**

- навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов криовакуумных установок;
- современными вычислительными методами расчета вакуумных систем, в том числе времени откачки, газовыделений и натекания в систему;
- техническими средствами диагностики: вакууметрами, течеискателями .

**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Процесс изучения дисциплины «Криофизика» направлен на формирование у обучающихся по программе высшего образования – программе бакалавриата – по направлению подготовки 16.03.01 «Техническая физика» следующих профессиональных компетенций:

- способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов (ПК-9);

- готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований (ПК-12).

Код и описание Компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<p>- способностью использовать технические средства для определения основных параметров технологического процесса, изучения свойств физико-технических объектов, изделий и материалов (ПК-9);</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные методы, способы и средства получения, хранения, переработки информации;</li> <li>- принципы работы основных технических и программных средств реализации информационных процессов;</li> <li>- теоретические основы алгоритмизации задач и проектирования программ;</li> <li>- системы компьютерной математики для решения задач в области низких температур.</li> </ul> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- применять физико-математические методы для</li> </ul>

	<p>решения практических задач с помощью систем компьютерной математики;</p> <p>- использовать современные методы программирования и возможности языка программирования для решения практических типовых задач.</p>
<p>- готовностью обосновывать принятие технических решений при разработке технологических процессов и изделий с учетом экономических и экологических требований (ПК-12).</p>	<p><b>Владеть:</b></p> <p>- основными методами работы на компьютере с использованием универсальных прикладных программ;</p> <p>- навыками систем компьютерной математики.</p> <p><b>Знать:</b></p> <p>- сущность и значение информации в развитии современного общества;</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- работать с основными информационными технологиями (электронными таблицами, текстовым редактором, средствами подготовки презентационных материалов, базами данных, трансляторами языков программирования, интернет - браузерами, операционными системами) как средством управления информацией, для подготовки докладов, статей, отчетов;</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;</p>

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы (разделяется по формам обучения)

##### Очно-заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		5 курс, 1 семестр			
<b>Аудиторные занятия (контактная работа)</b>	<b>36</b>				
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	12				
Практические занятия (ПЗ)	12				
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)	12				
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	<b>108</b>				
В том числе:	-	-	-	-	-
Курсовой проект (работа)					

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		5 курс, 1 семестр			
Расчетно-графические работы					
Реферат (при наличии)					
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>					
Вид промежуточной аттестации ( экзамен)	<b>36</b>	экзамен			
Общая трудоемкость	часы зачетные единицы	<b>180</b>			

## 5. Содержание дисциплины (модуля)

### 5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

#### 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ разделов и тем данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин (вписываются разработчиком)								
		1-1	1-2							
1.	Низкотемпературные машины	1-1	1-2							
2.	Установки криогенной техники	2-1								

### 5.3. Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий

#### Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекции	Практические занятия	Семинарские	Лабораторные занятия	СРС	Всего

					заня- тия			
1.	<b>Модуль 1. Теоретические основы вакуумной техники. Традиционные методы и техника получения вакуума.</b>	Тема 1. Параметры состояния материи. Молекулярно-кинетическая теория. Коэффициенты переноса.	2	2		2	18	24
		Тема 2. Средства получения вакуума. Форвакуумные и высоковакуумные системы.	2	2		2	18	24
		Тема 3. Способы измерения вакуума и течеискание. Расчет вакуумных систем.	2	2		2	18	24
2.	<b>Модуль 2. Криовакуумная техника.</b>	Тема 1. Принцип действия и классификация низкотемпературных средств откачки. Форвакуумные крионасосы. Криосорбционные средства вакуумной откачки.	2	2		2	18	24
		Тема 2. Расчет криовакуумных систем. Специфика измерения вакуума при низких температурах.	2	2		2	18	24
		Тема 3. Криогенное обеспечение средств криооткачки. Адсорбенты для крионасосов. Эксплуатация вакуумных систем.	2	2		2	18	24
		<b>ИТОГО:</b>	<b>12</b>	<b>12</b>		<b>12</b>	<b>108</b>	<b>144</b>



## 6. Перечень практических занятий и лабораторных работ ОФО

### Перечень практических занятий и лабораторных работ ОЗФО

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины (модуля)	Наименование семинарских, практических и лабораторных занятий (работ)	Трудоемкость (час.)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
<b>Практические работы</b>					
1.	<b>Модуль 1. Теоретические основы вакуумной техники. Традиционные методы и техника получения вакуума.</b>	Расчет параметров и определение коэффициентов переноса	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
2.		Расчет скоростей откачки и давлений в вакуумной системе при вакуумной откачке	<b>2</b>	УО, ТЕСТ	ПК-9, ПК-12
3.		Оценки натеканий и производительности откачных устройств	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
4	<b>Модуль 2. Криовакуумная техника.</b>	Расчет криосорбционного насоса	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
5		Расчет предельных давлений чистых и смесевых сред при различных температурах охлаждения	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
6		Расчет многоступенчатой криооткачки и теплопритоков	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
		<b>ИТОГО:</b>	<b>12</b>		
<b>Лабораторные работы</b>					
1	<b>Модуль 1. Теоретические основы вакуумной техники. Традиционные методы и техника получения вакуума.</b>	Изучение устройства вакууметров различного типа	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
2		Изучение устройства и принцип действия вакуумного насоса	<b>2</b>	УО, ТЕСТ	ПК-9, ПК-12
3		Определение натеканий и производительности маслозаполненного вакуумного насоса	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
4	<b>Модуль 2. Криовакуумная техника.</b>	Изучение устройства и принцип действия криосорбционного насоса	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
5		Измерение вакуума при различных температурах охлаждения реципиента	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
6		Изучение адсорбентов (СКТ; NaX).	<b>2</b>	УО	ПК-9, ПК-12
		<b>ИТОГО:</b>	<b>12</b>		

**Формы учебных занятий с использованием активных и интерактивных технологий обучения**

№	Наименование разделов (тем), в которых используются активные и/или интерактивные образовательные технологии	Образовательные технологии
1.	<b>Модуль 1. Теоретические основы вакуумной техники. Традиционные методы и техника получения вакуума.</b>	
	Тема 1. Изучение устройства вакууметров различного типа	Презентации, занятие с применением аудио-видеоматериалов
2.	<b>Модуль 2. Криовакуумная техника.</b>	
	Тема 1. Изучение устройства и принцип действия криосорбционного насоса.	Работа в малых группах

**6.1.**

**План самостоятельной работы студентов ОЗФО**

№ п/п	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Схемы вакуумных систем низкого, среднего и высокого вакуума	практическая работа	Анализ вакуумных систем.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>

2	Пропускная способность трубопроводов при вязкостном, молекулярном и промежуточном режимах течения газов.	практическая работа	Расчёт вакуумного трубопровода.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 1995. - 360 стр., ил. Вакуумные крионасосы/ В.Е.Минайчев.- М.: Энергия, 2016.- 152 с., ил.	<b>10</b>
3	Основное уравнение вакуумной техники.	практическая работа	Подборка вакуумного насоса и расчёт мощности привода.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
4	Выбор и тепловой расчёт расхода криоагента охлаждения криовакуумного насоса.	практическая работа	Расчет расхода криоагента данного криовакуумного насоса.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
5	Выбор криогенных машин охлаждения на температурные уровни 80 – 4К.	практическая работа	Выполнить подбор.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
6	Эффективные поверхности криопанелей для термобарокамер имитации космического пространства.	практическая работа	Тактико-технические характеристики типового конструктивного элемента.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение	<b>10</b>

				ние, 2015. - 360 стр., ил.	
7	Расчёт поверхностей и температуры криоосадка	практическая работа	Расчет поверхностей и температуры криоосадка	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
8	Расчёт и выбор экранов криопанелей.	практическая работа	Рассмотреть методику расчёта и выбора экранов криопанелей.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
9	Выбор запорной вакуумной арматуры.	практическая работа	Подготовка графической части исполнения вакуумных вентилях.	Вакуумная техника: Справочник/Е.С.Фролов, В.Е.Минайчев, А.Т.Александрова и др.; под общ. ред. Е.С.Фролова, В.Е.Минайчева. - М.: Машиностроение, 2015. - 360 стр., ил.	<b>10</b>
10	Расчет криосорбционного насоса технологической линии изготовления микрочипов.	практическая работа	Оформление расчетно-пояснительной записки	Хэфер Р. Криовакуумная техника. М.: Энергоатомиздат, 2017, 286 с., ил.	<b>18</b>
ИТОГО					<b>108</b>

## 6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Целью СРС является овладение фундаментальными знаниями, профессиональными умениями и навыками по профилю будущей специальности, опытом творческой, исследовательской деятельности, развитие самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровней.

Задачи СРС:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретической подготовки;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности студентов: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации; развитие исследовательских умений;

-использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, при написании курсовых и выпускной квалификационной работ, для эффективной подготовки к итоговым зачетам и экзаменам.

Методологическую основу СРС составляет деятельностный подход, при котором цели обучения ориентированы на формирование умений решать типовые и нетиповые задачи, т. е. на реальные ситуации, в которых студентам надо проявить знание конкретной дисциплины.

Планируемые результаты грамотно организованной СРС предполагают:

- усвоение знаний, формирование профессиональных умений, навыков и компетенций будущего специалиста;
- закрепление знания теоретического материала практическим путем;
- воспитание потребности в самообразовании;
- максимальное развитие познавательных и творческих способностей личности;
- побуждение к научно-исследовательской работе;
- повышение качества и интенсификации образовательного процесса;
- формирование интереса к избранной профессии и овладению ее особенностями;
- осуществление дифференцированного подхода в обучении.
- применение полученных знаний и практических навыков для анализа ситуации и выработки правильного решения, для формирования собственной позиции, теории, модели.

## **7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) – не предусмотрены**

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

а) основная литература

1. Физика для вузов: Механика и молекулярная физика / Никеров В.А. - М.:Дашков и К, 2017. <http://znanium.com/bookread2.php?book=415061>
2. Борзенко Е.И., Зайцев А.В., Игнатов Ю.Я. Установки и системы низкотемпературной техники. Адсорбционные технологии криогенной техники/ Под общ. ред. Ю.Я.Игнатова. – СПб.:2015.-176с.
3. Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты: учебник для вузов/под общ. ред. А.М.Архарова и И.К.Буткевича. – 2-е изд.,испр. – М.:Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана,2015. – 533с

б) дополнительная литература

1. Физика: Механика. Механические колебания и волны. Молекулярная физика. Термодинамика: Учебное пособие / С.И. Кузнецов. - 4-е изд., испр. и доп. - М.: Вузовский учебник: НИЦ ИНФРА-М, 2014. <http://znanium.com/bookread2.php?book=412940>
2. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры. Том.1. Теория и расчет/ 2-е изд., перераб. и доп. – М.:КолосС,2000. – 456с.
3. Михайлов А.К., Новиков Ю.А., Юрченко В.А. Насосы холодильной техники:Учебное пособие для вузов.-М.:Колос,1996. – 287с.
4. Теплофизические свойства аммиака. – М.:Изд-во стандартов,1987. -264с.

### **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):**

- проектор для демонстрации различного рода графического материала;
- Холодильный агрегат ВС - 500 (сатуратор) для охлаждения воды
- Компрессор аммиачный поршневой АУ - 45
- Компрессор аммиачный винтовой СЗ - 315
- Компрессор ПБ - 10 в комплекте:

- с коленчатым валом - 1 шт
  - шатун с поршнями - 2 шт
  - клапанная доска - 1 шт
- Компрессор бытовой в разрезе V - 792 R  
 Компрессор бытовой в разрезе СК - 175 - H5-02  
 Компрессор бытовой в разрезе КМ - 175  
 Компрессор промышленный в разрезе J 9238 E  
 Баллон для хранения фреона  
 Холодильный агрегат ВС -800  
 Конденсатор с воздушным охлаждением к агрегату ВСЭ - 800  
 Коленчатый вал с шатунно-поршневой группой к компрессору ФВ-6  
 Коленчатый вал с шатунами к компрессору ФВ-6  
 Шатун к компрессору ФВ-6  
 Вентиль запорный к компрессору ФВ-6  
 Вентиль запорный к компрессору 2 ФВ 4/45  
 Фильтр - осушитель ФЦ - 1  
 Фильтр - осушитель ФОР - 40  
 Пусковое реле РТП - 1  
 Реле давления РД - 2 - 0 М 5 - 05  
 Реле давления А 2 -11  
 Терморегулирующий вентиль 12 ТРВЕ -1,6  
 Коленчатый вал с шатунами (2 шт) и поршнями (2 шт) к компрессору «Битцер»  
 Компрессор воздушный «Compair»  
 Холодильная установка на базе компрессора Aspera NE 6210 CE и воздухоохладителя LU - VE  
 Кондиционер бытовой БК - 2300  
 Электронный термометр ДТ - 2  
 Сокоохладитель ОН - 30 – 2
- холодильник бытовой «Полюс»-5
  - компрессор поршневой АУ-45
  - компрессор винтовой S5-315
  - компрессор моноблочный
  - термометр цифровой многоканальный ХК(L)
  - термопары
  - термометр спиртовой
  - номограммы чисел Фурье и Био
  - штангенциркуль -
  - микрометр
  - индикатор-нутромер
  - микрометрическая скоба
  - стенд «Диаграмма состояния водяного пара PV»
  - стенд-схема аммиачно-компрессорного цеха
  - термодинамические таблицы параметров насыщенных паров хладагентов
  - диаграммы состояния холодильных агентов TS,PV,PI
  - установка для получения низких температур с использованием термоэлектрического эффекта

#### **10. Образовательные технологии:**

Центральное место занимают методы активного обучения, стимулирующие познавательную деятельность студентов.

Показательный метод - это обусловленная принципами обучения система регулятивных правил подготовки и объяснения учебного материала путем постановки проблемы и пока-

за способов ее решения, формирование у них способов поисковой деятельности, отрабатываются способы решения практической проблемы.

Практические занятия проходят с использованием многофункциональных учебных сред, которые содержат учебные макеты, демонстрационные программы, наглядные пособия.

## 11. Оценочные средства (ОС):

### 11.1. Оценочные средства для текущего контроля

#### Вопросы

1. Параметры конденсированного тела.
2. Параметр взаимодействия. Параметр де Бройля.
3. Концепция элементарных возбуждений.
4. Энергетический спектр конденсированного тела.
5. Кристаллическая решетка. Коллективные колебания кристаллической решетки.
6. Фононы. Акустические и оптические фононы.
7. Теплоемкость кристаллической решетки. Модель Дебая.
8. Плавление конденсированного тела. Критерий Линдемана.
9. Теплопроводность кристаллической решетки (диэлектрики).
10. Электроны в конденсированном теле: Электроны как квазичастицы. Теорема Блоха.
11. Статистика и термодинамика электронов в конденсированном теле.
12. Теплоемкость электронов. Зонная структура конденсированных тел.
13. Основные опытные факты. Тепловые свойства сверхпроводников.
14. Феноменологические теории сверхпроводимости: Термодинамическая теория Гортера-Казимира.
15. Двухжидкостная модель Лондонов. Теория Гинзбурга-Ландау.
16. Два типа сверхпроводников. Сверхпроводники I рода в магнитном поле. Промежуточное состояние.
17. Сверхпроводники II рода в магнитном поле: смешанное состояние, квантование магнитного потока и вихри Абрикосова.
18. Резистивное состояние сверхпроводников и пиннинг. Жесткие сверхпроводники.
19. Эффекты Джозефсона. Высокотемпературная сверхпроводимость.
20. Постановка задачи о расчете теплообмена в He-II. Режим сопротивления П.Л.Капицы.
21. Описание стационарного теплопереноса в He-II при ламинарном движении нормальной компоненты.
22. Вывод уравнения, описывающего стационарный теплоперенос в He-II на основе уравнений двухскоростной гидродинамики.
23. Критические скорости в He-II. Сила взаимного трения Гортера-Меллинка. Физическая сущность.
24. Качественный вывод выражения для силы. Расчет теплопереноса с учетом взаимного трения компонент сверхтекучего гелия.
25. Расчет "восстановительного" теплового потока в He-II. Физическая постановка. Математическое описание.
26. Результаты для цилиндрических нагревателей малого и большого диаметров.
27. Термомеханические эффекты.
28. Изозэнтропное расширение. Дросселирование сжатого газа.
29. Эффект Джоуля-Томпсона. Расширение из постоянного объема.
30. Десорбционное охлаждение.
31. Охлаждение с помощью откачки паров.
32. Магнитное охлаждение.
33. Механокалорический эффект.

34. Свойства парамагнитных солей. Адиабатное размагничивание.  
 35. Ядерное размагничивание.  
 36. Магнито- и электрокалорические методы охлаждения. Намагничивание сверхпроводников.

11.2. Оценочные средства текущего контроля формируются в соответствии с ЛНА (Локальными нормативными актами) университета в виде вопросов, рефератов. Назначение оценочных средств ТК – выявить сформированность профессиональных компетенций – ПК-9, ПК-12.

### **БАЛЬНО-РЕЙТЕНГОВАЯ СИСТЕМА**

Максимальная сумма рейтинговых баллов, которая может быть начислена студенту по учебной дисциплине, составляет 100 рейтинговых

Форма промежуточной аттестации	Количество баллов		
	Текущий Контроль (контрольная работа, тест, устный опрос)	Рубежный контроль	Сумма баллов
Экзамен	30-70	20-30	60-100
Зачет	40-80	10-20	60-100

Рейтинг студента в семестре по дисциплине складывается из рейтинговых баллов, которыми преподаватель в течение семестра оценивает посещение учебных занятий, его текущую работу на занятиях и самостоятельную работу, результаты текущих контрольных работ, тестов, устных опросов, премиальных и штрафных баллов.

Рубежный рейтинг студента по дисциплине складывается из оценки в рейтинговых баллах ответа на экзамене (зачете).

Преподаватель, осуществляющий проведение практических занятий, доводит до сведения студентов на первом занятии информацию о формировании рейтинга студента и рубежного рейтинга. Посещение студентом одного практического занятия оценивается преподавателем в 1,0 рейтинговый балл.

Текущий аудиторный контроль по дисциплине в течение семестра: контрольная работа – до 20 рейтинговых баллов;  
 один ответ в устном опросе – до 2 рейтинговых баллов;  
 одно задание в тесте – до 1 рейтингового балла.  
 одно задание в итоговом тесте – до 2 рейтинговых баллов.

По окончании семестра каждому студенту выставляется его Рейтинговая оценка текущей успеваемости, которая является оценкой посещаемости занятий, активности на занятиях, качества самостоятельной работы.

Студент допускается к мероприятиям промежуточной аттестации, если его рейтинговая оценка текущей успеваемости (без учета премиальных рейтинговых баллов) не менее:

- по дисциплине, завершающейся экзаменом - 30 рейтинговых баллов;
- по дисциплине, завершающейся зачетом - 40 рейтинговых баллов.

Студенты, не набравшие минимальных рейтинговых баллов по учебной дисциплине, проходят процедуру добора баллов.

Максимальная рейтинговая оценка текущей успеваемости студента за семестр по результатам текущей работы и текущего контроля знаний (без учета премиальных баллов) составляет:

70 рейтинговых баллов для дисциплин, заканчивающихся экзаменом;



80 рейтинговых баллов для дисциплин, заканчивающихся зачетом.

Ответ студента может быть максимально оценен:  
на экзамене в 30 рейтинговых баллов;  
на зачете в 20 рейтинговых баллов.

Студент, по желанию, может сдать экзамен или зачет в формате «автомат», если его рейтинг за семестр, с учетом премиальных баллов, составил не менее:

- если по результатам изучения дисциплины сдается экзамен
- 60 рейтинговых баллов с выставлением оценки «удовлетворительно»;
  - 70 рейтинговых баллов с выставлением оценки «хорошо»;
  - 90 рейтинговых баллов с выставлением оценки «отлично»;
- если по результатам изучения дисциплины сдается зачет:
- 60 рейтинговых баллов с выставлением оценки «зачтено»

Рейтинговая оценка по дисциплине и соответствующая аттестационная оценка по шкале «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично» при использовании формата «автомат», проставляется экзаменатором в зачетную книжку и зачетно-экзаменационную ведомость только в день проведения экзамена или зачета согласно расписанию группы, в которой обучается студент.

Для приведения рейтинговой оценки к аттестационной (пятибалльный формат) используется следующая шкала:

Аттестационная оценка по дисциплине	Рейтинг студента по дисциплине (включая премиальные баллы)
«отлично»	90- 100 баллов
«хорошо»	70 - 89 баллов
«удовлетворительно»	60 - 69 баллов
«неудовлетворительно»	менее 60 баллов
«зачтено»	от 60 баллов и выше
«не зачтено»	менее 60 баллов

Рубежный рейтинг по дисциплине у студента на экзамене или дифференцированном зачете менее чем в 20 рейтинговых баллов считается неудовлетворительным (независимо от рейтинга студента в семестре). В этом случае в зачетно-экзаменационную ведомость в графе «Аттестационная оценка» проставляется «неудовлетворительно».

Рубежный рейтинг по дисциплине у студента на зачете менее чем в 10 рейтинговых баллов считается неудовлетворительным (независимо от рейтинга студента в семестре). В этом случае в зачетно-экзаменационную ведомость в графе «Аттестационная оценка» проставляется «не зачтено».

Преподавателю предоставляется право начислять студентам премиальные баллы за активность (участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, активная работа на аудиторных занятиях, публикации статей, работа со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности, изготовление наглядных пособий и т.д.) в количестве, не превышающем 20 рейтинговых баллов за семестр. Премиальные баллы не входят в сумму рейтинга текущей успеваемости студента, а прибавляются к ним.

### **Вопросы для собеседования**

1. В чем состоит физический смысл понятий давления и температуры газа?
2. Почему все газы и пары в вакуумной технике рассматриваются как идеальные?
3. Какие единицы давления применяются в вакуумной технике?
4. Какие внесистемные единицы давления и массы газа применяются в вакуумной технике?
5. Каково соотношение между наиболее вероятной, среднеарифметической и среднеквад-

ратичной скоростями газовых молекул?

6. Как зависит средняя длина свободного пути молекул от давления газа?

7. В чем различие между основными степенями вакуума?

8. Почему коэффициенты динамической вязкости и теплопроводности газов при низком вакууме не зависят от давления?

9. Назовите основные типы приборов для измерения общих давлений. На каком принципе основано их действие?

10. Какими приборами измеряются парциальные давления. Принцип действия онегатрона?

11. Какие приборы применяют для измерения температуры?

### **Вопросы для коллоквиума**

1. Что такое безмасляная вакуумная откачка. Какие вакуумные насосы обеспечивают безмасляную откачку?

2. На каком принципе основана работа криогенного вакуумного насоса?

3. Какие наиболее эффективные способы передачи теплоты в областях низкого и высокого вакуума?

4. Чем вызвано ухудшение характеристик криоконденсационного вакуумного насоса по мере увеличения количества откачанного газа?

5. Назовите основные теплопритоки к криопанелям криогенных вакуумных насосов.

6. Назовите способы охлаждения криопанелей и устройства криогенного обеспечения.

7. Какие хладагенты используются для охлаждения криогенных вакуумных насосов?

8. Назовите основные функции охлаждаемых экранов. Какие конструктивные решения экранов Вам известны?

9. В чем состоит физический смысл коэффициентов аккомодации и захвата?

10. На каком принципе основана работа криосорбционного вакуумного насоса. Какие адсорбенты вам известны для целей обеспечения работы насоса?

### 11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации в форме экзамена.

#### **Вопросу к экзамену**

1. Вакуум. Степени вакуума в зависимости от объемной концентрации и средней длины свободного пробега. Критерий Кнудсена.

2. Основное уравнение вакуумной техники. Основное уравнение криогенной откачки.

3. Проводимость трубопроводов. Методы расчета.

4. Механические и струйные вакуумные насосы. Рабочие вещества вакуумных насосов.

5. Основные характеристики криогенных установок и систем, применяемых для криогенного обеспечения криовакуумных откачных установок.

6. Метод энергетического баланса при анализе эффективности криовакуумных откачных устройств по сравнению с традиционными средствами вакуумирования.

7. Конденсационные и криосорбционные вакуумные насосы.

8. Рациональный выбор числа и температурного уровня ступеней криооткачки.

9. Принцип действия криогенных и криосорбционных насосов.

10. Выбор способа охлаждения ступеней криооткачки.

11. Вакуумная гигиена.

12. Виды и характеристики адсорбентов, используемых в вакуумной технике.

13. Методы измерения вакуума.

14. Обеспечение вакуумной изоляции сосудов хранения криогенной жидкости. Анализ конструктивных решений.

15. Машинное охлаждение криогенных вакуумных насосов. Постовые агрегатированные криовакуумные установки.

16. Способы обнаружения течей. Приборное оснащение вакуумных участков предприятий.

17. Методы испытаний вакуумных систем.
18. Особенности расчета теплообменных аппаратов ступеней (криопанелей) охлаждения криовакуумной откачки.
19. Метод Монте-Карло при расчете вакуумных систем.
20. Учет связи криогенных циклов с объектами охлаждения.
21. Криосорбционный комплекс обеспечения камеры имитации космического пространства..

Код компетенции	Содержание компетенции (части компетенции)	Результаты обучения	Этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
ПК-9	-готовностью выполнять проектно-конструкторские и расчетные работы машин и аппаратов и их элементов, холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов	<p><b><u>Недостаточный уровень</u></b></p> <p>1. Компетенции не сформированы. 2. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p> <p><b><u>Пороговый уровень</u></b></p> <p>1. Сформированы базовые структуры знаний. 2. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. 3. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p> <p><b><u>Продвинутый уровень</u></b></p> <p>1. Ознакомительный этап: изучение теоретического материала. 2. Овладение практическими навыками. 3. Применение полученных знаний согласно поставленным задачам.</p> <p><b><u>Высокий уровень</u></b></p> <p>1. Ознакомительный этап: изучение теоретического материала. 2. Овладение практическими навыками. 3. Использовать математические и естественнонаучные методы при описании типовых профессиональных задач</p>	Компетенция формируется при изучении всех модулей дисциплины.
ПК-12	-готовностью участвовать в диагностике не-	<b><u>Недостаточный уровень</u></b>	Компетенция формируется при изу-

	<p>исправностей низко-температурных систем различного назначения и их устранении с использованием различных приспособлений и инструментов.</p>	<p>1. Компетенции не сформированы. 2. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p> <p><b><u>Пороговый уровень</u></b></p> <p>1. Сформированы базовые структуры знаний. 2. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. 3. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p> <p><b><u>Продвинутый уровень</u></b></p> <p>1. Ознакомительный этап: изучение теоретического материала. 2. Владение практическими навыками. 3. Применение полученных знаний согласно поставленным задачам.</p> <p><b><u>Высокий уровень</u></b></p> <p>1. Ознакомительный этап: изучение теоретического материала. 2. Владение практическими навыками. 3. Использовать математические и естественнонаучные методы при описании типовых профессиональных задач</p>	<p>чении всех модулей дисциплины.</p>
--	--	---	---------------------------------------

**Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:**

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1	Текущий контроль (тесты, рефераты, вопросы текущего контроля)	Модуль 2. Криовакуумная техника. Тема 1. Принцип действия и классификация низкотемпературных средств откачки. Форвакуумные крионасосы. Криосорбционные средства вакуумной откачки.	ПК-9; ПК-17
2	Промежуточный контроль - зачет	Модуль 1. Теоретические основы вакуумной техники. Традиционные методы и техника получения вакуума.	ПК-9; ПК-17

## **12. Организация образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями.**

Организация образовательного процесса для лиц с ограниченными возможностями осуществляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащённости образовательного процесса» Министерства образования и науки РФ от 08.04.2014г. № АК-44/05вн.

В образовательном процессе используются социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе.

Студенты с ограниченными возможностями здоровья, в отличие от остальных студентов, имеют свои специфические особенности восприятия, переработки материала. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом индивидуальных особенностей.

Предусмотрена возможность обучения по индивидуальному графику, при составлении которого возможны различные варианты проведения занятий: в академической группе и индивидуально, на дому с использованием дистанционных образовательных технологий.

### 13. Лист регистрации изменений

**Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы**

Руководитель ОПОП

Сьянов Д.А., доцент, к.т.н.

ФИО, должность, ученая степень, звание

  
Подпись

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры  
Машины и аппараты пищевых производств

Протокол от 25 февраля 2021г. № 7

Соловьева Е.А., доцент, к.т.н, доцент

ФИО, должность, ученая степень, звание

  
Подпись

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры  
Машины и аппараты пищевых производств

Протокол от 25 февраля 2021г. № 7

Соловьева Е.А., доцент, к.т.н, доцент

ФИО, должность, ученая степень, звание


  
Подпись

**Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы**

Руководитель ОПОП

Сьянов Д.А., доцент, к.т.н.

ФИО, должность, ученая степень, звание

  
Подпись

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры  
Машины и аппараты пищевых производств

Протокол от 25 февраля 2022г. № 7

Соловьева Е.А., доцент, к.т.н, доцент

ФИО, должность, ученая степень, звание

  
Подпись

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры  
Машины и аппараты пищевых производств

Протокол от 25 февраля 2022г. № 7

Соловьева Е.А., доцент, к.т.н, доцент

ФИО, должность, ученая степень, звание

  
Подпись

**Актуализация с учетом развития науки, техники, культуры, экономики, техники, технологий и социальной сферы**

Руководитель ОПОП

\_\_\_\_\_  
ФИО, должность, ученая степень, звание

\_\_\_\_\_  
Подпись

Рабочая программа актуализирована, обсуждена и одобрена на заседании обеспечивающей кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_

\_\_\_\_\_  
ФИО, должность, ученая степень, звание

\_\_\_\_\_  
Подпись

Рабочая программа согласована на заседании выпускающей кафедры

Протокол от \_\_\_\_\_ 202\_\_ г. № \_\_

\_\_\_\_\_  
ФИО, должность, ученая степень, звание

\_\_\_\_\_  
Подпись

