

1. Цели освоения дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» является обучение студентов физическим основам получения низких температур и термодинамическим основам холодильных машин.

К основным задачам освоения дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» следует отнести:

- подготовку студентов к изучению профессиональных дисциплин;
- изучение основных способов искусственного получения холода.

1. Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Дисциплина «Теоретические основы холодильной техники» относится к учебным дисциплинам вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы бакалавриата.

Дисциплина «Теоретические основы холодильной техники» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Введение в специальность;
- Циклы криогенных систем;
- Научные основы криологии.

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

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

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-3	готовностью 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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы получения низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; - выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; - провести расчет и анализ термодинамических циклов.
ПК-4	готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний (ПК-4);	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок;

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, т.е. 108 академических часов (из них 54 часов – самостоятельная работа студентов).

Разделы дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» изучаются на втором курсе.

Четвертый семестр: лекции – 36 часов, семинары и практические занятия – 10 часов, лабораторные работы – 8 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» по срокам и видам работы отражены в приложении.

Содержание разделов дисциплины

Четвертый семестр

Введение в искусственное охлаждение

Естественное и искусственное охлаждение. Непрерывное и одноразовое искусственное охлаждение. Виды холодильных машин. Сущность и температурные границы глубокого и умеренного охлаждения. Применение искусственного холода в различных отраслях народного хозяйства. Роль холодильной техники в создании новых технологических процессов и в интенсификации производств. Основные направления и тенденции развития холодильного машиностроения.

Физические основы получения низких температур

Классификация процессов, используемых для получения низких температур. Охлаждение при фазовых превращениях рабочих веществ: кипение, испарение, откачка паров, плавление, сублимация.

Охлаждение при расширении газов: дросселирование, расширение с совершением внешней работы, вихревой эффект, пульсационный эффект.

Охлаждение с использованием электрических и магнитных эффектов: термоэлектрический эффект, электрокалорический эффект, магнитокалорический эффект.

Охлаждение в процессе десорбции: десорбция водорода из активированного угля, металлгидридный эффект. Прочие процессы охлаждения: процессы растворения, электрохимические процессы.

Термодинамические основы холодильных машин

Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.

Второе начало термодинамики в применении к обратным циклам. Внутренняя и внешняя необратимости. Необратимые процессы обратных циклов. Оценка необратимости.

Энтропийный метод анализа термодинамического совершенства процессов и циклов. Обратимые обратные циклы в условиях различных внешних источников теплоты: цикл Карно, цикл Лоренца, обобщенный цикл Карно. Основы эксергетического метода анализа обратных циклов.

Циклы и схемы паровых холодильных машин

Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с одноступенчатым сжатием. Холодильная машина с детандером. Холодильная машина с дросселированием в области влажного и сжатием в области перегретого пара. Необратимые потери в цикле. Методы сокращения необратимых потерь. Влияние переохлаждения жидкости после конденсатора. Регенеративный цикл. Методы сокращения необратимых потерь отвода теплоты от источников переменной температуры.

Циклы и принципиальные схемы паровых холодильных машин с многоступенчатым сжатием. Условия для перехода к многоступенчатому сжатию рабочего вещества.

Сокращение необратимых потерь при многоступенчатом сжатии путем перехода к сложным циклам.

5. Образовательные технологии

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

– работа на семинарах по выполнению расчетов криогенных схем установок.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» и в целом по дисциплине составляет 40 % аудиторных занятий.

Занятия лекционного типа составляют 50 % от объема аудиторных занятий.

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

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

В шестом семестре

- выполнение доклада по темам: «Применение криогенных газов и их свойства». «Методы эксергетического анализа систем». «Водородные ожижители».
- расчет ступени Линде гелиевой установки в рефрижераторном режиме.
- расчет цикла установки КГУ-150/4,5.

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

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

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

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

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ПК-3	готовностью 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
ПК-4	готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний (ПК-4);

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

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

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

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				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
Знать: - основные способы получения	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний:	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие	Обучающийся демонстрирует полное соответствие

<p>низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа.</p>	<p>недостаточное соответствие следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов</p>	<p>основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>
<p>Уметь: рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; провести расчет и анализ термодинамических циклов.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени выполняет расчетные работы эксергетического баланса систем, расчет схем криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>Владеть: навыками применения методов математического и компьютерного</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методикой расчета параметров систем</p>	<p>Обучающийся владеет методикой расчета параметров систем низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных</p>	<p>Обучающийся частично владеет методиками расчета параметров систем низкотемпературной эксергетического анализа, методикой</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методиками расчета параметров систем низкотемпературных</p>

<p>моделирование процессов и циклов низкотемпературных установок;</p>	<p>низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода.</p>	<p>гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>ой техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
---	--	--	--	---

<p>ПК-4 - готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний</p>				
Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
<p>Знать: - основные способы получения низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные понятия и принципы эксергетического анализа, основные процессы в гелиевых установках и ожижителях водорода и методики расчета, протекающих в них, процессов, свободно оперирует приобретенными знаниями.</p>

		переносе на новые ситуации.		
<p>Уметь: рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; провести расчет и анализ термодинамических циклов.</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени выполняет расчетные работы эксергетического баланса систем, расчет схем криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: умеет рассчитывать эксергетический баланс систем, схемы криогенных гелиевых установок и ожижителей водорода. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>Владеть: навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок;</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методикой расчета параметров систем низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода.</p>	<p>Обучающийся владеет методикой расчета параметров систем низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.</p>	<p>Обучающийся частично владеет методиками расчета параметров систем низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет методиками расчета параметров систем низкотемпературной техники с помощью эксергетического анализа, методикой расчета криогенных гелиевых установок, анализом процессов в ожижителях водорода, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

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

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники».

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует не полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, плохо оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками применяет их в простых ситуациях. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 1 к рабочей программе.

Структура и содержание дисциплины «Теоретические основы холодильной техники» по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения (бакалавр)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации		
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З	
	Шестой семестр															
1	<u>Введение в искусственное охлаждение</u>	5	1-3	6												
2	<u>Физические основы получения низких температур</u>	5	4-8	10												
3	<u>Термодинамические основы холодильных машин</u>	5	9-12	10	4	4										
4	<u>Циклы и схемы паровых холодильных машин</u>	5	13–17	10	6	4										
	Форма аттестации					Защита ЛР										
	Всего часов по дисциплине в шестом семестре			36	10	8						+	+	+		

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Буянов, О. Н. Тепло- и хладоснабжение предприятий пищевой промышленности : учебное пособие / О. Н. Буянов. — Кемерово : КемГУ, 2006. — 282 с. — ISBN 5-89289-412-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4683> (дата обращения: 14.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) дополнительная литература:

1. Калнинь И.М., Фадеков К.Н. Термодинамические циклы холодильных машин и тепловых насосов. Расчет. Оценка эффективности: Учебное пособие – М.: МГУИЭ, 2006.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение – Microsoft Office.

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

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

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

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

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

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

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

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

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

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

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

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

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

10. Методические рекомендации для преподавателя

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Программу составил:

доцент кафедры «Техника низких температур», к.т.н.

 /А.Е. Ермолаев/

Программа утверждена на заседании кафедры «Техника низких температур»
«_17_» ____ 06 ____ 2020 г., протокол № __95__

Заведующий кафедрой, к.т.н.

 /С.В. Белуков/

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения

ОП (профиль): «Холодильная техника и технологии»

Форма обучения: очная

Вид профессиональной деятельности:

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

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

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Теоретические основы холодильной техники

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Составитель:

Ермолаев А.Е.

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Теоретические основы холодильной техники					
ФГОС ВО 16.03.03 Холодильная, криогенная техника и системы жизнеобеспечения					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:					
КОМПЕТЕНЦИИ		Перечень компонентов	Технология формирования компетенций	Форма оценочного средства**	Степени уровней освоения компетенций
ИН-ДЕКС	ФОРМУЛИРОВКА				
ПК-3	готовностью 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	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы получения низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; - выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; - провести расчет и анализ термодинамических циклов. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок; 	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	ДС К/Р	<p>Базовый уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен применять элементы эксергетического анализа к системам, рассчитывать криогенные установки и анализировать циклы и аппараты ожижителей водорода <p>Повышенный уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен применять элементы эксергетического анализа к системам и составлять уравнения эксергетического баланса для систем, рассчитывать и анализировать криогенные гелиевые установки и анализировать циклы и аппараты ожижителей водорода

ПК-4	<p>готовность выполнять расчетно-экспериментальные работы в области холодильной и криогенной техники и систем жизнеобеспечения с использованием современных вычислительных методов, высокопроизводительных вычислительных систем и наукоемких компьютерных технологий, и экспериментального оборудования для проведения испытаний (ПК-4);</p>	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные способы получения низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; - выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; - провести расчет и анализ термодинамических циклов. <p>Владеть:</p> <p>навыками применения методов математического и компьютерного моделирования процессов и циклов низкотемпературных установок;</p>	лекция, самостоятельная работа, семинарские занятия	ДС К/Р	<p>Базовый уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен применять элементы эксергетического анализа к системам, рассчитывать криогенные гелиевые установки и анализировать циклы и аппараты ожижителей водорода <p>Повышенный уровень</p> <ul style="list-style-type: none"> - способен применять элементы эксергетического анализа к системам и составлять уравнения эксергетического баланса для систем, рассчитывать и анализировать криогенные гелиевые установки и анализировать циклы и аппараты ожижителей водорода
------	---	---	---	-----------	---

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

Перечень оценочных средств по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники»

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

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

(наименование кафедры)

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				
Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Недифференцированный зачет		
		Критерии оценивания		
		не зачтено	зачтено	
Знать: - основные способы получения низких температур, их физические принципы, сравнительную эффективность, область применения; - термодинамические циклы холодильных машин и методы их анализа.	1 – 4	Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей.	Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.

Вопросы к экзамену

по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники»

1. Теоретический цикл и схема каскадной ХМ. Условия применения. Выбор холодильных агентов. Расчет параметров.
2. Сокращение необратимых потерь путем перехода к сложным циклам с двухступенчатым (многоступенчатым сжатием). Элементы сложной принципиальной схемы. Основные условия перехода к двухступенчатому сжатию.
3. Соотношения между дифференциальными эффектами дросселирования и обратимого изэнтропного расширения.
4. Свойства холодильных агентов, оказывающие влияние на размеры и эксплуатационные показатели холодильных компрессоров и машин. Их качественное влияние.

5. Внутренняя и внешняя необратимость, понятие. Внутренне обратимые процессы. Внешне обратимые процессы. Классификация термодинамических процессов по признаку обратимости.
6. Параметры состояния рабочего вещества: термические, калорические.
7. Эксергетическая температурная функция. Формула. График. Эксергетическая холодопроизводительность. Эксергетическая теплопроизводительность ТН.
8. Требования к холодильным агентам по химической стабильности.
9. Физиологическое воздействие холодильных агентов. Критерии, требования к физиологическим свойствам.
10. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, дросселированием и промежуточным охлаждением сжимаемых паров, впрыском жидкого рабочего вещества. Расчет параметров. Область применения. Достижимый эффект повышения холодильного коэффициента.
11. Регенеративный теоретический цикл и схема ХМ с одноступенчатым сжатием. Влияние термодинамических свойств рабочего вещества на эффективность его применения. Определение холодопроизводительности работы и холодильного коэффициента.
12. Обобщенный цикл Карно, процессы, изображение в S-T диаграмме. Его холодильный коэффициент.
13. Назначение обратимых обратных циклов (образцов). В каких случаях используют цикл Карно, обобщенный цикл Карно, цикл Лоренца.
14. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием с двухкратным дросселированием. Условия применения. Расчет параметров. Чем объясняется повышение холодильного коэффициента этого цикла по сравнению с простейшим циклом.
15. Назвать основные элементы холодильной машины (парокомпрессионной и газовой) и процессы, которые в них совершаются.
16. Условия применения термодинамических циклов с двухступенчатым сжатием хладагента. Что достигается применением сложных циклов. Система обозначения точек цикла. Основные уравнения параметров циклов.
17. Увеличение работы цикла, как результата необратимости процессов. Уравнение Гюй-Стодолы для обратных циклов.
18. Теоретический цикл и схема регенеративной газовой холодильной машины с детандером. Расчет параметров. Преимущества регенеративного цикла перед нерегенеративным.
19. Связь температуры и давления холодильного агента в области насыщения.
20. Нормальная температура кипения холодильного агента, понятие, ее связь с классификацией холодильных агентов по уровню давления.
21. Обратимые циклы-образцы. Условия, которым они должны отвечать. Разновидность обратимых обратных циклов и их применяемость.
22. Зеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Применение.
23. Разомкнутые и замкнутые циклы газовых холодильных машин с детандером. Принцип действия и схема регенеративной газовой холодильной машины с разомкнутым вакуумным циклом.
24. Влияние свойств рабочих веществ на эксплуатационные и конструктивные показатели холодильных машин.
25. Дифференциальный и интегральный эффекты дросселирования, изотермический эффект; понятия.
26. Определение с помощью энтропийного метода и анализа необратимых потерь теоретического цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием (сжатие - изоэнтропное, расширение жидкости по $i = \text{const}$).
27. Определение с помощью энтропийного метода анализа необратимых потерь при конечной разности температур при отводе теплоты от источника низкой температуры и при подводе к окружающей среде.

28. Понятие источников низкой температуры (ИНТ), окружающей среды (ОС), высокой температуры (ИВТ). Окружающая среда и ее свойства. Классификация обратных циклов.
29. Термоэлектрическое охлаждение. Физический смысл. Параметры, от которых зависит достигаемый эффект.
30. Теоретический цикл ХМ с двухступенчатым сжатием, двухкратным дросселированием и охлаждением сжимаемых паров жидким рабочим веществом. Расчет основных параметров. Условия эффективности.
31. Области применения искусственного холода.
32. Азеотропные смеси холодильных агентов. Особенности термодинамических свойств. Назначение.
33. Холодильная машина как термодинамическая система.
34. Применяемые и наиболее перспективные холодильные агенты среднего давления, их основные физические свойства.
35. Роль взаимодействия смазочного масла с холодильным агентом для нормальной работы холодильной машины. Характер взаимодействия, требования.
36. Воздействие холодильных агентов на озонный слой и глобальное потепление земли. Критерии и требования к холодильным агентам по этим показателям.
37. Процесс дросселирования газа (пара): физический смысл, эффект для реального и идеального газа, точки и линии инверсии. В какой области диаграммы состояния можно ожидать нулевого эффекта от дросселирования.
38. Возможные состояния рабочего вещества, понятие критической точки, тройной точки (изображение на типовой диаграмме состояния).
39. Цикл Лоренца, процессы, изображение в S-T диаграмме. Вывод уравнения для холодильного коэффициента.
40. Вихревой эффект охлаждения: физическая сущность, процессы, тепловой баланс, устройство вихревой трубы, достигаемый эффект охлаждения, сравнение процессов с процессами дросселирования и расширением в детандере с совершением внешней работы.
41. Адиабатическое расширение с совершением внешней работы: физическая сущность процесса и его реализация. Понятия и выражения дифференциального и интегрального эффектов обратимого изотропного расширения, изотермического эффекта.
42. Классификация холодильных машин.
43. Понятие термодинамического процесса и термодинамического цикла. Виды процессов.
44. Принципы выбора. Область применения основных холодильных агентов.
45. Термодинамическое совершенство холодильных агентов. Понятие. Зависимость от относительной величины необратимых потерь.
46. Критическая температура и давление (понятие). Понятие приведенной температуры и приведенного давления. Уравнение состояния для пара рабочего вещества.
47. Применяемость холодильных агентов в зависимости от температурного режима работы холодильной машины.
48. Понятие холодильного коэффициента холодильной машины и коэффициента преобразования теплового насоса. Холодильный коэффициент цикла Карно.
49. Понятие обратимых и необратимых процессов. Источники необратимости в холодильных машинах.
50. Физические принципы получения низких температур при использовании эффектов: пульсационного охлаждения воздуха, десорбции рабочего вещества, электрокалорического. Их суть.
51. Охлаждение с помощью кипения, плавления, сублимации рабочего вещества. Физический смысл. Область диаграммы рабочего вещества, где эти процессы осуществимы. Понятие эвтектических растворов.
52. Влияние переохлаждения жидкого рабочего вещества после конденсатора на удельную холодопроизводительность, работу и холодильный коэффициент теоретического цикла пароконденсационной холодильной машины.

53. Суть эксергетического метода анализа эффективности холодильных машин. Эксергетическая температурная функция. Эксергетическая холодопроизводительность. Эксергетический КПД холодильной машины.
54. Теоретический цикл и схема нерегенеративной газовой холодильной машины с детандером. Определение удельной холодопроизводительности, работы цикла, холодильного коэффициента, степени необратимости.
55. Определить дифференциальный эффект, интегральный эффект дросселирования, изотермический эффект дросселирования для воздуха при условиях $P_1=8,0$ МПа; $T_1=293$ К; $P_2=0,1$ МПа.
56. Изобразить в S-T диаграмме обратимые циклы холодильной машины (ХМ), теплового насоса (ТН), комбинированной машины (ХМ-ТН) при постоянных температурах источников.
57. Рассчитать холодопроизводительность вихревого охладителя, работающего на воздухе с расходом воздуха 1 кг/с при условиях: $P_1=0,6$ МПа, $T_1=298$ К, $P_2=0,1$ МПа, $\mu=0,4$, температурная эффективность охладителя 0,35.
58. Определить давление после компрессора, холодопроизводительность, холодильный коэффициент регенеративного теоретического цикла газовой (воздушной) холодильной машины с детандером при следующих условиях: $T_{0.c.}=298$ К, давление после детандера $P_2=0,1$ МПа, $T_{инт}=243$ К, температура после детандера $T_4=223$ К, 203 К, расход воздуха 1 кг/с.
59. Обосновать выбор холодильного агента для централизованной холодильной установки с водяным охлаждением конденсатора для распределительного мясного холодильника.
60. Обосновать выбор холодильного агента для теплового насоса.
61. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с линиями $P, T, v, i, S=\text{const}$ в надкритической области. Показать ход линий, обуславливающих стремление α_i к нулю.
62. Изобразить в S-T диаграмме цикл Карно теплового насоса, описать его процессы. Рассчитать коэффициент преобразования при трех сочетаниях температур источников $T_{0.c.}$ и $T_{ивт}$.
63. С помощью диаграммы S-T определить теплоту испарения азота при давлениях 0,1 и 0,2 МПа.
64. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент холодильной машины с двухступенчатым сжатием и с двухкратным дросселированием при условиях: $T_0=233$ К, $T_k=303$ К, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 К. Холодильный агент R22.
65. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент холодильной машины с двухступенчатым сжатием, с двухкратным дросселированием и с полным промежуточным охлаждением сжимаемых паров при условиях: $T_0=233$ К, $T_k=303$ К, переохлаждении жидкости в конденсаторе 5 К. Холодильный агент R717.
66. Определить давление воздуха перед вихревой трубой P_1 для достижения эффекта охлаждения $\Delta T_x=50^0$ при условии температурной эффективности $\eta=\Delta T_x/\Delta T_s=0,3$ ($T_1=293$ К).
67. Написать химическую формулу для R142.
68. Написать обозначение фреона, имеющего химформулу C_3F_8 .
69. Определить изотермическую холодопроизводительность и теплопроизводительность адиабатной вихревой трубы при следующих условиях: $P_1=0,5$ МПа, $T_1=298$ К, доля холодного воздуха $\mu=0,35$, температурная эффективность охлаждения $\eta=\Delta T_x/\Delta T_s=0,3$. Расход воздуха 1 кг/с.
70. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент регенеративного цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием при условиях: $T_0=253$ К, $T_k=303$ К, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 К, недорегенерация 10 К. Холодильный агент - R 22.

71. Определить удельную холодопроизводительность, удельную работу и холодильный коэффициент нерегенеративного цикла холодильной машины с одноступенчатым сжатием при условиях: $T_0 = 253 \text{ K}$, $T_k = 303 \text{ K}$, переохлаждение жидкости в конденсаторе 5 K , перегрев пара перед компрессором 5 K . Холодильный агент - R 12.
72. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с линиями $P, T, v, i, S, X = \text{const}$ в подкритической области. Указать размерность параметров состояния.
73. Холодильный агент высокого, среднего и низкого давления. Примеры. Области применения.
74. Изобразить макет диаграммы состояния S-T с надкритической, подкритической областью и с областью твердой фазы с линиями $P, T, v, i, S = \text{const}$ (по образцу диаграммы для CO_2).
75. Определить температуру после детандера, удельную холодопроизводительность, удельный расход энергии и холодильный коэффициент нерегенеративного теоретического цикла газовой (воздушной) холодильной машины с детандером при следующих условиях: $T_{0.c.} = 298 \text{ K}$, $T_{\text{инт}} = 243 \text{ K}$, давление после детандера $P_1 = 0,1 \text{ МПа}$, давление после компрессора $P_2 = 0,3; 0,5; 0,8 \text{ МПа}$.
76. Изобразить в S-T диаграмме теоретический цикл одноступенчатой холодильной машины, рассчитать удельную холодопроизводительность цикла, работу цикла, холодильный коэффициент, эксергетический КПД при условиях: рабочее вещество R 22, температура конденсации $T_k = 303 \text{ K}$, температура кипения $T_0 = 273$ и 253 K , $T_{0.c.} = T_k$.
77. Возможно ли применение R23 для теплового насоса. Обосновать.
78. Определить эксергетический КПД холодильной машины, имеющей холодильный коэффициент 1,0 ($T_{\text{инт}} = 233 \text{ K}$, $T_{0.c.} = 293 \text{ K}$).
79. Рассчитать и построить график зависимости холодильного коэффициента цикла Карно от $T_{\text{инт}}$ при $T_{0.c.} = 303 \text{ K}$ ($T_{\text{инт}}$ изменять в пределах $233 \dots 263 \text{ K}$).
80. Принцип обозначения холодильных агентов. Классификация холодильных агентов по уровню давления.
- 81.** Влияние химического состава холодильного агента на его озоноразрушающие свойства.

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					
Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Оценочное средство			
		Критерии оценивания			
		2	3	4	5
<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения; - выбрать холодильный агент и принципиальную схему холодильной машины для заданных условий ее работы; - провести расчет и анализ термодинамических циклов. 	4	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет анализировать и рассчитывать циклы криогенных установок</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных установок. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных установок. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: расчет циклов и анализ криогенных установок. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>

Комплект заданий для контрольной работы

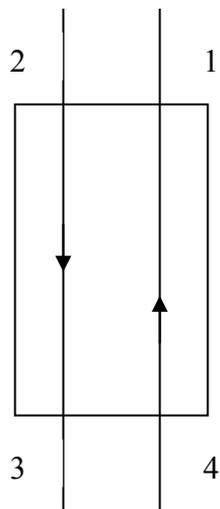
по дисциплине «**Теоретические основы холодильной техники**»

Тема: Расчет ступени Линде гелиевой установки в рефрижераторном режиме.

Провести расчет теплообменного аппарата по участкам, составить таблицу результатов расчета, построить $q-T$ диаграмму, определить параметры точек до и после промежуточного дросселирования.

Параметры точек

Номера точек	Вариант А		Вариант Б		Вариант В	
	Р, МПа	Т, К	Р, МПа	Т, К	Р, МПа	Т, К
1	0.12	10.5	0.096	12.03	0.125	9.85
2	2.4	11.0	2.5	12.53	2.3	10.15
4	0.13	4.5	0.1	4.2	0.128	4.2



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

(наименование кафедры)

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					
Контролируемый результат обучения	Контролируемые темы (разделы) дисциплины	Оценочное средство			
		Критерии оценивания			
		2	3	4	5
Уметь: - рассчитать эффект от применения конкретного способа охлаждения;	2-4	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями	Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей	Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.
Уметь: - провести расчет и анализ термодинамических циклов.	2-4	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное владение знаниями	Обучающийся демонстрирует неполное владение знаниями, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний по ряду показателей	Обучающийся демонстрирует частичное владение знаниями, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное владение знаниями, свободно оперирует приобретенными знаниями.

Лабораторный практикум:

№ п/п	№ раздела	Наименование лабораторной работы	Объем часов
1	2	Исследование характеристик вихревого охлаждения	4
2	4	Исследование характеристик паровой холодильной машины с одноступенчатым сжатием	4
		Итого	8