Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
_____А.В. Бурмистров
«_11_» ___09.____2018 г.

Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А

по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2 «Энергетические основы процессов охлаждения»

Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»
Профиль подготовки «Техника и физика низких температур»
Квалификация выпускника бакалавр
Форма обучения очная
Институт, факультет Институт химического и нефтяного машиностроения, факультет энергомашиностроения и технологического оборудования
Кафедра-разработчик рабочей программы «Холодильная техника и технология»
Курс, семестр 3-й курс, 5 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия	27	0,75
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа	63	1,75
Форма аттестации	36 экзамен, курсовая работа	1,0
Всего	144	4

Казань, 2018 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1034 от 11.08.2016г. по направлению 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» для профиля «Техника и физика низких температур», на основании учебного плана набора обучающихся 2016 - 2018 годов.

Разработчик программы:

доцент каф. ХТТ	_____	Шарапов И.И.
(должность)	(подпись)	(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры холодильной техники и технологии, протокол № 1 от 07.09.2018 г.

Зав. кафедрой, проф.	_____	Хисамеев И.Г.
	(подпись)	(Ф.И.О)

У Т В Е Р Ж Д Е Н О

Протокол заседания методической комиссии факультета ЭмТО
от 10. 09. 2018 г. № 1.

Председатель комиссии, доцент	_____	Хамидуллин М.С.
	(подпись)	
Начальник УМЦ, доцент	_____	Китаева Л.А.
	(подпись)	

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» являются:

а) формирование знаний о принципах работы низкотемпературной техники, способах получения низких температур, областях применения различных видов низкотемпературной техники;

б) обучение технологии получения искусственного холода в зависимости от способа получения охлаждающего эффекта;

в) обучение способам применения и эксплуатации различных видов низкотемпературной техники в промышленности;

г) раскрытие сущности процессов, происходящих компрессорах, детандерах, теплообменных аппаратах и других узлах низкотемпературной техники.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Энергетические основы процессов охлаждения» относится к дисциплинам вариативной части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, проектной, организационно-управленческой, монтажно-наладочной деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» бакалавр по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- Физика;
- Начертательная геометрия и инженерная графика;
- Материаловедение и технология конструкционных материалов;
- Термодинамика;
- Теоретические основы холодильной техники;
- Основы проектирования.

Дисциплина «Энергетические основы процессов охлаждения» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- Холодильные машины;
- Холодильные турбомашины.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» могут быть использованы при прохождении производственной практики, а так же при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра по направлению 14.03.01 «Ядерная

энергетика и теплофизика» по профилю подготовки «Техника и физика низких температур».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

- ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовностью использовать основные законы в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- ПК-1 способностью к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) **Знать:**

а) способы получения охлаждающего эффекта, применяемые в низкотемпературной технике, области их применения;

б) понятия: компрессор, детандер, регенератор, газовая холодильная машина, воздухоразделительная установка, рабочее тело холодильной машины, диаграмма состояния рабочего тела, дросселирование, вихревое расширение газа, непрерывная конденсация бинарного пара, непрерывное испарение жидкой бинарной смеси, ректификация, ректификационная теоретическая тарелка, вышекипящий компонент, нижекипящий компонент;

в) принципиальные схемы газовых холодильных машин и термодинамические циклы их работы, показатели для оценки совершенства рассматриваемых установок.

2) **Уметь**:

а) пользоваться учебной, справочной, специальной и периодической литературой;

б) производить построение схем газовых холодильных машин, работающих по различным термодинамическим циклам;

в) выполнять тепловой расчет холодильного цикла, выполнять расчет и подбор основного и вспомогательного оборудования низкотемпературной установки.

3) **Владеть:**

а) основами расчёта и проектирования газовых холодильных машин и их отдельных элементов;

б) безопасными методами эксплуатации газовых холодильных машин, воздухоразделительных установок, техникой безопасности при обращении с хладагентами.

4. Структура и содержание дисциплины Б1.В.ДВ.5.2 «Энергетические основы процессов охлаждения»

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Способы получения охлаждающего эффекта, применяемые в низкотемпературной технике	5	1	2			-	Устный опрос
2	Газовые холодильные машины. Теоретические циклы газовых холодильных машин.	5	3 5	2 2	4		8	Практическая работа
3	Действительные циклы газовых холодильных машин.	5	7	2			8	Устный опрос
4	Теплофизические основы низкотемпературных методов разделения воздуха.	5	9 11	2 2	4		8	Практическая работа
5	Очистка и осушка воздуха в воздухоразделительных установках.	5	13 15	2 2	4		8	Практическая работа
6	Ректификационные колонны воздухоразделительных установок.	5	17	2	4		8	Практическая работа
7	Выполнение курсовой работы	5	1…17		11		23	Защита курсовой работы
	Всего за 5-й семестр		17 недель	18	27	-	63	Экзамен, курсовая работа

5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Форми-руемые компе-тенции
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1	Способы получения охлаждающего эффекта, применяемые в низкотемпературной технике	2	Способы получения охлаждающего эффекта, применяемые в низкотемпературной технике	Изоэнтропное расширение газа. Дросселирование. Вихревое расширение газа, физика процесса, холодопроизводительность процесса вихревого расширения газа.	*ОПК-2*
2	Газовые холодильные машины. Теоретические циклы газовых холодильных машин.	2	Замкнутые циклы газовых холодильных машин	Схема и теоретический цикл нерегенеративной газовой холодильной машины с детандером. Удельная холодопроизводительность, работа цикла, холодильный коэффициент. Схема и теоретический цикл регенеративной газовой холодильной машины с детандером. Сравнение с нерегенеративной газовой холодильной машиной.	*ОПК-2, ПК-1,*
		2	Разомкнутые циклы газовых холодильных машин	Схема и теоретический цикл воздушной холодильной машины, работающей по разомкнутому циклу (цикл Кошкина). Схема и теоретический цикл газовой холодильной машины, использующей процесс вихревого расширения газа. Удельная холодопроизводительность, работа цикла, холодильный коэффициент. Конструкция газовой холодильной машины с вихревой трубой.	*ОПК-2, ПК-1*
3	Действительные циклы газовых холодильных машин.	2	Действительные циклы газовых холодильных машин.	Основные энергетические потери действительного цикла. Действительный цикл нерегенеративной газовой холодильной машины. Расчет основных показателей машины. Схема и действительный цикл вакуумной воздушной холодильной машины, работающей по разомкнутому циклу (цикл Мартыновского-Дубинского). Особенности работы воздушных холодильных машин на влажном воздухе.	*ОПК-2 ПК-1*
4	Теплофизические основы низкотемпературных методов разделения воздуха.	2	Равновесное состояние жидкости и пара. Разделение смесей методами фракционированной конденсации и и фракционированного испарения.	Условия фазового равновесия жидкости и пара. Законы Рауля и Дальтона. Т-х,у и I-х,у диаграмма состояния азотно-кислородной смеси. Фазовые переходы. Методы, применяемые для разделения газовых смесей. Процесс непрерывного испарения бинарной жидкости. Процесс непрерывной конденсации бинарного пара.	*ОПК-2, ПК-1,*

1	2	3	4	5	6
		2	Ректификация воздуха	Ректификация. Принципиальная схема ректификационной колонны для разделения воздуха. Уравнения материального и теплового баланса ректификационной колонны.	*ОПК-2*
5	Очистка и осушка воздуха в воздухоразделительных установках.	2	Вредные примеси воздуха и способы очистки	Способы осушки воздуха и очистки от углекислоты в воздухоразделительных установках. Осушка воздуха вымораживанием в теплообменниках. Химический способ очистки воздуха от углекислоты.	*ОПК-2*
		2	Очистка воздуха в адсорберах и регенераторах	Комплексная очистка и осушка воздуха в адсорберах. Очистка и осушка воздуха в регенераторах. Способы обеспечения незабиваемости регенераторов.	*ОПК-2*
6	Ректификационные колонны воздухоразделительных установок.	2	Ректификационные колонны воздухоразделительных установок.	Схема колонны однократной ректификации для получения кислорода. Схема колонны однократной ректификации для получения азота. Схема соединенной колонны двукратной ректификации. КПД ректификационной тарелки. Конструкции тарелок. Понятия теоретической и действительной ректификационной тарелки.	*ОПК-2*

6. Содержание семинарских, практических занятий

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения» для студентов очной формы обучения.

Цель проведения практических занятий – закрепление теоретического (лекционного) материала и выработка умения:

- составлять схемы газовых холодильных машин;
- изображать теоретические и действительные процессы и циклы газовых холодильных машин в диаграмме *T–s*;
- определять энергетические показатели циклов холодильных машин;
- изображать процессы фазового перехода азотно-кислородной смеси на Т-х,у диаграмме, определять концентрации равновесных состояний жидкости и пара.
- производить расчет количества адсорбента и время его регенерации в блоках комплексной очистки воздуха от примесей.

Режим проведения практических занятий – один раз в неделю по 2 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема практического занятия	Краткое содержание	Формируемые компе-тенции
2	Газовые холодильные машины. Теоретические циклы газовых холодильных машин.	4	Расчет и анализ теоретических циклов газовых холодильных	Тепловой расчет основных показателей теоретического цикла нерегенеративной и регенеративной газовой	*ОПК-2, ПК-1,*

			машин.	холодильной машины. Сравнение двух циклов	
4	Теплофизические основы низкотемпературных методов разделения воздуха.	4	Построение Т-х,у диаграммы фазового состояния для азото-кислородной смеси. Фазовые переходы смеси.	Построение Т-х,у диаграммы фазового состояния для азото-кислородной смеси. Построение процессов конденсации бинарного пара и испарения бинарной жидкости.	*ОПК-2 ПК-1,*
5	Очистка и осушка воздуха в воздухоразделительных установках.	2	Изучение блока комплексной очистки и осушки воздуха установки АжК-0,02.	Изучение технологической схемы, режима работы, порядка пуска, регулирования блока комплексной очистки и осушки воздуха установки АжК-0,02.	*ОПК-2*
		2	Расчет времени адсорбции влаги и регенерации адсорбента.	Расчет времени адсорбции влаги и регенерации адсорбента блока комплексной очистки и осушки установки АжК-0,02.	*ОПК-2, ПК-1*
6	Ректификационные колонны воздухоразделительных установок.	4	Изучение конструкций воздухоразделительных колонн.	Изучение конструкций воздухоразделительных колонн однократной и двукратной ректификации.	*ОПК-2,*
7	Выполнение курсовой работы	11	Тепловой расчет действительного цикла воздушной холодильной машины (цикл Мартыновского-Дубинского). Определение основных конструктивных параметров компрессора, регенератора.	Тепловой расчет действительного цикла вакуумной воздушной холодильной машины. Построение рабочего цикла на T-s диаграмме. Определение основных конструктивных параметров компрессора, регенератора. Составление принципиальной схемы холодильной машины.	*ОПК-2 ПК-1,*

7. Содержание лабораторных занятий

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») не предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения».

8. Курсовая работа

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») предусмотрено выполнение курсовой работы по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения».

Цель выполнения студентами курсовой работы по дисциплине – Получить навыки расчета действительного цикла газовой холодильной машины, освоить навыки определения основных параметров компрессора, теплообменных аппаратов.

Курсовая работа выполняется студентами индивидуально – по исходным данным, выдаваемым преподавателем из списка заданий.

Тема курсовой работы: Воздушная холодильная машина.

Основные источники информации при выполнении курсового проекта:

- Библиотека университета – учебники, нормативно-справочная литература;
- Архив кафедры холодильной техники и технологии – плакаты и альбомы чертежей в бумажной и электронной формах, а также нормативно-справочные материалы в электронной форме.

Выполнение курсовой работы завершается оформлением студентом письменного отчёта – «Расчётно-пояснительная записка» по установленной в вузе форме с последующей публичной защитой результатов работы перед комиссией, состоящей из преподавателей кафедры ХТиТ.

Примерная тематика и объём курсовой работы:

Тема: Воздушная холодильная машина.

Исходные данные:

- Холодопроизводительность Qo=100 кВт
- Температура воздуха на входе в машину $T_{вх}$=304 *К*
- Температура в холодильной камере $T_{х}$=240 *К*
- Величина недорекуперации в регенераторах $\Delta T_{р}$ =4К

Содержание расчётно-пояснительной записки:

Реферат. Задание. Содержание. Введение. Выбор схемы и цикла холодильной машины. Расчёт цикла газовой холодильной машины. Расчет регенераторов холодильной машины. Определение основных конструктивных размеров поточной части осевого компрессора холодильной машины. Заключение. Список литературы.

Содержание графической части:

Схема и цикл воздушной холодильной машины, таблицы с результатами теплового расчета рабочего цикла, расчета регенератора, компрессора (1 лист, формат А1).

9. Курсовой проект

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») не предусмотрено выполнение курсового проекта по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения».

10. Самостоятельная работа бакалавра

Характеристика самостоятельной работы студентов.

Общая продолжительность самостоятельной работы студентов (СРС), предусмотренная учебным планом направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») по дисциплине Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения» составляет 63 часа. *СРС включает следующие виды работ:*

- Изучение лекционного и дополнительного теоретического материала;
- Подготовка к практическим занятиям и выполнение домашних заданий;
- Оформление отчётов по расчетным работам;
- Выполнение курсовой работы.

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	*2*	*3*	*4*	*5*
1	Газовые холодильные машины. Теоретические циклы газовых холодильных машин.	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Оформление отчета по практическим занятиям.	*ОПК-2 ПК-1,*
2	Действительные циклы газовых холодильных машин.	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала.	*ОПК-2*
3	Теплофизические основы низкотемпературных методов разделения воздуха.	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Оформление отчета по практическим занятиям.	*ОПК-2 ПК-1,*
4	Очистка и осушка воздуха в воздухоразделительных установках.	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Оформление отчета по практическим занятиям	*ОПК-2 ПК-1,*
5	Ректификационные колонны воздухоразделительных установок.	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Оформление отчета по практическим занятиям	*ОПК-2*
6	Выполнение курсовой работы	23	Выполнение расчётной и графической части курсовой работы.	*ОПК-2 ПК-1,*
	Итого:	63		

11. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля в соответствии с Положением о рейтинговой системе «КНИТУ».

По дисциплине «Энергетические основы процессов охлаждения» промежуточным видом контроля является экзамен и курсовая работа.

Значения текущего рейтинга по дисциплине выставляются преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий (исходя из максимальной оценки 100 баллов).

Вид деятельности	Баллы min/max
	5 семестр
Устный опрос	8…15
Практическая работа	28…45
Экзамен	24…40
Итого	60…100
Курсовая работа	60…100

12. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

12.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники Информации	*Кол-во экз.*
Теоретические основы холодильной техники [Учебники]: учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. 16.03.03 "Холодильная, криогенная техника и сист. жизнеобеспечения"/ А.М. Ибраев, М.С. Хамидуллин, И.Г. Хисамеев; Казанский нац. исслед. технол. ун-т, Казанский завод точного машиностроения — Казань : Слово, 2016 .— 220, [2] с.: ил. — Библиогр.: с.213-215 (31 назв.) .— ISBN 978-5-98356-305-6.	176 экз. в УНИЦ КНИТУ
Трансформация теплоты в компрессорных установках холодильной и криогенной техники. В 2 ч. Ч. 1. Расчеты параметров и потерь в процессах обратных циклов [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / О.В. Белова, А.В. Чернышев. - М. : Издательство МГТУ им. Н.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/bauman_0345.html Доступ из любой точки интернета после регистрации по IP адресу КНИТУ

Э. Баумана, 2010. – 33 с.	
Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты: учебник для вузов [А.Н. Антонов, А.М. Архаров, И.А. Архаров и др.]; под общ. ред. А. М. Архарова, И.К. Буткевича. – 2-е изд. испр. М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 533, [3] с.: ил. ISBN 978-5-7038-3931-7	70 экз. в УНИЦ КНИТУ

12.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	*Количество экземпляров*
Криогенная техника: методические указания к лабораторным работам / Э.А Хакимов, А.Г. Сайфетдинов, И.И. Шарапов; Федер. агентство по образованию, Казан. гос. технол. ун-т. – 2010. – 32с.	ЭБ УНИЦ КНИТУ http://ft.kstu.ru/ft/978-5-7882-XXX-Hakimov_Kriogennaya-tehnica.pdf>. Доступ с IP адресов КНИТУ
Расчёт цикла воздушной холодильной машины и цикла сжижения воздуха [Методические пособия] : метод. указания / Казан. нац. исслед. технол. ун-т ; сост. Э.А. Хакимов, И.И. Шарапов, В.В. Акшинская .— Казань : Изд-во КНИТУ, 2012 .— 20, [3] с. : ил., табл. — Библиогр.: с.20 (6 назв.).	10 экз. в УНИЦ КНИТУ
Глизманенко Д.Л. Получение кислорода. М.: Химия, 1972,752с.	23 экз. в УНИЦ КНИТУ
Холодильные машины: Учебник для студентов втузов специальности «Холодильная техника и технологии» / А.В.Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев, И.А. Сакун, Л.С. Тимофеевский; Под общ. Ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 1997.–992 с.: ил.	79 экз. в УНИЦ КНИТУ

Дополнительные источники информации	*Количество экземпляров*
Воздушные турбохолодильные машины. Старостин А.П., Соколов К.К./М. ООО «Франтера», 2003, - 262с.ил.	3 экз. экз. в УНИЦ КНИТУ
Воздушные турбохолодильные машины / М.Г. Дубинский и др.; Центр. ИНТИ и техн.-экон. исслед. по хим. и нефт. машиностроению.—М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1982 .— 43 с. ил.	1экз. экз. в УНИЦ КНИТУ

12.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Энергетические основы процессов охлаждения» рекомендовано использование электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (http://ruslan.kstu.ru/)
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) «КнигаФонд» (www.knigafund.ru)
- ЭБС «ЮРАЙТ». (http://www.biblio-online.ru/)
- Прикладной пакет для построения и расчёта циклов холодильных машин Refrigeration Utilities.
- Электронная газета www.holodilshik.ru, форум интернет-журнала Холод-консультант.
- Веб-сайты ведущих мировых производителей холодильного оборудования, в частности www.bitzer.ru, www.copeland.ru, www.york.ru.

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



12.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения» используются следующие средства для проведения занятий.

1. Лекционные занятия:

а) раздаточные материалы в виде рисунков, схем, диаграмм и т.д. по теме лекции;

б) аудитория, оснащенная презентационной техникой: проектор, экран, ноутбук.

2. Практические занятия:

а) презентационная техника: проектор, экран, ноутбук;

б) специализированное ПО *Refrigeration Utilities*.

3. Прочее:

а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

б) чертежи и спецификации холодильного оборудования, выдаваемые студентам на время изучения дисциплины.

в) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13.Образовательные технологии

Часы в интерактивной форме не предусмотрены.

Однако, в рамках изучения дисциплины Б1.В.ДВ.5.2. «Энергетические основы процессов охлаждения» возможно применение следующих современных образовательных технологий:

- информационные технологии (выполнение графической части работы с применением программного продукта «*КОПМАС*»;
- оформление пояснительной записки с использованием *Microsoft Office*;
- выполнение построения рабочего цикла с применением специализированного ПО *Refrigeration Utilities.*