



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)
Институт химического и нефтяного машиностроения
Кафедра холодильной техники и технологии

УТВЕРЖДАЮ

 Проректор по УР
А.В. Бурмистров
«1» ноября 2017г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика»
Направление подготовки 14.03.01. «Ядерная энергетика и теплофизика»
Профиль подготовки «Техника и физика низких температур»
Уровень высшего образования бакалавриат
Форма обучения очная
Институт, факультет ИХНМ, факультет ЭмТО
Кафедра-разработчик рабочей программы Холодильная техника и технология
Курс, семестр 2-й курс, 4 семестр, 3-й курс 5 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1,0
Практические занятия	90	2,5
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа	99	2,75
Форма аттестации	27	Зачет 4 семестр, Экзамен 5 семестр 0,75
Всего	252	7

Казань, 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (утвержденного МИНОБРНАУКИ России 11.08.2016 г., № 1034) по направлению 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» по профилю «Техника и физика низких температур».

Разработчик программы:

доцент



А.М. Ибраев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры _холодильной техники и технологии, протокол № 2 от 25.10.2017 г.

Зав. кафедрой, проф.


(подпись)

Хисамеев И.Г.
(Ф.И.О)

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 14.03.01,
доцент



Хамидуллин М.С.

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии факультета ЭМТО
от 30. 10. 2017 г. № 2.

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

Хамидуллин М.С.

Начальник УМЦ, доцент



Китаева Л.А.
(подпись)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Криофизика» являются:

- а) формирование знаний о способах получения низких температур, о свойствах вещества в области низких и сверхнизких температур и принципах построения низкотемпературных технических установок,
- б) обучение технологии на уровне пользователя для решения теплофизических задач расчета разнообразных процессов в низкотемпературных установках,
- г) раскрытие сущности процессов, происходящих в низкотемпературных технических установках.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Криофизика» относится к вариативной части ООП и формирует у обучающихся по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» набор специальных знаний и компетенций, необходимых для:

- обобщения, анализа, восприятия информации, постановки цели и выбора путей её достижения;
- способности демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовности использования основных законов в профессиональной деятельности, применения методов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- готовности выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и способности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- способности к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик.

Для успешного освоения дисциплины «Криофизика» по направлению подготовки 14.03.01. «Ядерная энергетика и теплофизика» студент должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- Б1.Б.5 Математика;
- Б1.Б.6 Физика;
- Б1.Б.7 Химия.
- Дисциплина «Криофизика» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:
- Б1.В.ДВ.5.1 Низкотемпературная техника;
- Б1.В.ОД.12 Объемные компрессоры для холодильных машин;
- Б1.Б.21 Холодильные машины;
- Б1.В.ОД.14 Теплообменные аппараты холодильных установок;
- Б1.В.ДВ.9.1 Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы;
- Выполнение выпускной квалификационной работы.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Криофизика» могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Криофизика»

Выпускник, обучавшийся по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» в процессе и итоге изучения дисциплины «Криофизика» должен обладать следующими компетенциями:

ОПК-2 способностью демонстрировать базовые знания в области естественных 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:

- методы получения низких температур, их особенности;
- основные методы описания конденсированных систем и процессов на поверхности раздела фаз;
- Основные физические явления и процессы, используемые для понижения температуры термодинамического тела или отвода тепла от него.

2) Уметь:

- самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи;
- осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию;
- анализировать информацию о новых технологиях получения низких температур, способах их описания.

3) Владеть:

- навыками дискуссии по профессиональной тематике;
- терминологией в области методов описания конденсированных систем и процессов переноса тепла;
- навыками применения полученной информации при расчете процессов в низкотемпературных установках.

4. Структура и содержание дисциплины «Криофизика»

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 7 зачетные единицы, 252 часа.

Распределение времени, отведённого учебным планом направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» на изучение дисциплины «Криофизика», по видам занятий представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение по видам занятий учебного времени дисциплины «Криофизика»

№ п/п	Раздел дисципли- ны	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Информационные и другие образо- вательные техно- логии используе- мые при осуществ- лении образова- тельного процесса	Формы текущего кон- троля успеваемости Форма промежуточной аттестации (по семе- страм)
				Лек- ции	Прак- ти- ческие заня- тия	Лабора- тор- ные работы	СРС		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1.	4	1-3	6	4	—	10	Разбор конкрет- ных вопросов	Устный опрос по практическим рабо- там, тестирование.
2	Тема 2.	4	4	2	-	—	10	Разбор конкрет- ных вопросов	Тестирование
3	Тема 3.	4	5	2	-	—	10	Разбор конкрет- ных вопросов	Тестирование
4	Тема 4.	4	6- 10	10	10	—	10	Разбор конкрет- ных вопросов	Устный опрос по практическим рабо- там, тестирование.
5	Тема 5.	4	11- 14	10	4	—	14	Разбор конкрет- ных вопросов	Устный опрос по практическим рабо- там, тестирование.
6	Тема 6.	4	14- 18	6	-	—	10	Компьютерное тестирование	Устный опрос по практическим рабо- там, тестирование.
Всего за 4 семестр				36	18	—	54		Зачет
7	Тема 4,5	5	1-9	—	40	—	22	Разбор конкрет- ных вопросов	Устный опрос прак- тическим работам
8	Тема 6	5	10- 18	—	32	—	23	Разбор конкрет- ных вопросов	Устный опрос прак- тическим работам
Всего за 5 семестр				—	72	—	45		Экзамен
Всего				36	90	—	99		Экзамен , Зачет

5. Содержание лекционных занятий по темам

Далее в таблице 2. приводится содержание лекционных занятий по темам.

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5
1	Основы теории теплоты, элементы физической кинетики, квантовой механики и статистики.	6	Предмет и задачи дисциплины. История развития и области применения холодильной техники. Основы теории теплоты, элементы физической кинетики, квантовой механики и статистики.	ОПК-2 ПК-1
2	Принципы физики конденсированных систем.	2	Принципы физики конденсированных систем.	ОПК-2 ПК-1
3	Основы физики сверхпроводимости. Основы физики сверхтекучести.	2	Основы физики сверхпроводимости. Основы физики сверхтекучести.	ОПК-2 ПК-1
4	Термодинамические основы охлаждения и получения низких температур.	10	Холодильная машина как термодинамическая система. Горячий и холодный источники. Термодинамические параметры рабочего тела. Основные законы термодинамики термомеханических систем применительно к холодильным машинам. Первый и второй законы термодинамики. Закон Нернста-Симона. Основные условия и принципы функционирования холодильной машины. Основные процессы изменения состояния для идеального рабочего тела. Диаграммы T-S и lg P-I. Реальное рабочее тело. Количественные отклонения реальных газов от идеальных. Уравнения состояния реальных газов. Работа процесса и техническая работа компрессора.	ОПК-2 ПК-1

1	2	3	4	5
5	Процессы низкотемпературных установок	10	Непрерывное и одноразовое искусственное охлаждение. Использование фазовых превращений чистых веществ и смесей. Диаграмма Р-Т и Т- S фазовых превращений. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Процессы плавления, кипения, сублимации. Режимы кипения рабочих тел. Уравнение Дальтона–Максвелла. Принцип работы холодильных машин, использующих процесс кипения смесей и чистых веществ. Изознтропное расширение газов. Дифференциальный и интегральный эффекты. Дросселирование газа. Дифференциальный и интегральный эффекты Джоуля-Томпсона. Изотермический эффект дросселирования. Выхлоп газа. Вихревой эффект охлаждения. Волновое расширение газа. Холодильные машины, использующие процессы расширения газа.	ОПК-2 ПК-1
6	Твердотельная криогеника. Получение сверхнизких температур.	6	Термоэлектрическое и термомагнитное охлаждение. Эффекты Пельтье и Зеебека. Эффект Эттингхаузена. Адиабатное размагничивание парамагнитных веществ. Математические аналогии в термомеханических и термомагнитных системах. Уравнение Кюри. Дифференциальный эффект адиабатного размагничивания. Намагничивание сверхпроводников. Десорбционное охлаждение. Диаграмма фазовых превращений гелия. Способ охлаждения смешиванием гелия III и гелия IV. Механокалорический эффект Капицы. Метод Померанчука.	ОПК-2 ПК-1

6.Содержание 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 «Криофизика» для студентов очной формы обучения.

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

- освоение методик теоретического определения основных параметров и характеристик холодильных машин на основе тепловых балансов;
- освоение методик экспериментального определения основных параметров и характеристик холодильных машин с использованием прямых и косвенных измерений;
- знакомство с измерительной и регистрирующей аппаратурой, применяемой в холодильной технике.

Режим проведения практических занятий – один раз в неделю по 4 часа. Общая продолжительность практических занятий и их распределение по отдельным темам согласно тематике лекционного курса, представлены в таблице 1.

Таблица 3 – Содержание практических занятий по дисциплине «Криофизика»

№ п/п	Наименование практического занятия	Краткое содержание	Тема	Часы	Формируемые компетенции
1	2	3	4	5	6
4 семестр 18 часов					
1	Расчетный анализ теоретических процессов идеального газа.	Расчетный анализ теоретических процессов идеального газа. Расчеты изобарного, изохорного, изотермического и политропного процессов.	1,4	6	ОПК-2 ПК-1
2	Расчетный анализ теоретических процессов реального газа.	Расчетный анализ теоретических процессов с использованием уравнений состояния реальных газов. Используются $T-S$ диаграммы реальных газов.	1,4	6	ОПК-2 ПК-1
3	Расчетный анализ процессов в бинарных смесях.	Расчетный анализ процессов в бинарных смесях. Анализируются процессы в бинарном растворе вода-аммиак.	4	6	ОПК-2 ПК-1
5 семестр 72 часа					
4	Расчетное построение кривой насыщения	Расчетное построение кривой насыщения вещества на границе жидкость – пар с использованием уравнения Клапейрона – Клаузиуса и Антуана.	4,5	8	ОПК-2 ПК-1
5	Расчетное определение величины теплоты парообразования.	Расчетное определение величины теплоты парообразования веществ на основе экспериментальной зависимости $p-T$ при помощи уравнения Ридлеха-Квонга.	5	8	ОПК-2 ПК-1
6	Расчетно-экспериментальный анализ вихревого эффекта	Расчетно-экспериментальное определение эффективности вихревого эффекта охлаждения. Работа проводится на установке ВХК-2.	5	8	ОПК-2 ПК-1
7	Расчетно-экспериментальный анализ процесса дросселирования.	Расчетно-экспериментальное определение термодинамической эффективности процесса дросселирования воздуха. Дросселирование из баллона сжатого воздуха.	5	8	ОПК-2 ПК-1
8	Расчетный анализ термоэлектрического эффекта.	Изучение эффектов Пельтье и Зеебека. Тарировка хромель-копелевой термодпары. Тарировка в водной среде термостата с контролем по термометру.	6	8	ОПК-2 ПК-1
9	Расчетно-экспериментальный анализ характеристик термоэлектрической холодильной машины.	Расчетное определение термодинамических характеристик термоэлектрической холодильной машины. Занятие проводится с использованием термоэлектрического холодильника «Холодок».	6	8	ОПК-2 ПК-1

10	Расчетно-экспериментальный анализ процесса замораживания льдо-соляной смеси	Расчетно-экспериментальный анализ процесса замораживания льдо-соляной смеси.	4	8	ОПК-2 ПК-1
11	Изучение процессов и расчет холодильного цикла абсорбционной АХМ.	Изучение процессов и расчет холодильного цикла абсорбционной АХМ.	4	8	ОПК-2 ПК-1
12	Диаграмма фазовых состояний гелия.	Изучение процессов в диаграмме фазовых состояний гелия. Изучение эффекта смещения гелия 3 и гелия 4.	6	8	ОПК-2 ПК-1

Часть практических занятий (6,7,9) проводится с использованием лабораторного оборудования кафедры «Холодильная техника и технология».

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 «Криофизика».

8.Курсовая работа

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») выполнение курсовой работы по дисциплине «Криофизика» **не предусматривается**.

9.Курсовой проект

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») выполнение студентами курсового проекта по дисциплине «Криофизика» **не предусматривается**.

10. Самостоятельная работа обучающихся.

Общая продолжительность самостоятельной работы студентов (СРС), предусмотренная учебным планом направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» профиля «Техника и физика низких температур», по дисциплине Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика», а также распределение учебного времени по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

СРС включает следующие виды работ:

Изучение лекционного и дополнительного теоретического материала;

Подготовка к практическим занятиям и выполнение домашних заданий;

По результатам осуществления СРС применяются следующие виды контроля:

Предварительный (корректирующая функция) – подготовка к практическим занятиям в форме устного опроса;

Текущий (корректирующая функция) – усвоение лекционного материала в форме устного опроса и проверки качества ведения конспекта;

Итоговый (констатирующая функция) – зачёт по практическим занятиям;

Итоговый (констатирующая функция) – экзамен по лекционному курсу.

Развернутая схема внеаудиторной работы студентов с указанием форм деятельности и соответствующего времени, затрачиваемого студентом на выполнение различных видов работ, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Планируемое содержание СРС при изучении дисциплины «Криофизика».

Темы дисциплины	Час	Форма СРС	Формируемые компетенции
4 семестр 54 часа			
Тема 1	10	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям и тестам. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ОПК-2 ПК-1
Тема 2	10	Проработка теоретического материала и подготовка тестам.	ОПК-2 ПК-1
Тема 3	10	Проработка теоретического материала и подготовка тестам.	ОПК-2 ПК-1
Тема 4	26	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям и тестам. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ОПК-2 ПК-1
5 семестр 45 часов			
Тема 5	22	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ОПК-2 ПК-1
Тема 6	23	Проработка теоретического материала и подготовка к практическим занятиям. Оформление отчетов по практическим занятиям.	ОПК-2 ПК-1

11. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика» предусматривается использование рейтинга оценки знаний.

При определении рейтинга контролируется как текущая работа студента в течение семестра (рейтинг $R_{тек1}$, $R_{тек2}$), так и знания, показанные при тестировании (рейтинг R_t) в 4 семестре или на экзамене в 5 семестре (рейтинг $R_{экз}$). Оценка по дисциплине в 4 семестре выставляется с учётом суммарного рейтинга студента $R_{дис} = R_{тек1} + R_t$, а в 5-ом семестре с учётом суммарного рейтинга студента $R_{дис} = R_{тек2} + R_{экз}$, в соответствии с «Положением о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (Ут-

(Утверждено решением УМК Учёного совета ФГБОУ ВПО «КНИТУ», протокол №7 от 4 сентября 2017 г.)

Значение текущего рейтинга по дисциплине выставляется преподавателем при выполнении всех контрольных точек и заданий, исходя из максимальной оценки 100 баллов. При наличии экзамена в семестре максимальная оценка 60 баллов.

Текущая работа на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

1. Посещение практических занятий.
2. Работа на практических занятиях.
3. Активность, проявляемая студентом на занятиях.
4. Отчёты по работам, выполняемым на практических занятиях.

Количество баллов, начисляемых на практических занятиях, представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Количество баллов, начисляемых по рейтинговой системе

Вид контроля	Правила начисления баллов	Максимальная сумма баллов	Минимальная сумма баллов
1	2	3	4
<i>4 семестр</i>			
Посещение практических занятий (по 2 часа в неделю, всего 9 недель)	По 2 балла в неделю.	$2 \times 9 = 18$	12
Работа над заданием по теме практического занятия. 6 работ	По 4 балла за каждую работу сданную до зачётной сессии.	$6 \times 4 = 24$	15
Активность проявляемая студентом на занятиях	По 2.6 балла в неделю.	$2,6 \times 9 = 23$	12
Ртек ₁		65	39
Тестирование, Rт		35	21
Всего, Rдис		100	60
<i>5 семестр</i>			
Посещение практических занятий (по 4 часа в неделю, всего 9 недель)	По 2 балла в неделю	$2 \times 9 = 18$	16
Работа над заданием по теме практического занятия 5 работ.	По 4,8 баллов за каждую работу сданную до зачётной сессии.	$4,8 \times 5 = 24$	10
Активность проявляемая студентом на занятиях	По 2 балла в неделю.	$2 \times 9 = 18$	10
Зачет, Rтек ₂		60	36
Экзамен по теоретическому курсу, Rэкз		40	24
ИТОГО, Rдис		100	60

Показатели, используемые при оценивании тестированием в 4-м семестре

Количество тестов – 30, время выделяемое на тестирование – 15 мин.

Количество правильных ответов	Пороговый					Продвинутой					Превосходный				
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Баллы рейтинга R_t	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35

Количество баллов, начисляемых за ответы на экзамене

Характеристика ответа на экзамене	Интервал баллов рейтинга ($R_{экз}$)
<i>1</i>	<i>2</i>
Ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Ответ развернутый, полный, подтверждается графиками, схемами, цифрами, математическими зависимостями или фактическими примерами.	35-40
Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, имеется понимание взаимосвязей между явлениями и процессами, знание основных закономерностей. Однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. Допускаются нарушения в последовательности изложения. Имеются затруднения с выводами.	29-35
Освоен программный материал в объеме, необходимом для предстоящей работы по профессии; в целом усвоены знания из основной литературы. Имеются существенные погрешности, ответ краток, приводимые формулировки являются недостаточно четкими, в ответах допускаются неточности. Имеется понимание студентом сущности основных процессов.	24-28
Ответ отсутствует или принципиальные ошибки в ответе, причем при задании наводящих вопросов студент не ориентируется в предмете.	Менее 24

Общая оценка по дисциплине в 4 семестре

 $R_{дис} < 60$ не зачтено $R_{дис} \geq (60 \dots 100)$ зачтено

Общая оценка по дисциплине в 5 семестре выставляется в соответствии со следующей таблицей.

Интервал баллов рейтинга	Оценка
$0 < R_{дис} < 60$	«Неудовлетворительно» (2)
$60 \leq R_{дис} < 73$	«Удовлетворительно» (3)
$73 \leq R_{дис} < 87$	«Хорошо» (4)
$87 \leq R_{дис} \leq 100$	«Отлично» (5)

12. Информационно–методическое обеспечение дисциплины**а) Основная литература**

При изучении дисциплины Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

№	Основные источники информации	Кол-во экз.
1.	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.).	176 экз. в УНИЦ КНИТУ В ЭБ УНИЦ http://ft.kstu.ru/ft/Ibraev-Teoreticheskie_osnovy_kholodilnoi_tekhniki_UP.pdf доступ с ip-адресов КНИТУ
2.	Основы термодинамических расчетов парокompрессионных холодильных машин [Учебники] : учеб. пособие / С.В. Визгалов [и др.] ; Казанский нац. исслед. технол. ун-т .— Казань : Слово, 2016 .— 157, [2] с. : ил., табл. — Библиогр.: с.140-141 (18 назв.).	401 экз. в УНИЦ КНИТУ В ЭБ УНИЦ http://ft.kstu.ru/ft/Vizgalov-Osnovy_termodinamich_raschetov_parakompressoinnykh_mashin.pdf доступ с ip-адресов КНИТУ

б) Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

1.	Теоретические основы холодильной техники [Монографии] [Электронный ресурс] : монография / А.М. Ибраев, А.А. Сагдеев ; Нижнекамск. хим.-технол. ин-т (фил.) Казан. нац. исслед. технол. ун-та .— Нижнекамск, 2012 .— 124 с. : ил., табл. — Библиогр.: с.123 (20 назв.)	13 экз. в УНИЦ КНИТУ В ЭБ УНИЦ http://ft.kstu.ru/ft/Ibraev-teoreticheskie_osnovy_kholodilnoi_tekhniki.pdf доступ с ip-адресов КНИТУ 8 экз. на каф ХТиТ
2.	Термодинамика и теоретические основы холодильной техники [Электронный ресурс] : метод. указ. к практ. занятиям / Казанский нац. исслед. технол. ун-т ; А.М. Ибраев [и др.] .— Казань : КНИТУ, 2014 .— 52 с. : ил. — Библиогр.: с.42 (5 назв.).	В ЭБ УНИЦ http://ft.kstu.ru/ft/Nizkotemperaturnye.pdf доступ с ip-адресов КНИТУ 80 экз. на каф ХТиТ

3.	Фазовые состояния и фазовые переходы криогенных агентов [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным и практическим занятиям /Т.Н. Мустафин [и др.] .— Казань: КНИТУ, 2014 .— 29 с.	В ЭБ УНИЦ http://ft.kstu.ru/ft/mustafin-fazovye.pdf доступ с ip-адресов КНИТУ 80 экз. на каф ХТиТ
4.	Александров Н.А. Криогенная техника [Монографии] : Моск. гос. ун-т инженерн. экологии [и др.] .— М. : Экслибрис-Пресс, 2007 .— 172 с. : ил.	1 экз. экз. в УНИЦ КНИТУ
5.	Железный Виталий Петрович. Рабочие тела пароконденсаторных холодильных машин: свойства, анализ, применение [Монографии] : монография / Одесская гос. акад. холода .— Одесса : Феникс, 2012 .— 421 с. : ил. — Библиогр.: с.368-392 (319 назв.).	1 экз. экз. в УНИЦ КНИТУ 1 экз. на Кафедре ХТиТ
6.	Архипов, А.В. Прикладная физика. Физические основы вакуумной и криогенной техники [Учебники] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. "Техн. физика" / Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т .— СПб., 2007 .— 206 с.	1 экз. экз. в УНИЦ КНИТУ
7.	Вентура Гуглиельмо. Искусство криогеники: низкотемпературная техника в физическом эксперименте, промышленных и аэрокосмических приложениях: учебно-справоч. рук-во / пер. с англ.—Долгопрудный: Интеллект, 2011 .— 332, [4] с. : ил. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-91559-040-2.	3 экз. в УНИЦ КНИТУ

10.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем» используются электронные источники информации:

1. Ресурсы электронной библиотеки УНИЦ КНИТУ <http://ruslan.kstu.ru/>

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



12.2. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Криофизика»

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика» 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*.
- а) установки для проведения лабораторных работ на кафедре ХТиТ;
- б) оборудование для измерения и контроля текущих параметров.

3. Прочее:

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

13. Образовательные технологии

Часть занятий лекционного типа и практического типа проводятся с применением интерактивных форм обучения. К применяемым интерактивным формам обучения относятся учебные групповые дискуссии, проведение презентаций, мастер-классы

Лист переутверждения рабочей программы

Рабочая программа по дисциплине Б1.В.ДВ.4.1 «Криофизика»

(наименование дисциплины)

для направления 14.03.01 профиль подготовки
«Техника и физика низких температур»

пересмотрена на заседании кафедры «Холодильная техника и технология»

(наименование кафедры)

№ п/п	Дата переутверждения РП (протокол заседания кафедры)	Наличие изме- нений	Наличие изменений в списке литера- туры*	Подпись разработ- чика РП	Подпись зав. кафедрой	Подпись начальника УМЦ/ОМг/ ОАиД
				Ибраев А.Н.	Хисамеев С.Г.	Кутяева И.А.
	№ <u>1</u> от <u>4.09.2018</u>	нет	нет			
	№ _____ от _____. _____. 20__					
	№ _____ от _____. _____. 20__					
	№ _____ от _____. _____. 20__					

 *Если в списке литературы есть изменения, обновленный список необходимо утвердить у заведующей сектором комплектования УНИЦ и один экземпляр представить в УМЦ/ОМг/ОАиД.