

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.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашины»

Направление подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика»

Профиль подготовки «Техника и физика низких температур»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет ИХНМ, факультет ЭмТО

Кафедра-разработчик рабочей программы Холодильной техники и технологии

Курс, семестр _____ 3 курс, 6 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	36	1,0
Практические занятия	18	0,5
Семинарские занятия	-	-
Лабораторные занятия	18	0,5
Самостоятельная работа	72	2,0
Форма аттестации – зачет с оценкой	-	-
Всего	144	4,0

Казань, 2018 г.

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

Разработчик программы:

Старший преподаватель кафедры ХТиТ



Г.Ф. Воронов

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ХТиТ протокол от 2 июля 2018 г. № 1

Зав. кафедрой ХТиТ, профессор



И.Г. Хисамеев

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии факультета ЭМТО
от 10.09.2018 г. № 1.

Председатель комиссии, доцент



М.С. Хамидуллин

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения дисциплины «Холодильные турбомашин» являются:

- формирование у студентов цельного и ясного представления о связях современной теории процессов расширения и сжатия газов в турбомашин с фундаментальными основами и прикладными аспектами термо- и газодинамики;
- обеспечение знания и понимания студентами общих принципов и методов термо- и газодинамических, конструктивных и прочностных расчетов элементов проточной части турбомашин;
- приобретение студентами умения сознательно и творчески применять уравнения и расчетные зависимости для решения типовых инженерных задач, в сферах производства и эксплуатации центробежных и осевых компрессоров, радиальных и осевых детандеров;
- приобретение студентами умений и навыков в проведении испытаний компрессорных и расширительных турбомашин;
- приобретение студентами умений и навыков в выборе оптимальных вариантов конструкций холодильных турбомашин на заданные условия эксплуатации;
- приобретение студентами умений и навыков в выборе оптимальных режимов эксплуатации холодильных турбомашин;
- привитие студентам навыков в чтении и практическом использовании современной научно-технической литературы по вопросам исследования (физическое и математическое моделирование, испытания), создания (проектирование, конструирование и производство) и эксплуатации (монтаж, наладка, сервисное обслуживание и ремонт) холодильных турбомашин.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Холодильные турбомашин» 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.

Для успешного освоения дисциплины «Холодильные турбомашин» бакалавр по направлению подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

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

- Основы проектирования;
- Объёмные компрессоры холодильных машин;
- Теплообмен;
- Криофизика;
- Компьютерная графика.

Дисциплина «Холодильные турбомашин» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

- Проектирование и эксплуатация холодильных установок;
- Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы;

Знания, полученные при изучении дисциплины «Холодильные турбомашин» могут быть использованы при прохождении производственной практики, а также 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

- ПК-1 способностью к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик;
- ПК-2 готовностью к участию в проведении физического и численного эксперимента, к подготовке соответствующих экспериментальных стендов;
- ПК-5 способностью к участию в проектировании основного оборудования атомных электростанций, термоядерных реакторов, плазменных и других энергетических установок с учетом экологических требований и обеспечения безопасной работы

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

• **понятия:** турбомашин, турбокомпрессор, турбодетандер, осевой и центробежный компрессоры, осевой и центростремительный (радиальный) детандеры, турбоагрегат, ротор, статор; проточная часть, секция, ступень (промежуточная, концевая), рабочее колесо, диффузор (лопаточный, безлопаточный), поворотное колено, обратный направляющий аппарат, входное устройство, выходное устройство (улитка, кольцевая сборная камера), направляющий аппарат, сопловой аппарат, уплотнения (лабиринтные и торцевые), степень реактивности, относительная, окружная и абсолютная скорости

потока, план скоростей, условное число Маха, коэффициенты расхода и напора, закрутка потока, входной направляющий (регулирующий) аппарат, характеристики элементов проточной части, согласование характеристик, характеристики турбомашин, критерии подобия турбомашин, неустойчивые режимы работы турбокомпрессора (вращающийся срыв, помпаж), думмис (разгрузочный поршень);

- *типы, специализацию, назначение и качественные характеристики* элементов проточной части турбомашин, влияние на характеристики элементов различных конструктивных параметров;

- *способы регулирования* (изменения характеристик) турбокомпрессоров и турбодетандеров;

- *основы моделирования* турбомашин.

2) Уметь:

- изображать в координатах «температура (энтальпия) – энтропия» и «давление – энтальпия» процессы сжатия и расширения газов в компрессорных и расширительных машинах динамического действия (в том числе поэлементно);

- изображать в координатах «температура (энтальпия) – энтропия» и «давление – энтальпия» циклы работы пароконденсационных и газовых холодильных машин с турбокомпрессорами;

- строить планы скоростей для различных элементов (сечений) проточной части турбомашин;

- выполнять термогазодинамические, конструктивные расчеты проточной части турбомашин и отдельных ее элементов, прочностные расчеты (дисков рабочих колес, ротора на критическую частоту вращения) в том числе с использованием современных информационных технологий;

- получать экспериментально с использованием стандартных измерительных приборов характеристику турбокомпрессора и турбодетандера.

3) Владеть:

- основами расчёта и проектирования холодильных турбомашин и отдельных её элементов;

- навыками проектирования холодильных турбомашин;

- методами экспериментального и расчётно-теоретического исследования холодильных турбомашин.

- навыками работы со справочной, научно-технической литературой и периодикой;

- навыками использования современных информационных технологий.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 часа.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практиче- ские занятия	Лаборатор- ные работы	СРС	
1	Общие сведения о холо- дильных турбомашинах	6	4	-	-	5	Защита реферата,
2	Ступень центробежного компрессора	6	8			7	Реферат
3	Ступень осевого компрессора	6	4			6	Реферат
4	Многоступенчатое и многопоточное сжатие	6	4		12	11	Задания по лабораторным работам, реферат
5	Нестационарные процес- сы в турбокомпрессорах	6	2		-	5	Реферат
6	Термогазодинамический расчет турбокомпрес- соров	6	4	9	-	5	Работа по теме практического занятия, реферат
7	Радиальные турбодетандеры	6	4		6	10	Защита отчета по лабораторной работе, реферат,
8	Осевые расширительные машины	6	2		-	5	Реферат
9	Основы расчета на проч- ность элементов турбомашин	6	2	3	-	10	Работа по теме практического занятия, реферат
10	Основные принципы про- ектирования и конструк- ции турбомашин	6	2	6	-	8	Работа по теме практического занятия, реферат
			36	18	18	72	
Форма аттестации							Зачет с оценкой

5. СОДЕРЖАНИЕ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ по темам с указанием формируемых компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Общие сведения о холодильных турбомашинах	4	Объект, предмет и задачи дисциплины. Области применения холодильных турбомашин.	Краткая история развития отечественного и зарубежного турбокомпрессоростроения. Принцип действия холодильных турбомашин. Основные параметры, холодильных турбомашин, классификация холодильных турбомашин. Схемы проточной части и назначение основных элементов осевого и центробежного компрессора, осевого и радиального турбодетандера. Преимущества и недостатки турбокомпрессоров и турбодетандеров. Области применения холодильных турбомашин.	ПК-1
2	Ступень центробежного компрессора	8	Кинематика потока в ступени компрессора. Уравнение Эйлера (основное уравнение турбомашин). Теоретические характеристики рабочего колеса.	Схема меридионального сечения ступени. Изображение рабочего процесса сжатия в ступени в координатах «давление - энтальпия», «температура (энтальпия) - энтропия». Определение параметров состояния сжимаемого газа в расчетных сечениях. Рабочее колесо радиальной турбомашин: классификация, типы, основные геометрические соотношения. Кинематика потока газа в рабочем колесе. Планы скоростей в расчетных сечениях рабочего колеса. Коэффициенты расхода и теоретического напора. Уравнение Эйлера (основное уравнение турбомашин). Модель рабочего колеса с бесконечным числом лопаток. Влияние направления выходной кромки лопаток рабочего колеса на напор при бесконечном числе лопаток. Теоретические характеристики рабочего колеса. Влияние закрутки потока при входе в рабочее колесо на создаваемый напор. Входной регулирующий (направляющий) аппарат. Учет влияния конечного числа лопаток на напор рабочего колеса. Учет загромождения проходных сечений рабочего колеса лопатками (коэффициент загромождения). Профилирование средней линии лопаток рабочего колеса. Степень реактивности рабочего колеса. Выбор и расчет основных параметров рабочего колеса (числа Маха в относительном движении на входе и абсолютном движении на выходе, количество лопаток, коэффициенты расхода и скорости, углы установки лопаток на входе и выходе, относительные ширина и диаметры). Условное число Маха. Выбор окружной скорости, диаметра и частоты вращения рабочего колеса. Типы диффузоров ступени центробежного компрессора. Основы расчета лопаточного и безлопаточного диффузоров. Характеристики лопаточного и безлопаточного диффузоров. Обратный направляющий аппарат. Входное и выходное устройства. Конструкции и основы расчета лабиринтных и торцевых уплотнений холодильных центробежных компрессоров. Потери в ступени, коэффициент полезного действия ступени.	ПК-1
3	Ступень осевого	4	Кинематика потока в	Степень реактивности рабочего колеса. Схемы ступеней с различной степенью реак-	ПК-2, ПК-5

	компрессора		ступени компрессора.	тивности и их сравнение. Основы расчета пространственного потока в ступени компрессора. Некоторые типы ступеней осевого компрессора. Потери в ступени, коэффициент полезного действия ступени.	
4	Многоступенчатое и многопоточное сжатие	4	Схемы многопоточного и многоступенчатого сжатия.	Согласование и взаимное влияние ступеней. Выбор проточной части многоступенчатых компрессоров. Охлаждение газа (пара) при сжатии. Коэффициенты полезного действия турбокомпрессора и турбокомпрессорного агрегата в целом. Характеристики турбокомпрессоров. Методы изменения характеристик турбокомпрессоров.	ПК-2, ПК-5
5	Нестационарные процессы в турбокомпрессорах	2	Неустойчивые режимы работы ступеней турбокомпрессора.	Развитие неустойчивых режимов в турбокомпрессоре (вращающийся срыв, помпаж). Защита турбокомпрессоров от неустойчивых режимов	ПК-1
6	Термогазодинамический расчет турбокомпрессоров	4	Общие сведения о расчете турбокомпрессоров	Условия подобия турбомашин. Методы расчета осевых и центробежных компрессоров.	ПК-2
7	Радиальные турбодетандеры	4	Радиальные турбодетандеры	Потери холода в радиальном турбодетандере и коэффициент полезного действия турбодетандера. Кинематика потока в ступени детандера. Направляющий (сопловой) аппарат радиального детандера. Рабочее колесо радиального детандера (классификация, приведенная окружная скорость, степень реактивности, выбор основных конструктивных параметров). Выбор оптимальной величины радиального зазора между рабочим колесом и направляющим аппаратом детандера. Выбор оптимального значения относительной окружной скорости рабочего колеса детандера. Влияние степени расширения и массового расхода на число оборотов ротора детандера. Общая схема термогазодинамического расчета радиального детандера. Регулирование холодопроизводительности турбодетандеров.	ПК-1, ПК-2
8	Осевые расширительные машины	2	Понятие элементарной ступени осевого турбодетандера.	Типы направляющих аппаратов. Основные подходы при расчете и проектировании осевых турбодетандеров. Схемы проточной части осевых турбодетандеров.	ПК-2, ПК-5
9	Основы расчета на прочность элементов турбомашин	2	Расчет на прочность дисков рабочих колес турбомашин	Критическое число оборотов ротора (методы расчета, определение упругой линии ротора графически и методом численного интегрирования). Осевое усилие, действующее на ротор турбомашин (определение и методы уравнивания). Определение напряжений при резком изменении толщины диска, граничные условия, метод двух расчетов, диски с боковой нагрузкой.	ПК-2
10	Основные принципы проектирования и конструкции турбомашин	2	Принципы проектирования турбомашин.	Конструкции холодильных турбокомпрессоров и турбодетандеров, выполненных по специальным (индивидуальным) проектам. Унификация проточной части турбокомпрессоров и турбодетандеров. Конструкции холодильных турбомашин на базе унифицированных корпусов.	ПК-5

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 Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин».

Цель проведения практических занятий – освоение теоретического (лекционного) материала и выработка умений, связанных с конструированием холодильных турбомашин и выполнением прочностных расчетов их основных элементов.

Режим проведения практических занятий - 1 раз в 2 недели по 2 часа.

При проведении практических занятий студентам предлагается использование компьютерных технологий, в процессе тепловых расчётов осуществляется коллективное обсуждение и разбор рассматриваемых схем холодильных машин.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема семинара, практического занятия, лабораторного практикума	Формируемые компетенции
6	Термогазодинамический расчет турбокомпрессоров	9	Определение основных параметров проточной части холодильного турбокомпрессора.	ПК-1, ПК-2, ПК-5
9	Основы расчета на прочность элементов турбомашин	3	Расчет критического числа оборотов ротор.	ПК-1, ПК-2, ПК-5
10	Основные принципы проектирования и конструкции турбомашин.	6	Изучение конструкций холодильных центробежных компрессоров. Изучение конструкций радиальных турбодетандеров.	ПК-1, ПК-2, ПК-5

7. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин».

Цель проведения лабораторных занятий – освоение лекционного материала, касающегося методов регулирования производительности турбомашин, а также выработка студентами умений, связанных с экспериментальным определением характеристик турбокомпрессора и турбодетандера и навыков работы с контрольно-измерительными приборами, используемыми при проведении испытаний компрессорных и расширительных машин.

Режим проведения лабораторных занятий – 1 раз в неделю по 4 часа.

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории кафедры «Холодильная техника и технологии» (Б-118), с использованием действующих стендов, созданных на базе промышленных образцов холодильного оборудования:

- учебно-исследовательской установки, состоящей из центробежного компрессора ЦТК-56/31, всасывающей сети с аэродинамической трубой, наг-

нетательной сети, электродвигателя постоянного тока, мультипликатора, щита питания и управления, комплекта контрольно-измерительных приборов;

- учебно-исследовательской установки, состоящей из радиального детандера, редуктора, электрогенератора, входного и выходного трубопроводов с запорной арматурой, комплекта контрольно-измерительных приборов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Формируемые компетенции
1	Тема 4. Многоступенчатое и многопоточное сжатие	12	1. Экспериментальное определение характеристик центробежного компрессора. 2. Изменение характеристик турбокомпрессора дросселированием потока на всасывании 3. Изменение характеристик турбокомпрессора путем изменения частоты вращения ротора	ПК-1, ПК-2, ПК-5
2	Тема 7. Радиальные турбодетандеры	6	4. Экспериментальное определение характеристик радиального турбодетандера	ПК-1, ПК-2, ПК-5

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 Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин» не предусматривается.

9. КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Учебным планом направления подготовки 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») выполнение курсового проекта по дисциплине Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин» не предусматривается.

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» профиля «Техника и физика низких температур», по

предусмотренная учебным планом направления 14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» профиля «Техника и физика низких температур», по дисциплине Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин» составляет 72 часа. Распределение учебного времени по разделам дисциплины представлены ниже в таблице.

СРС включает следующие виды работ:

- Изучение лекционного и дополнительного теоретического материала;
- Подготовка к выполнению лабораторных работ;
- Подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;
- Оформление отчётов по лабораторным работам;

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Общие сведения о холодильных турбомашин	5	Проработка лекционного материала. Реферат.	ПК-1
2	Степень центробежного (радиального) компрессора	7	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Реферат.	ПК-1
3	Степень осевого компрессора	6	Проработка теоретического материала. Реферат.	ПК-2, ПК-5
4	Многоступенчатое и многопоточное сжатие	11	Проработка теоретического материала. Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов. Реферат.	ПК-2, ПК-5
5	Нестационарные процессы в турбокомпрессорах	5	Проработка лекционного материала. Реферат	ПК-1
6	Термогазодинамические расчет турбокомпрессоров	5	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Реферат.	ПК-2
7	Радиальные турбодетандеры	10	Проработка теоретического материала Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов. Реферат.	ПК-1, ПК-2
8	Осевые расширительные машин	5	Проработка теоретического материала. Реферат.	ПК-2, ПК-5
9	Основы расчета на прочность элементов турбомашин	10	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Реферат.	ПК-2
10	Основные принципы проектирования и конструкции турбомашин	8	Проработка лекционного и другого теоретического материала. Реферат.	ПК-5

10. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Турбохолодильные машин» предусматривается использование рейтинговой системы оценки знаний в соответствии с «Положением о балльно-

рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» (Утвержденного решением УМК Ученого совета ФГБОУ ВО «КНИТУ», протокол № 7 от 04.09.2017).

Максимальное количество баллов за семестр составляет 100 баллов и входят в семестровую составляющую, которые распределяются по возможности равномерно по всему семестру. Общая оценка по дисциплине по четырехбалльной системе выставляется в соответствии со следующей таблицей:

Процедура оценивания знаний в БРС

Вид работы	Количество работ	Максимальный балл	Освоен пороговый уровень компетенций	Освоен продвинутый уровень компетенций	Освоен превосходный уровень компетенций
<i>Текущий контроль</i>					
Практические работы	3	35	21-26	26-30	30-35
Лабораторные работы	4	25	14-17	17-21	21-25
Реферат	10	40	25-30	31-35	36-40
Зачет с оценкой		100	60 - 73	74 - 86	87 - 100

Интервал баллов рейтинга	Оценка
$0 < R < 60$	«Неудовлетворительно» (2)
$60 \leq R < 73$	«Удовлетворительно» (3)
$74 \leq R < 86$	«Хорошо» (4)
$87 \leq R \leq 100$	«Отлично» (5)

***11. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ
УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ
ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ***

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

12. ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

12.1 Основная литература

При изучении дисциплины «Холодильные турбомашин» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экземпляров
1. Холодильные машины: Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» / А.В. Бараненко, Н.Н. Бухарин, В.И. Пекарев и др.; Под общ. ред. Л.С. Тимофеевского. – СПб.: Политехника, 1997. – 992 с.	79 в УНИЦ КНИТУ
2. Мифтахов А. А. Основы проектирования холодильных турбоагрегатов: учеб. пособие / Каз. хим.-технол. ин-т.— Казань, 1993. — 64 с.	24 в УНИЦ КНИТУ
3. Хисамеев И.Г. Проектирование и эксплуатация промышленных центробежных компрессоров / Казан. гос. технол. ун-т .— Казань, 2010 .— 672 с. : ил. — Библиогр.: с.658-666	96 в УНИЦ КНИТУ
4. Технологические процессы с центробежными компрессорами / Я.З. Гузельбаев, И.Г. Хисамеев .— Казань : ФЭН, 2014 .— 592 с. : ил. — Библиогр.: с.573-589	23 в УНИЦ КНИТУ
5. Хисамеев И.Г. Основы проектирования газовых холодильных машин[Учебники]: учеб. пособие / Казан.гос.технол. ун-т. – Казань, 2002. – 58 с.	31 в УНИЦ КНИТУ 15 в архиве кафедры
6. Сегаль А. В. Технология производства центробежных и винтовых компрессорных и холодильных машин / АН РТ.— Казань: ФЭН, 2004. — 212 с.	20 в УНИЦ КНИТУ
7. Расчет дисков турбомашин на прочность [Электронный ресурс]: метод. указ. / Казан. гос. технол. ун-т; И. С. Беженцев, А. С. Приданцев, А. Г. Сайфетдинов. — Казань: КНИТУ, 2006 .— 24 с.	<URL:http://ft.kstu.ru/ft/rdtr.pdf>.
8. Мифтахов А.А., Зыков В.И. Входные и выходные устройства центробежных компрессоров: Учебное пособие / Под общ. ред. А.А. Мифтахова. – Казань: ФЭН, 1996. – 198 с.	85
9. Шнепп В.Б. Конструкция и расчет центробежных компрессорных машин. – М.: Машиностроение, 1995. – 240 с.	165

12.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации при изучении дисциплины «Холодильные турбомашин» рекомендуется использовать следующую литературу (см. таблицу).

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Теория и расчет турбокомпрессоров: Учебное пособие для	141

студентов ВУЗов машиностроительных специальностей / Под общ. ред. К.П. Селезнева. – Л.: Машиностроение, 1986. – 392 с.	
2. Чистяков Ф. М. Холодильные турбоагрегаты. – М.: Машиностроение, 1967. – 288 с.	19
3. Епифанова В. И. Компрессорные и расширительные турбомашины радиального типа. – М.: Машиностроение, 1984. – 376 с.	127
4. Холодильные машины: Учебник / Под ред. И.А. Сакуна. – Л.: Машиностроение, 1985. – 510 с.	96
5. Рис В. Ф. Центробежные компрессорные машины. – Л.: Машиностроение, 1981. – 351 с.	242
6. Ден Г. Н. Проектирование проточной части центробежных компрессоров. – Л.: Машиностроение, 1980. – 232 с.	149
7. Хакимов Э. А. Расчет цикла воздушной холодильной машины и цикла сжижения воздуха [Электронный ресурс]: метод. указания / Казан. нац. исслед. технол. ун-т ; Э.А. Хакимов, И.И. Шарапов, В.В. Акшинская. — Казань : КНИТУ, 2012. — 23 с. —	Электронная библиотека УНИЦ <URL: http://ft.kstu.ru/ft/khakimov-raschet.pdf >.
8. Старостин А. П. Воздушные турбохолодильные машины. — М.: Франтера, 2003. — 261 с.	8
9. Селезнев К.П., Галеркин Ю. Б. Центробежные компрессорные машины. – Л.: Машиностроение, 1982. – 270с	74
10. Ден Г. Н. Механика потока в центробежных компрессорах. – Л.: Машиностроение, 1973. – 272 с.	26
11. Галеркин Ю.Б. Рекстин Ф. С. Методы исследования центробежных компрессорных машин. – Л.: Машиностроение, 1969. – 303 с.	3 экз. в УНИЦ КНИТУ 5 экз. в архиве кафедры
12. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин: Учебн. пособие для студ. вузов ... / Под общ. ред. И. А. Сакуна. Л.: Машиностроение, 1987. – 423 с.	12
13. Холодильные компрессоры: Справочник. М.: Легкая и пищевая. пром-сть, 1981. – 280 с.	105
14. Газодинамика. Компрессорные и расширительные машины: Метод. указания / Сост.: А. А. Никитин, С. В. Визгалов. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т., 2004. – 44 с.	10
15. Экспериментальное определение характеристик радиального турбодетандера: Метод. указания / Сост.: А. А. Никитин. – Казань: Казан. гос. технол. ун-т., 2002. – 22 с.	20
16. Расчет критического числа оборотов ротора: Метод. указания / Сост.: И. С. Беженцев, А. С. Приданцев. – Казань: Казан. хим. - технол. ин -т., 1985. – 24 с.	5 в УНИЦ КНИТУ, 5 в архиве кафедры
17. Баренбойм А.Б., Шлифштейн А.И. Газодинамический расчет холодильных центробежных компрессоров. – М.: Машиностроение, 1980. – 152 с.	15
18. Баренбойм А.Б. Малорасходные фреоновые	17

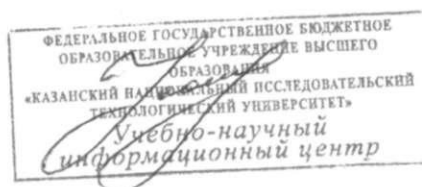
турбокомпрессоры. – М.: Машиностроение, 1974. – 224 с.	
19. Бухарин Н.Н. Моделирование характеристик центробежных компрессоров. – Л.: Машиностроение, 1983. – 214 с.	3
20. Расчет и конструирование турбодетандеров /А.В. Давыдов, А.Ш. Кобулашвили, А.Н. Шерстюк. - М.: Машиностроение, 1987. – 232 с.	3 в УНИЦ КНИТУ 15 в архиве кафедры
21. Раер Г.А. Динамика и прочность центробежных компрессорных машин. – Л.: Машиностроение, 1968. – 258 с.	31
22. Мифтахов А.А. Аэродинамика выходных устройств турбокомпрессоров. – М.: Машиностроение, 1999. – 360 с.	11
23. Лившиц С.П. Аэродинамика центробежных компрессорных машин. М.-Л.: Машиностроение, 1966. – 340 с.	8
24. Центробежные компрессорные машины: Учебное пособие для студ. машиностроительных вузов и фак. / Под ред. Ф.М. Чистякова. –М.: Машиностроение, 1969. – 327 с	148
25. Холодильные машины: Учебник / Под ред. Н.Н. Кошкина. – М.: Пищ. пром-сть., 1973. – 512 с.	94
26. Мисарек Д. Турбокомпрессоры. М.: Машиностроение, 1968. – 235 с.	25

12.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Холодильные турбомашин» рекомендовано использование следующих электронных источников информации:

- Электронные каталоги: УНИЦ (<http://ruslan.kstu.ru/>)
- ЭБС «ЮРАЙТ». (<http://www.biblio-online.ru/>)
- Прикладной пакет для построения и расчёта циклов холодильных машин Refrigeration Utilities. <http://www.en.ipu.dk/Indhold/refrigeration-and-energy-technology/coolpack.aspx>
- Интернет-портал холодильной отрасли REFRIGERATION PORTAL <http://refportal.com/>
- 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, www.krioprom.ru.

Согласовано:
Зав. сектором ОКУФ



ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин» 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) разработанные кафедрой ХТТ программы, применяемые при выполнении расчётных работ для объёмных и центробежных компрессоров.
- в) специализированное ПО *Refrigeration Utilities*.

3. Лабораторные занятия:

- а) Лабораторные установки для проведения лабораторных работ в лаборатории кафедры «Холодильная техника и технологии»;
- б) оборудование для измерения и контроля текущих параметров.

4. 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.

14. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Учебным планом не предусмотрено проведение занятий в интерактивной форме.

В рамках изучения дисциплины Б1.В.ОД.13 «Холодильные турбомашин» возможно применение следующих современных образовательных технологий:

- информационные технологии (выполнение графической части проекта работа с применением программного продукта «КОПМАС»;
- оформление пояснительной записки с использованием *Microsoft Office*;
- выполнение расчётных работ с применением специализированного ПО *Refrigeration Utilities* и программ, разработанных каф. ХТТ.