

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.А. Небольсин
«30» августа 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

«Холодильные машины и установки»

Направление подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Профиль Техника и физика низких температур

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2017

Автор программы

 /О.В. Калядин/

Заведующий кафедрой
Физики твердого тела

 /Ю.Е. Калинин/

Руководитель ОПОП

 /О.В. Калядин/

Воронеж 2017

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

подготовка будущих бакалавров к решению основных задач профессиональной деятельности в области холодильной техники. Формирование знаний конструкций и принципов работы холодильных машин и установок, понимания особенностей способов охлаждения, умений проводить расчеты энергетических характеристик.

1.2. Задачи освоения дисциплины

ознакомить студентов с основными применениями искусственного холода в различных областях промышленности, транспорта и торговли;

обеспечить приобретение студентами теоретических и практических знаний в области конструирования и использования холодильных машин и установок;

научить студентов правильному выбору схем, оборудования, подбору аппаратов холодильной техники;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Холодильные машины и установки» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Холодильные машины и установки» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-4 - способностью разрабатывать проекты узлов аппаратов с учетом сформулированных к ним требований, использовать в разработке технических проектов новые информационные технологии

ПКВ-3 - готовностью выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области низкотемпературной 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

ПКВ-6 - способностью использовать полученные специализированные знания для проектирования, создания и эксплуатации разнообразных установок низкотемпературной техники

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав холодильных машин и установок
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов ап-

	паратов холодильных машин и установок с учетом сформулированных к ним требований
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов холодильных машин и установок
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в холодильных машинах и установках
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке холодильных машин и установок
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке холодильных машин и установок
ПКВ-6	Знать теоретические и реальные циклы паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок
	Уметь использовать знания теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации
	Владеть навыками использования знаний теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основных схем холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Холодильные машины и установки» составляет 7 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
Аудиторные занятия (всего)	180	90	90
В том числе:			
Лекции	72	36	36
Практические занятия (ПЗ)	72	36	36
Лабораторные работы (ЛР)	36	18	18

Самостоятельная работа	36	18	18
Курсовой проект	+		+
Часы на контроль	36	-	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	252	108	144
зач.ед.	7	3	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Теоретические основы работы холодильных машин	Реализация процесса охлаждения и обратные циклы. Понятие холодильной машины. Термодинамические процессы и обратные циклы. Виды обратных циклов. Холодильный коэффициент. Отопительный коэффициент. Источники необратимых потерь и их влияние на работу холодильных машин. Необратимые потери обратных циклов. Сочетания внутренне и внешне обратимых процессов. Принцип и уравнение Гюи – Стодола. Цикл-образец. Коэффициент обратимости. Хладагенты и их смеси. Рабочие вещества холодильных машин. Классификация и условные обозначения. Термодинамические, теплофизические, физик-химические и физиологические свойства хладагентов. Выбор рабочих веществ и их влияние на показатели холодильных машин.	6	6	4,5	3	19,5
2	Одноступенчатые и двухступенчатые паровые компрессорные холодильные машины. Действительные циклы.	Реальные циклы одноступенчатых машин. Определение основных параметров нерегенеративного и регенеративного циклов (температура конденсации, кипения, перегрева, переохлаждения, давление конденсации, кипения, всасывания, нагнетания). Построение циклов в T-S диаграмме. Оценка влияния потерь на основные энергетические характеристики машины. Расчет холодильного коэффициента. Реальные циклы двухступенчатых и каскадных холодильных машин. Холодильные машины с промежуточными сосудами. Действительная холодильная машина с теплообменниками. Двухступенчатая холодильная машина с одним винтовым компрессором (схема с «экономайзером»). Двухступенчатая холодильная машина с двумя испарителями. Принцип действия, схемы, циклы в T-S диаграмме, основы	6	6	4,5	3	19,5

		расчета. Каскадные холодильные паровые машины.					
3	Основное и вспомогательное оборудование холодильных машин.	Компрессоры холодильных машин, особенности компрессоров объемного и динамического принципа действия. Поршневые компрессоры. Принцип действия, схемы. Особенности конструкции. Классификация поршневых компрессоров. Управление работой поршневых компрессоров. Мембранные и ротационные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции. Винтовые и спиральные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции. Теплопередача в теплообменных аппаратах холодильных машин. Конденсаторы с воздушным охлаждением. Классификация, принцип действия, особенности конструкции. Конденсаторы с водяным охлаждением. Классификация, принцип действия, особенности конструкции. Водо-воздушные конденсаторы. Классификация, принцип действия, особенности конструкции. Испарители холодильных машин, назначение, разновидности. Испарители для охлаждения жидких теплоносителей. Принцип действия, особенности конструкции. Испарители для охлаждения воздуха. Воздухоохладители. Принцип действия, особенности конструкции. Регуляторы подачи жидкого хладагента. Капиллярные трубки. Терморегулирующие вентили с внутренним уравниванием. Принцип действия, особенности конструкции. Терморегулирующие вентили с внешним уравниванием, необходимость применения. Принцип действия, особенности конструкции.	8	8		4	20
4	Влияние примесей к хладагенту на работу холодильной машины	Примеси к хладагенту и их влияние на работу парокомпрессорных холодильных машин. Влияние смазочного масла. Маслоотделители и маслосборатели. Способы организации циркуляции масла в системе. Влияние воды и воздуха. Источники попадания влаги и воздуха в систему. Фильтры-осушители. Воздухоотделители. Влияние механических загрязнений. Фильтры.	4	4	4,5	2	14,5
5	Классификация холодильных установок. Основные понятия и характеристики. Режимы работы	Понятие о непрерывной холодильной цепи. Подходы к классификации холодильных установок. Определение и примеры типов холодильников. Температурный и влажностный режимы холодильных установок. Классификация холодильных установок в зависимости от характера технологического процесса. Равновесная температура. Равновесная относительная влажность воздуха в охлаждаемом помещении. Саморегулирование. Подходы к регулированию режимов.	4	4		2	10
6	Изоляция охлаждаемых помеще-	Тепловая изоляция охлаждаемых	8	8	4,5	4	24,5

	ний	помещений. Влияние изоляции на температуру внутренней поверхности охлаждаемых помещений. Требования к теплоизолирующим материалам. Классификация теплоизоляционных материалов. Материалы естественного и искусственного происхождения, органические и неорганические. Эффективность теплоизоляции. Примеры теплоизоляционных материалов. Паро и гидроизоляционные материалы. Увлажнение теплоизоляционных материалов в ограждениях. Необходимость гидро и пароизоляции. Требования к паро и гидроизоляционным материалам. Их классификация. Примеры. Теплоустойчивость ограждений. Нестационарность теплового потока через ограждения. Понятие теплоустойчивости. Коэффициент теплоусвоения. Массивность ограждений. Теплоизоляционные конструкции ограждений. Требования к теплоизоляционным конструкциям. Особенности определения толщины теплоизоляционного слоя. Примеры одноэтажных и многоэтажных конструкций холодильников					
7	Расчет теплопритоков в охлаждаемые помещения	Теплопритоки в охлаждаемое помещение. Основные понятия. Расчетный период. Расчетная тепловая нагрузка. Особенности определения нагрузки «на оборудование» и «на компрессор». Теплопритоки через ограждения охлаждаемых помещений и от хранимых грузов. Расчет теплопритока от окружающей среды через внешние ограждения. Учет разницы температур и солнечной радиации. Особенности расчета теплопритока через пол, перекрытия и внутренние перегородки. Расчет теплопритока от грузов. Виды холодильной обработки. Особенности расчета теплопритока от охлаждаемых продуктов и тары. Эксплуатационные теплопритоки и теплоприток от вентиляции. Понятие вентиляции охлаждаемых помещений. Ее необходимость и особенности расчета притока теплоты с наружным воздухом при ее организации. Эксплуатационные теплопритоки. Теплопритоки от освещения, электродвигателей, персонала и открывания дверей. Итоговый расчет теплопритоков. Особенности оценочного расчета теплопритоков с использованием укрупненных показателей.	6	6		3	15
8	Способы охлаждения помещений и аппаратов	Способы охлаждения помещений. Понятие охлаждающих приборов. Непосредственное и косвенное охлаждение. Сравнительный анализ. Хладоносители. Контактное и бесконтактное охлаждение. Промежуточная среда. Подвижная промежуточная среда. Классификация си-	6	6	4,5	3	19,5

		стем бесконтактного охлаждения. Батарейное охлаждение. Понятие о батарейной, воздушной и смешанной системах охлаждения. Сравнительный анализ и области применения. Системы батарейного охлаждения. Холодильники с теплозащитной рубашкой. Системы воздушного охлаждения помещений. Канальная, бесканальная и одноканальная системы. Воздухоохладители. Системы с последовательно-спутным воздухораспределением.					
9	Схемы холодильных установок	Схемы холодильных установок. Требования к ним. Схема узла одноступенчатых компрессоров на несколько температур кипения. Схема узла конденсатора и линейного ресивера. Схема узла компрессоров двухступенчатого сжатия. Схемы «экономайзер» включения винтового компрессора. Схема включения центробежного компрессора с двухступенчатым дроселированием. Схемы узла подачи хладагента в испарительную систему. Схема безнасосной подачи хладагента за счет разности давлений, создаваемой столбом жидкости, дополненная системой оттайки. Схема оттаивания одноиспарительных систем методом «на проход». Схема автоматизированного узла подачи хладагента под действием разности давлений конденсации и кипения. Схемы холодильных установок с вертикальными защитными ресиверами. Схемы удаления жидкости из дренажного ресивера. Насосные схемы с верхней и нижней подачей. Схема компаундной холодильной установки с одним промежуточным давлением. Схемы трубопроводов для жидких хладоносителей. Схемы охлаждения хладоносителем с открытыми охлаждающими приборами и испарителем открытого и закрытого типов. Схемы охлаждения хладоносителем с охлаждающими приборами закрытого типа и испарителем открытого и закрытого типов. Схема оттаивания рассольных батарей	8	8	9	4	29
10	Газовые холодильные машины.	Газовые холодильные машины с детандером. Классификация газовых холодильных машин. Теоретический цикл ГХМ с детандером. Теоретические циклы регенеративных газовых холодильных машин с детандером. Воздушные холодильные машины. Разомкнутые циклы газовых холодильных машин. Цикл с тепломассообменом. Разомкнутый вакуумный цикл. Конструкции воздушных холодильных машин. особенности работы на влажном воздухе. Газовые холодильные машины с вихревой трубой. Понятие вихре-	6	6		3	15

		вой трубы. Прямоточная и противоточная схема. Принцип действия регенеративной холодильной машины с вихревой трубой. Конструкции. Основные положения расчета вихревых труб.					
11	Теплоиспользующие холодильные машины.	Пароэжекторные холодильные машины. Типы теплоиспользующих холодильных машин. Пароэжекторные холодильные машины. Принцип действия и теоретический процесс работы ПЭХМ. Схема машины и цикл в T-S диаграмме. Тепловой баланс. Машины с поверхностными конденсаторами. Абсорбционные холодильные машины для положительных температур. Общая характеристика и принцип действия абсорбционных холодильных машин. Типы АХМ. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с одноступенчатой генерацией пара рабочего вещества. Схема и теоретический цикл. Абсорбционные холодильные машины для отрицательных температур. Водоаммиачные холодильные машины. Простейшая абсорбционная водоаммиачная холодильная машина. Абсорбционная машина с регенеративным теплообменником. Построение процессов в i-ξ диаграмме. Влияние соиспаряемости абсорбента и хладагента на работу абсорбционной холодильной машины. Водоаммиачные абсорбционные холодильные машины с теплообменником растворов и ректификацией пара после генератора. Использование водяного дефлегматора. Схемы ректификации пара. Абсорбционные безнасосные холодильные машины непрерывного и периодического действия. Бромистолитиевая холодильная машина для автономных круглогодичных кондиционеров. Водоаммиачная безнасосная холодильная машина с инертным газом. Абсорбционные безнасосные машины переиодического действия.	6	6		3	15
12	Холодильный транспорт	Наземный холодильный транспорт. Общая классификация холодильного транспорта. Изотермическое транспортное средство. Охлаждаемое транспортное средство с безмашинным и машинным охлаждением. Отапливаемое транспортное средство. Железнодорожный и автомобильный транспорт. Водный и воздушный холодильный транспорт, холодильные контейнеры. Добывающие, обрабатывающие и приемно-транспортные холодильные суда. судовые холодильные установки. Воздушный холодильный транспорт. Изотермические, охлаждаемые холодильной машиной и холодильными веществами контейнеры. Особенности конструкции,	4	4	4,5	2	14,5

		применение.					
Итого			72	72	36	36	216

5.2 Перечень лабораторных работ

- Изучение свойств теплоизоляционных материалов;
- Изучение непосредственного и косвенного бесконтактного охлаждения;
- Расчет свойств рабочих веществ холодильных машин с помощью пакета прикладных программ Coolpack 1.46;
- Построение одно и двухступенчатых циклов парокомпрессорных холодильных машин в программном пакете Coolpack 1.46 и расчет их энергетических характеристик;
- Подготовка к запуску, запуск и эксплуатация холодильной установки RPS 4000 (модель «провизионные кладовые»)
- Влияние примесей к хладагенту на работу холодильной установки провизионных кладовых RPS 4000. Техническое обслуживание;
- Подготовка к запуску, запуск и основы эксплуатации судовой холодильной установки для создания и длительного поддержания температурного режима в трюмах и твиндеках, а также для получения водного льда;
- Подготовка к запуску, запуск и основы эксплуатации производственной холодильной установки для замораживания влагосодержащих продуктов.

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Тепловой расчет и подбор оборудования промышленной холодильной камеры»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- анализ литературы по теме курсового проекта;
- теплотехнический расчет изоляции ограждений (выбор тепло- и пароизоляционных материалов, определение толщин изоляционных слоев);
- определение размеров камеры с учетом изоляционных конструкций;
- тепловой расчет камер холодильника (оценка теплопритоков от разных источников, сводный расчет теплопритоков, определение расчетных нагрузок);
- выбор типа холодильной машины и разработка ее схемы;
- построение циклов отдельных ступеней холодильной машины в T-S или i-p диаграммах и определение их основных параметров;
- расчет требуемого расхода хладагента и подбор компрессора;
- расчет и подбор основного оборудования холодильной машины (расчет и обоснованный, индивидуальный выбор конденсатора и испарителя).

Курсовой проект включают в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав холодильных машин и установок	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов аппаратов холодильных машин и установок с учетом сформулированных к ним требований	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов холодильных машин и установок	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в холодильных машинах и установках	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке холодильных машин и установок	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке холодильных машин и установок	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПКВ-6	Знать теоретические и реальные циклы паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок	Активная работа на практических занятиях	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь использовать знания теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть навыками использования знаний теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных	Решение прикладных задач в конкретной	Выполнение работ в срок, предусмотренный	Невыполнение работ в срок, предусмотренный

	машин, а также основных схем холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации	предметной области	в рабочих программах	в рабочих программах
--	---	--------------------	----------------------	----------------------

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6, 7 семестре для очной формы обучения по двух/четырёхбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов аппаратов холодильных машин и установок с учетом сформулированных к ним требований	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в холодильных машинах и установках	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
ПКВ-6	Знать теоретические и реальные циклы паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Уметь использовать знания теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов
	Владеть навыками использования знаний теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основных схем холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации	Тест	Выполнение теста на 60-100%	В тесте менее 60% правильных ответов

	платации			
--	----------	--	--	--

или

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-4	Знать устройство, принцип действия, а также методики расчета узлов и аппаратов, входящих в состав холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь разрабатывать с использованием новых информационных технологий проекты узлов аппаратов холодильных машин и установок с учетом сформулированных к ним требований	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками разработки, в том числе с использованием новых информационных технологий, технических проектов узлов аппаратов холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПКВ-3	Знать теплофизические, математические и компьютерные модели, обладающие высокой степенью адекватности реальным процессам, протекающим в холодильных машинах и установках	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи при разработке холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками выполнения расчетно-экспериментальных работ и решения научно-технических задач при разработке холодильных машин и установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
ПКВ-6	Знать теоретические и реальные циклы паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Уметь использовать знания теоретических и реальных циклов паровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основные схемы холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации	Тест	Выполнение теста на 85-100%	Выполнение теста на 70-85%	Выполнение теста на 50-70%	В тесте менее 50% правильных ответов
	Владеть навыками использования знаний теоретических и реальных циклов па-	Тест	Выполнение теста на	Выполнение теста на	Выполнение теста на	В тесте менее 50%

	ровых, газовых и теплоиспользующих холодильных машин, а также основных схем холодильных установок при их проектировании, создании и эксплуатации		85-100%	70-85%	50-70%	правильных ответов
--	--	--	---------	--------	--------	--------------------

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач
(минимум 10 вопросов для тестирования с вариантами ответов)

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Реализация процесса охлаждения и обратные циклы. Понятие холодильной машины. Термодинамические процессы и обратные циклы. Виды обратных циклов. Холодильный коэффициент. Отопительный коэффициент.

2. Источники необратимых потерь и их влияние на работу холодильных машин. Необратимые потери обратных циклов. Сочетания внутренне и внешне обратимых процессов. Принцип и уравнение Гюи – Стодолы. Цикл-образец. Коэффициент обратимости.

3. Хладагенты и их смеси. Рабочие вещества холодильных машин. Классификация и условные обозначения.

4. Термодинамические, теплофизические, физикохимические и физиологические свойства хладагентов. Выбор рабочих веществ и их влияние на показатели холодильных машин.

5. Одноступенчатая паровая компрессорная холодильная машина. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет основных характеристик.

6. Одноступенчатая паровая компрессорная холодильная машина с регенеративным теплообменником. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет основных характеристик.

7. Действительный цикл двухступенчатой холодильной машины с однократным дросселированием и полным промежуточным охлаждением. Расчет.

8. Действительный цикл двухступенчатой холодильной машины с двукратным дросселированием и полным промежуточным охлаждением. Расчет.

9. Двухступенчатая холодильная машина с теплообменниками. Принципиальная схема и действительный цикл. Расчет.

10. Действительная двухступенчатая холодильная машина с одноступенчатым винтовым компрессором. Принципиальная схема и обратный цикл. Расчет.

11. Действительный цикл и принципиальная схема двухступенчатой холодильной машины с двумя испарителями. Принципиальная схема и об-

ратный цикл. Расчет.

12. Действительный цикл и принципиальная схема каскадной холодильной машины. Расчет основных параметров. Области применения каскадных и двухступенчатых холодильных машин.

13. Основное и вспомогательное оборудование холодильных машин. Компрессоры холодильных машин, особенности компрессоров объемного и динамического принципа действия. Поршневые компрессоры. Принцип действия, схемы. Особенности конструкции.

14. Классификация поршневых компрессоров.

15. Управление работой поршневых компрессоров.

16. Мембранные и ротационные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции.

17. Винтовые и спиральные компрессоры. Принцип действия, особенности конструкции.

18. Теплопередача в теплообменных аппаратах холодильных машин. Конденсаторы с воздушным охлаждением. Классификация, принцип действия, особенности конструкции.

19. Конденсаторы с водяным охлаждением. Классификация, принцип действия, особенности конструкции.

20. Водно-воздушные конденсаторы. Классификация, принцип действия, особенности конструкции.

21. Испарители холодильных машин, назначение, разновидности. Испарители для охлаждения жидких теплоносителей. Принцип действия, особенности конструкции.

22. Испарители для охлаждения воздуха. Воздухоохладители. Принцип действия, особенности конструкции.

23. Регуляторы подачи жидкого хладагента. Капиллярные трубки. Терморегулирующие вентили с внутренним уравниванием. Принцип действия, особенности конструкции.

24. Терморегулирующие вентили с внешним уравниванием, необходимость применения. Принцип действия, особенности конструкции.

25. Влияние наличия воды в хладагенте на работу холодильной установки. Источники появления влаги. Меры, предпринимаемые для недопущения попадания влаги при монтаже и удаления ее при эксплуатации установки.

26. Влияние смазочного масла на работу холодильной установки. Маслоотделители и маслосборатели. Способы организации циркуляции масла по системе.

27. Влияние наличия воздуха в хладагенте на работу холодильной установки. Источники появления воздуха. Особенности удаления воздуха из системы. Воздухоотделители.

28. Влияние наличия механических загрязнений на работу холодильной установки. Источники появления. Фильтры.

29. Типы холодильников и их особенности.

30. Влияние изоляции на температуру внутренней поверхности охла-

ждаемых помещений.

31. Требования к теплоизоляционным материалам.
32. Классификация теплоизоляционных материалов. Высокоэффективные материалы.
33. Классификация теплоизоляционных материалов. Эффективные материалы. Материалы средней и низкой эффективности.
34. Увлажнение изоляционных материалов в ограждениях. Требования к паро-гидроизоляционным материалам и их классификация.
35. Требования к теплоизоляционным конструкциям. Расчет толщины теплоизоляционного слоя.
36. Понятие о теплоустойчивости ограждений.
37. Теплоизоляционные конструкции ограждений отдельно стоящих холодильных камер.
38. Теплоизоляционные конструкции ограждений промышленных холодильников.
39. Расчет теплопритоков в охлаждаемые помещения. Основные понятия. Нагрузка «на оборудование» и «на компрессор».
40. Расчет теплопритока от окружающей среды. Учет разницы температур и солнечной радиации.
41. Расчет теплопритока от грузов. Расчет теплопритока при вентиляции. Эксплуатационные теплопритоки. Итоговый расчет теплопритоков.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Способы охлаждения. Непосредственное и косвенное охлаждение. Сравнительный анализ.
2. Контактное и бесконтактное охлаждение. Понятие о батарейной, воздушной и смешанной системах охлаждения.
3. Системы батарейного охлаждения помещений. Холодильники с теплозащитной рубашкой.
4. Системы воздушного охлаждения помещений.
5. Схемы холодильных установок. Требования к ним. Схема узла одноступенчатых компрессоров на несколько температур кипения. Схема узла конденсатора и линейного ресивера.
6. Схема узла компрессоров двухступенчатого сжатия.
7. Схемы «экономайзер» включения винтового компрессора.
8. Схема включения центробежного компрессора с двухступенчатым дросселированием.
9. Схемы узла подачи хладагента в испарительную систему.
10. Схема безнасосной подачи хладагента за счет разности давлений, создаваемой столбом жидкости, дополненная системой оттайки.
11. Схема оттаивания одноиспарительных систем методом «на проход».
12. Схема автоматизированного узла подачи хладагента под действием разности давлений конденсации и кипения.
13. Схемы холодильных установок с вертикальными защитными ресиверами. Схемы удаления жидкости из дренажного ресивера.

14. Насосные схемы с верхней и нижней подачей.
15. Схема компаундной холодильной установки с одним промежуточным давлением.
16. Схемы трубопроводов для жидких хладоносителей. Схемы охлаждения хладоносителем с открытыми охлаждающими приборами и испарителем открытого и закрытого типов.
17. Схемы охлаждения хладоносителем с охлаждающими приборами закрытого типа и испарителем открытого и закрытого типов. Схема оттаивания рассольных батарей.
18. Классификация газовых холодильных машин (ГХМ). Теоретический цикл ГХМ с детандером. Расчет основных характеристик.
19. Теоретические циклы регенеративных газовых холодильных машин с детандером. Расчет основных характеристик.
20. Действительный цикл ГХМ с детандером. Расчет основных характеристик.
21. Принципиальные схемы и разомкнутые циклы воздушных холодильных машин.
22. Газовые холодильные машины с вихревой трубой.
23. Типы теплоиспользующих холодильных машин. Пароэжекторные холодильные машины. Принцип действия и теоретический процесс работы ПЭХМ.
24. Пароэжекторные холодильные машины с поверхностными и барометрическими смешивающими конденсаторами.
25. Абсорбционные холодильные машины: общая характеристика и принцип действия. Типы АХМ.
26. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с одноступенчатой генерацией пара рабочего вещества, совмещенным и отдельным тепломассопереносом в абсорбере.
27. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества и параллельным движением раствора через ступени генератора.
28. Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины с двухступенчатой генерацией пара рабочего вещества и последовательным движением раствора через ступени генератора.
29. Достоинства и недостатки абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин. Перспективы их применения на АЭС, сравнение эффективности с компрессорными и пароэжекторными машинами.
30. Водоаммиачные абсорбционные холодильные машины. Простейшая абсорбционная ВАХМ. ВАХМ с регенеративным растворным теплообменником
31. Водоаммиачная абсорбционная холодильная машина с ректификатором и водяным дефлегматором. Схемы ректификации пара для водоаммиачных АХМ.
32. Абсорбционные безнасосные ХМ непрерывного действия. Бромистолитиевая машина.

33. Абсорбционные безнасосные ХМ непрерывного действия. Водоаммиачная машина.

34. Холодильный транспорт. Общая классификация наземного холодильного транспорта.

35. Железнодорожный холодильный транспорт.

36. Автомобильный холодильный транспорт.

37. Холодильные контейнеры.

38. Воздушный и водный холодильный транспорт

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит 10 вопросов, 5 стандартных задач и 5 прикладных задач. Каждый правильный ответ на вопрос в тесте оценивается 1 баллом, правильно решенная задача оценивается в 2 балла. Максимальное количество набранных баллов – 30.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 15 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 15 до 20 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 21 до 25 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 26 до 30 баллов.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Теоретические основы работы холодильных машин	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
2	Одноступенчатые и двухступенчатые паровые компрессорные холодильные машины. Действительные циклы.	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
3	Основное и вспомогательное оборудование холодильных машин.	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, устный опрос, экзамен
4	Влияние примесей к хладагенту на работу холодильной машины	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
5	Классификация холодильных установок. Основные понятия и характеристики. Режимы работы	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, устный опрос, экзамен
6	Изоляция охлаждаемых помещений	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос,

			экзамен
7	Расчет теплопритоков в охлаждаемые помещения	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, устный опрос, экзамен
8	Способы охлаждения помещений и аппаратов	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
9	Схемы холодильных установок	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен
10	Газовые холодильные машины.	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, устный опрос, экзамен
11	Теплоиспользующие холодильные машины.	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, устный опрос, экзамен
12	Холодильный транспорт	ПК-4, ПКВ-3, ПКВ -6	Тест, защита лабораторных работ, устный опрос, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Калядин О.В. Холодильные установки: учебное пособие, 2011
2. Бараненко А.В., Бухарин Н.Н., Пекарев В.И. и др. Холодильные машины: учебник для вузов, 2006
3. Дячек П.И. Холодильные машины и установки: учебное пособие, 2007
4. Калядин О.В. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники» для студентов направления 140700.62 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») очной формы обучения, 2015
5. Калядин О.В. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Теоретические основы холодильной техники» для студентов направления 140700.62 «Ядерная энергетика и теплофизика» (профиль «Техника и физика низких температур») очной формы обучения, 2015

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

- Пакет прикладных программ CoolPack 1.46
- SMath Studio
- Mathcad
- Advanced Grapher
- Microsoft Windows 10
- Apache OpenOffice
- Компьютерный сетевой лабораторный тренажер холодильной установки RPS 4000: модель «Провизионные кладовые», модель «Стационарная холодильная установка (рыбокомбинат)», модель «Кондиционер», модель «Морозильный комплекс», модель «Рефрижераторный транспорт», модель «Инструктор»
- <https://elibrary.ru>
- <https://cchgeu.ru>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

- Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой;
- учебная лаборатория холодильной техники, включающая: стенды для выполнения лабораторных работ; оборудование, инструменты, материалы необходимые для осуществления операции развития практических навыков; датчики для работы и проведения измерений; одноступенчатые парокомпрессионные холодильные машины;
- дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Холодильные машины и установки» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета холодильных машин и установок. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной

	литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.