



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Тепловые насосы

направление подготовки/специальность 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Энергообеспечение
предприятий

Форма обучения очная

1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями изучения дисциплины являются освоение студентом основных понятий, определений и методов расчета и проектирования, используемых при использовании в теплоснабжении тепловых насосов и теплонасосных установок: их видов, классификации, конструкции, эффективности использования и воздействия на окружающую среду.

Задачами освоения дисциплины являются передача студенту комплекса необходимых знаний по проектированию и эксплуатации отопительных систем устройств и установок, при помощи которых, в помещениях зданий могут быть созданы максимально благоприятные условия для человека, а также климатические условия необходимые для производственных процессов.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПКС-1 Способен к участию в сборе и анализе исходных данных для расчета и проектирования ОПД	ПКС-1.1 Участвует в сборе исходных данных для расчета и проектирования ОПД	знает принципы сбора исходных данных для расчета и проектирования теплонасосных установок умеет собирать исходные данные для расчета и проектирования теплонасосных установок владеет навыками сбора исходных данных для расчета и проектирования теплонасосных установок
ПКС-1 Способен к участию в сборе и анализе исходных данных для расчета и проектирования ОПД	ПКС-1.2 Участвует в анализе исходных данных для расчета и проектирования ОПД	знает средства и методы анализа исходных данных для расчета и проектирования теплонасосных установок умеет анализировать исходные данные для расчета и проектирования теплонасосных установок владеет навыками анализа данных для расчета и проектирования теплонасосных установок
ПКС-4 Способен к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	ПКС-4.1 Демонстрирует знание нормативов по проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	знает нормативные документы по проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по теплонасосным установкам умеет искать и пользоваться нормативными документами по проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по теплонасосным установкам владеет навыками поиска, анализа и применения нормативных документов по проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по теплонасосным установкам

ПКС-4 Способен к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	ПКС-4.2 Участвует в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных решений	знает принципы и процедуры проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по теплонасосным установкам умеет проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений по теплонасосным установкам владеет навыками предварительного технико-экономического обоснования проектных решений по теплонасосным установкам
---	--	---

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.ДВ.02.02 основной профессиональной образовательной программы 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
2	Техническая термодинамика	ОПК-2.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5

Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии

Знает нетрадиционные и возобновляемые источники энергии, методы расчета установок альтернативной энергетики, оценки их эффективности, принципы проектирования и эксплуатации

Техническая термодинамика

Знает фундаментальные законы термодинамики

Владеет навыками практического применения знаний теплотехнических законов, принципов работы теплообменников, двигателей внутреннего сгорания и другого оборудования

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Энергосбережение в теплотехнике и теплотехнологии	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2, ПКР-4.1, ПКР-4.2

2	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-2.1, УК-2.2, УК-3.1, УК-3.2, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-7.1, УК-7.2, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК-9.4, УК-9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК-10.3, ОПК- 1.1, ОПК-1.2, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-2.5, ОПК- 2.6, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК- 3.7, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-5.1, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК(Ц)-1.6, ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС -2.1, ПКС-2.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2, ПКС-5.1, ПКС- 5.2, ПКР-1.1, ПКР-1.2, ПКР-2.1, ПКР-2.2, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР- 4.1, ПКР-4.2
---	--	--

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			7
Контактная работа	64		64
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	32	0	32
Иная контактная работа, в том числе:	0,65		0,65
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
Часы на контроль	26,75		26,75
Самостоятельная работа (СР)	52,2		52,2
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)			
часы:	144		144
зачетные единицы:	4		4

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Теоретические основы, принципы действия и конструкция тепловых насосов										
1.1.	Введение	7	1					6	7	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
1.2.	Прямые и обратные циклы	7	1		2			6	9	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
1.3.	Свойства рабочих тел теплонасосной техники	7	2					6	8	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
2.	2 раздел. Типы тепловых насосов										
2.1.	Паровые компрессионные тепловые насосы	7	4		5			6,2	15,2	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
2.2.	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	7	2		4			4	10	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
2.3.	Абсорбционные тепловые насосы	7	2		4			4	10	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
3.	3 раздел. Типы трансформаторов теплоты										
3.1.	Струйные трансформаторы теплоты	7	1					2	3	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
3.2.	Вихревые трансформаторы теплоты	7	1					2	3	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
3.3.	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты	7	1					2	3	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	

3.4.	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты	7	2		3				2	7	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
4.	4 раздел. Паровые компрессионные теплонасосные установки										
4.1.	Паровые компрессионные теплонасосные установки	7	4						3	7	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
4.2.	Типы компрессоров	7	3		4				3	10	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
5.	5 раздел. Применение тепловых насосов в теплоснабжении жилых, общественных и промышленных зданий										
5.1.	Применение тепловых насосов в теплоснабжении	7	4		3				2	9	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
5.2.	Применение тепловых насосов в малой энергетике	7	2		3				2	7	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
5.3.	Применение теплонасосных установок в промышленности	7	2		4				2	8	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
6.	6 раздел. Иная контактная работа										
6.1.	Иная контактная работа	7								0,8	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2
7.	7 раздел. Контроль										
7.1.	Контроль	7								27	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Введение	Введение Актуальность использования нетрадиционных видов энергии в теплоснабжении. Актуальность утилизации вторичных источников энергии в мире и России. Место теплонасосных установок в проблеме энергосбережения и экономии органического топлива.
2	Прямые и обратные циклы	Прямые и обратные циклы

		Цикл Карно. Второе Начало термодинамики. Холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты. Классификация и схемы принципов повышения потенциала теплоты. Области использования трансформаторов теплоты. Холодильные и теплонасосные системы. Основные исторические этапы и перспективы развития техники трансформации теплоты.
3	Свойства рабочих тел теплонасосной техники	Свойства рабочих тел теплонасосной техники Назначение рабочих агентов, абсорбентов и хладоносителей. Классификация рабочих агентов и абсорбентов. Основные требования к их теплофизическим и техническим свойствам. Требования к экологической безопасности рабочих агентов. Характеристика наиболее распространенных холодильных агентов и абсорбентов. Правило нумерации фреонов. Зависимость их свойств от молекулярного состава. Характеристика наиболее распространенных рабочих тел газовых теплонасосных установок.
4	Паровые компрессионные тепловые насосы	Паровые компрессионные тепловые насосы Классификация, конструкция и области их применения. Удельные энергозатраты и КПД паровых компрессионных трансформаторов теплоты. Коэффициент трансформации теплоты компрессионных тепловых насосов. Методика расчета одноступенчатых паровых компрессионных трансформаторов теплоты
5	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты Особенности процессов газовых трансформаторов теплоты. Коэффициент трансформации теплоты газовых тепловых насосов.
6	Абсорбционные тепловые насосы	Абсорбционные тепловые насосы Принцип действия и основные схемы теплоты. Схемы и процессы работы реальных абсорбционных трансформаторов теплоты непрерывного действия. Удельный расход энергии, КПД абсорбционных термотрансформаторов
7	Струйные трансформаторы теплоты	Струйные трансформаторы теплоты Принцип действия струйных трансформаторов и их классификация. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора. Определение коэффициента инжекции и давления сжатия струйных компрессоров. Предельные режимы. Принципиальные схемы и КПД парожеторных холодильных установок. Характеристика струйных компрессоров
8	Вихревые трансформаторы теплоты	Вихревые трансформаторы теплоты Принципиальная схема и рабочий процесс. Характеристики вихревой трубы. Её расчет. Коэффициент трансформации вихревых тепловых насосов. Область применения
9	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты Физические основы термоэлектрического, термомагнитного и магнитного методов трансформации теплоты. Принципиальные схемы установок для получения низких температур. Удельный расход энергии и КПД установок
10	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты Методика их расчета и оптимальные условия работы. Энергетическая эффективность. Каскадные теплонасосные установки. Схема и принцип работы. Области использования
11	Паровые компрессионные теплонасосные	Паровые компрессионные теплонасосные установки Схемы одноступенчатых установок и области их применения.

	установки	Регенеративный теплообмен, его эффективность и целесообразность использования. Газовые компрессионные теплонасосные установки. Идеальные газовые циклы, основные отличия схем и процессов реальных газовых тепловых насосов от идеальных. Коэффициент трансформации теплоты газовых тепловых насосов
12	Типы компрессоров	Типы компрессоров Паровые поршневые компрессоры. Центробежные компрессоры, ротационные и винтовые компрессоры. Конструкция, условия эксплуатации, область применения, доступность на рынке
13	Применение тепловых насосов в теплоснабжении	Применение тепловых насосов в теплоснабжении Теплонасосные установки в системах централизованного теплоснабжения и в районах снабжения от ТЭЦ. Теплонасосные установки для индивидуального жилого строительства
14	Применение тепловых насосов в малой энергетике	Применение тепловых насосов в малой энергетике Схемы котельных с использованием теплонасосных установок. Использование геотермальной энергии
15	Применение теплонасосных установок в промышленности	Применение теплонасосных установок в промышленности Согласованное производство холода и теплоты. Утилизация теплоты холодильных установок пищевой промышленности. Технические процессы и схемы утилизации теплоты установок сжижения и замораживания газов и их энергетическая и техническая оценка. Применение теплонасосных установок в процессах сушки, дистилляции, варки, концентрирования и выпаривания

5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Прямые и обратные циклы	Прямые и обратные циклы Цикл Карно. Второе Начало термодинамики. Холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты
4	Паровые компрессионные тепловые насосы	Паровые компрессионные тепловые насосы Методика расчета одноступенчатых паровых компрессионных трансформаторов теплоты
5	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты Коэффициент трансформации теплоты газовых тепловых насосов
6	Абсорбционные тепловые насосы	Абсорбционные тепловые насосы Удельный расход энергии, КПД абсорбционных термотрансформаторов
10	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты Методика их расчета и оптимальные условия работы
12	Типы компрессоров	Типы компрессоров Конструкция, условия эксплуатации, область применения
13	Применение тепловых насосов в теплоснабжении	Применение тепловых насосов в теплоснабжении Теплонасосные установки для индивидуального жилого строительства
14	Применение тепловых насосов в малой энергетике	Применение тепловых насосов в малой энергетике Схемы котельных с использованием теплонасосных установок

15	Применение теплонасосных установок в промышленности	Применение теплонасосных установок в промышленности Технические процессы и схемы утилизации теплоты установок сжижения и замораживания газов и их энергетическая и техническая оценка
----	---	--

5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Введение	Введение Актуальность использования нетрадиционных видов энергии в теплоснабжении. Актуальность утилизации вторичных источников энергии в мире и России. Место теплонасосных установок в проблеме энергосбережения и экономии органического топлива.
2	Прямые и обратные циклы	Прямые и обратные циклы Цикл Карно. Второе Начало термодинамики. Холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты. Классификация и схемы принципов повышения потенциала теплоты. Области использования трансформаторов теплоты. Холодильные и теплонасосные системы. Основные исторические этапы и перспективы развития техники трансформации теплоты.
3	Свойства рабочих тел теплонасосной техники	Свойства рабочих тел теплонасосной техники Назначение рабочих агентов, абсорбентов и хладоносителей. Классификация рабочих агентов и абсорбентов. Основные требования к их теплофизическим и техническим свойствам. Требования к экологической безопасности рабочих агентов. Характеристика наиболее распространенных холодильных агентов и абсорбентов. Правило нумерации фреонов. Зависимость их свойств от молекулярного состава. Характеристика наиболее распространенных рабочих тел газовых теплонасосных установок.
4	Паровые компрессионные тепловые насосы	Паровые компрессионные тепловые насосы Классификация, конструкция и области их применения. Удельные энергозатраты и КПД паровых компрессионных трансформаторов теплоты. Коэффициент трансформации теплоты компрессионных тепловых насосов. Методика расчета одноступенчатых паровых компрессионных трансформаторов теплоты
5	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты Особенности процессов газовых трансформаторов теплоты. Коэффициент трансформации теплоты газовых тепловых насосов.
6	Абсорбционные тепловые насосы	Абсорбционные тепловые насосы Принцип действия и основные схемы теплоты. Схемы и процессы работы реальных абсорбционных трансформаторов теплоты непрерывного действия. Удельный расход энергии, КПД абсорбционных термотрансформаторов
7	Струйные трансформаторы теплоты	Струйные трансформаторы теплоты Принцип действия струйных трансформаторов и их классификация. Принципиальная схема и КПД струйного компрессора. Определение коэффициента инжекции и давления сжатия струйных компрессоров. Предельные режимы. Принципиальные схемы и КПД парожеткорных холодильных установок. Характеристика струйных компрессоров
8	Вихревые трансформаторы	Вихревые трансформаторы теплоты Принципиальная схема и рабочий процесс. Характеристики вихревой

	теплоты	трубы. Её расчет. Коэффициент трансформации вихревых тепловых насосов. Область применения
9	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты Физические ос-новы термоэлектрического, термомагнитного и магнитного методов трансформации теплоты. Принципиальные схемы установок для получения низких температур. Удельный расход энергии и КПД установок
10	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты Методика их расчета и оптимальные условия работы. Энергетическая эффективность. Каскадные теплонасосные установки. Схема и принцип работы. Области использования
11	Паровые компрессионные теплонасосные установки	Паровые компрессионные теплонасосные установки Схемы одноступенчатых установок и области их применения. Регенеративный теплообмен, его эффективность и целесообразность использования. Газовые компрессионные теплонасосные установки. Идеальные газовые циклы, основные отличия схем и процессов реальных газовых тепловых насосов от идеальных. Коэффициент трансформации теплоты газовых тепловых насосов
12	Типы компрессоров	Типы компрессоров Паровые поршневые компрессоры. Центробежные компрессоры, ротационные и винтовые компрессоры. Конструкция, условия эксплуатации, область применения, доступность на рынке
13	Применение тепловых насосов в теплоснабжении	Применение тепловых насосов в теплоснабжении Теплонасосные установки в системах централизованного теплоснабжения и в районах снабжения от ТЭЦ. Теплонасосные установки для индивидуального жилого строительства
14	Применение тепловых насосов в малой энергетике	Применение тепловых насосов в малой энергетике Схемы котельных с использованием теплонасосных установок. Использование геотермальной энергии
15	Применение теплонасосных установок в промышленности	Применение теплонасосных установок в промышленности Согласованное производство холода и теплоты. Утилизация теплоты холодильных установок пищевой промышленности. Технические процессы и схемы утилизации теплоты установок сжижения и замораживания газов и их энергетическая и техническая оценка. Применение теплонасосных установок в процессах сушки, дистилляции, варки, концентрирования и выпаривания

6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий. В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к выполнению контрольных работ;
- подготовка к экзамену.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется выполнением контрольных работ по темам дисциплины согласно РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- подготовиться к промежуточной аттестации. Итогом изучения дисциплины является экзамен.

Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения занятия – тестирование. Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Введение	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
2	Прямые и обратные циклы	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	контрольная работа, экзамен
3	Свойства рабочих тел теплонасосной техники	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	контрольная работа, экзамен
4	Паровые компрессионные тепловые насосы	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
5	Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	контрольная работа, экзамен
6	Абсорбционные тепловые насосы	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
7	Струйные трансформаторы теплоты	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен

8	Вихревые трансформаторы теплоты	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
9	Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
10	Применение многоступенчатых трансформаторов теплоты	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
11	Паровые компрессионные теплонасосные установки	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
12	Типы компрессоров	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
13	Применение тепловых насосов в теплоснабжении	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
14	Применение тепловых насосов в малой энергетике	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
15	Применение теплонасосных установок в промышленности	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	экзамен
16	Иная контактная работа	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	
17	Контроль	ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Задания на контрольную работу расположены по адресу:
<https://moodle.spbgasu.ru/mod/page/view.php?id=39784>

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1)

1. Определение исходных данных для расчета

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2)

2. Термодинамический расчет цикла теплового насоса

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2)

3. Построение цикла работы теплового насоса на диаграмме

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2)

4. Расчет показателей энергетической эффективности теплового насоса

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-4.1, ПКС-4.2)

5. Определение расходов и нагрузок теплового насоса

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания: - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы; - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы; - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки: - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации; - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий; - грамотно обосновывает ход решения задач; - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач; - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Актуальность использования нетрадиционных видов энергии в теплоснабжении.
2. Место теплонасосных установок в проблеме энергосбережения и экономии органического топлива.
3. Прямые и обратные циклы. Цикл Карно. Второе Начало термодинамики.
4. Холодильный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты.
5. Классификация и схемы принципов повышения потенциала теплоты.
6. Области использования трансформаторов теплоты. Холодильные и теплонасосные системы.
7. Основные исторические этапы и перспективы развития техники трансформации теплоты.
8. Свойства рабочих тел теплонасосной техники. Назначение рабочих агентов, абсорбентов и хладоносителей.
9. Классификация рабочих агентов и абсорбентов. Основные требования к их теплофизическим и техническим свойствам.
10. Требования к экологической безопасности рабочих агентов. Характеристика наиболее распространенных холодильных агентов и абсорбентов. Правило нумерации фреонов. Зависимость их свойств от молекулярного состава. Характеристика наиболее распространенных

рабочих тел газовых теплонасосных установок.

11. Паровые компрессионные тепловые насосы.
12. Газовые (воздушные) компрессионные трансформаторы теплоты.
13. Абсорбционные тепловые насосы.
14. Струйные трансформаторы теплоты.
15. Вихревые трансформаторы теплоты.
16. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитные трансформаторы теплоты.
17. Паровые компрессионные теплонасосные установки.
18. Типы компрессоров. Паровые поршневые компрессоры. Центробежные компрессоры, ротационные и винтовые компрессоры. Конструкция, условия эксплуатации, область применения, доступность на рынке.
19. Применение тепловых насосов в теплоснабжении.
20. Применение тепловых насосов в малой энергетике.
21. Применение теплонасосных установок в промышленности.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания приведены в комплекте тестовых заданий, расположенные по адресу: <https://moodle.spbgasu.ru/mod/page/view.php?id=39784>

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовые работы (проекты) учебным планом не предусмотрены

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся. Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п.

7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<u>Основная литература</u>		
1	Мартыновский В. С., Тепловые насосы, М.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1955	ЭБС
2	Янговский Е. И., Левин Л. А., Промышленные тепловые насосы, М.: ЭНЕРГОАТОМИЗДАТ, 1989	ЭБС
3	Перяла Р., Тепловые насосы, СПб.: Алфамер Пабблишинг, 2011	ЭБС
4	Хайнрих Г., Найорк Г., Нестлер В., Кораблева Н. Л., Фельдман Е. Ш., Явнель Б. К., Теплонасосные установки для отопления и горячего водоснабжения, М.: Стройиздат, 1985	ЭБС
5	Ложкин А. Н., Кирпичев М. В., Трансформаторы тепла, М.: МАШГИЗ, 1948	ЭБС
<u>Дополнительная литература</u>		
1	Дзино А. А., Малинина О. С., Тепловые насосы и термотрансформаторы, Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2015	ЭБС

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Тепловые насосы	https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=1196

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	https://www.studentlibrary.ru/
Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ)	www2.viniti.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации в области строительства и проектирования, безопасности и охраны труда, энергетики и нефтегаза, права.	http://docs.cntd.ru
Библиотека статей журнала НП «АВОК»	http://www.abok.ru/articleLibrary/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
--------------	---

Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Autodesk AutoCAD 2019/2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012
Autodesk Revit 2019/2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
25. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
25. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.