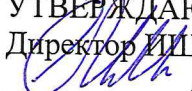


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИПЭ

 А.С. Матвеев

«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Современные системы и аппараты низкотемпературной и криогенной техники

Направление подготовки/ специальность	13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Технологии сжижения природного газа и промышленная теплотехника		
Специализация			
Уровень образования	высшее образование - магистратура		
Курс	2	семестр	3
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	16	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	16	
	ВСЕГО	48	
Самостоятельная работа, ч		60	
ИТОГО, ч		108	

Вид промежуточной
аттестации

зачет

Обеспечивающее
подразделение

**НОЦ
И.Н.Бутакова**

Заведующий кафедрой -
руководитель НОЦ И.Н.
Бутакова на правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

	А.С. Заворин
	В.И. Максимов
	Т.А. Нагорнова

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п.5.4 Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	И.1.УК(У)-1	Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие и связи между ними	УК(У)-1.В1	Владеет опытом применения законов естественных наук и математических методов и моделей для решения задач теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.У1	Умеет решать задачи теоретического и прикладного характера
				УК(У)-1.З1	Знает законы естественных наук и математические методы теоретического характера
		И.2.УК(У)-1	Осуществляет поиск, выделяет и ранжирует информацию на основе системного подхода и методов познания для решения задач по различным типам запросов	УК(У)-1.В2	Владеет методами получения и критического анализа новых знаний для решения задач естественнонаучных дисциплин
				УК(У)-1.У2	Умеет обобщать усваиваемые знания естественных наук категориями системного анализа, синтеза, сравнения и оценки
				УК(У)-1.З2	Знает основные методы познавательной деятельности и верификации получаемых знаний
		И.3.УК(У)-1	Обосновывает выводы, интерпретации и оценки о научных исследованиях и перспективах их применения.	УК(У)-1.В3	Владеет аппаратом критического анализа и применяет его для аргументации сделанных выводов
				УК(У)-1.У3	Умеет формулировать выводы самостоятельно и анализировать различные тексты, используя критерии научного исследования
				УК(У)-1.З3	Знает основные методы познавательной деятельности и верификации получаемых знаний
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	И.1.УК(У)-6	Оценивает свои ресурсы (личностные, ситуативные, временные), направления и пределы их роста при оптимальном их использовании с целью успешного выполнения порученного задания	УК(У)-6.В1	В области профессиональной деятельности владеет навыками анализа эффективного направления действий, принятием решений на уровне собственной компетенции, навыками планирования целей и способа их достижений
				УК(У)-6.У1	В профессиональной деятельности умеет в рамках данной себе самооценки разрабатывать, контролировать, исследовать компоненты своей работы планировать для определения приоритетов, способы и методов повышения эффективности достижения результатов на основе самостоятельную деятельность в решении профессиональных задач
				УК(У)-6.З1	Знает технологию и методику самооценки, теоретические основы акмеологии, уровни анализа психических явлений, особенности принятия и реализации организационных, управленческих решений, основы подходов к саморазвитию, самореализации для наиболее полного использования творческого потенциала собственной деятельности
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования,	И.1.ОПК(У)-1	Формулирует цели и задачи исследования	ОПК(У)-1.В1	Имеет опыт формулирования целей и задач исследования
				ОПК(У)-1.У1	Умеет ставить цели и инновационные задачи

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки				инженерного и научно-исследовательского профиля
				ОПК(У)-1.31	Современного состояния, а также перспектив развития газовой промышленности и технологий теплотехники
				ОПК(У)-1.B1	Имеет опыт формулирования целей и задач исследования
		И.2.ОПК(У)-1	Определяет методы и последовательность решения задач	ОПК(У)-1.У1	Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля
				ОПК(У)-1.32	Методов решения профессиональных задач в газовой промышленности и технологий теплотехники
		И.3.ОПК(У)-1	Формулирует критерии принятия решения	ОПК(У)-1.B2	Владеет навыками применения методов выбора критериев оптимальности и эффективности целей при решении профессиональных задач
				ОПК(У)-1.У3	Умеет формулировать критерии оптимальности и эффективности целей при решении профессиональных задач
				ОПК(У)-1.32	Знает методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах
ОПК(У)-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	И.1.ОПК(У)-2	Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи	ОПК(У)-2.B1	Имеет опыт выбора наиболее эффективных методов решения профессиональных задач
				ОПК(У)-2.У1	Умеет решать инновационные задачи исследования теплоэнергетических процессов
				ОПК(У)-2.31	Знает основные методы инновационных инженерных исследований, технических испытаний и сложных экспериментов в области теплоэнергетики
		И.2.ОПК(У)-2	Проводит анализ полученных результатов	ОПК(У)-2.B1	Владеет анализом и разработки рекомендации по результатам научных исследований объектов теплоэнергетических процессов
				ОПК(У)-2.У2	Умеет формулировать выводы в условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований
				ОПК(У)-2.32	Знает современного состояния и перспектив повышения эффективности газовой промышленности и технологий теплотехники
		И.3.ОПК(У)-2	Представляет результаты выполненной работы	ОПК(У)-2.B3	Владеет навыками оформления, представления и защиты результатов инновационных инженерных исследований, составления практических рекомендаций по их использованию
				ОПК(У)-2.У3	Умеет применять профессиональные знания для представления и защиты результатов инновационных инженерных и научных исследований
				ОПК(У)-2.33	Знание современной аргументации по оценке перспектив повышения эффективности газовой промышленности и технологий теплотехники

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
ПК(У)-4	Способен осуществлять проектирование и эксплуатацию теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности	И.1.ПК(У)-4	Проектировать теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности	ПК(У)-4.B1	Имеет опыт проектирования теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности
				ПК(У)-4.U1	Умеет применять методы проектирования теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в основной профессиональной деятельности
				ПК(У)-4.31	Знает требования к оборудованию и методы его проектирования в основной профессиональной деятельности
		И.2.ПК(У)-4	Эксплуатировать теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности	ПК(У)-4.B2	Имеет опыт эксплуатации теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности
				ПК(У)-4.U2	Умеет эксплуатировать теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в основной профессиональной деятельности
				ПК(У)-4.32	Знает требования к эксплуатации оборудования в основной профессиональной деятельности
ПК(У)-5	Способен осуществлять анализ режимов работы с формулированием предложений по повышению эффективности деятельности и модернизации предприятий с учетом современных инновационных подходов	И.1.ПК(У)-5	Осуществлять анализ режимов работы с формулированием предложений по повышению эффективности деятельности и модернизации предприятий с учетом современных инновационных подходов	ПК(У)-5.B1	Владеет навыками анализа режимов работы с формулированием предложений по повышению эффективности деятельности и модернизации предприятий
				ПК(У)-5.U1	Умеет формулировать предложения по повышению эффективности деятельности и модернизации предприятий на основе анализа режимов работы
				ПК(У)-5.31	Знает современные предприятия в профессиональной области деятельности, методы анализа эффективности их работы и способы модернизации оборудования и систем

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Индикатор достижения компетенции
Код	Наименование	
РД 1	Применять знания, современные методы и способы получения низких температур в области низкотемпературной техники.	И.1.УК(У)-1 И.2.УК(У)-1 И.1.УК(У)-6 И.3.ОПК(У)-1 И.1.ПК(У)-4 И.2.ПК(У)-4
РД 2	Осуществлять выбор холодильных систем и подбор элементного состава для эффективного холодоснабжения.	И.1.УК(У)-6 И.2.ОПК(У)-1 И.1.ОПК(У)-2 И.3.ОПК(У)-2 И.1.ПК(У)-4 И.2.ПК(У)-4
РД 3	Проводить фундаментальные научные исследования теплофизических процессов, протекающих в холодильных машинах и установках.	И.3.УК(У)-1 И.1.УК(У)-6 И.1.ОПК(У)-1 И.2.ОПК(У)-2 И.1.ПК(У)-5

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. Основные понятия о физических процессах получения, транспортировки, использовании холода. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники.	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	2
		Лабораторные занятия	2
		Самостоятельная работа	6
Раздел 2. Газовые и парокомпрессионные установки низкотемпературной и криогенной техники	РД1	Лекции	10
		Практические занятия	10
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	40
Раздел 3. Теплоиспользующие холодильные установки.	РД1	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	4
		Самостоятельная работа	14

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные понятия о физических процессах получения, транспортировки, использовании холода. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники.

Предмет курса. Физические основы получения низких температур. Естественное и искусственное охлаждение. Безмашинное и машинное охлаждение. Основные

термодинамические, физико-химические, физиологические свойства рабочих тел холодильных машин. Термодинамические основы холодильных машин. Классификация обратных циклов. Классификация и особенности конструкций холодильных компрессоров. Теоретический процесс сжатия в поршневом компрессоре. Объемные потери компрессора и их учет. Одноступенчатые и двухступенчатые холодильные системы. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники. Классификация и особенности конструкций основных элементов холодильных установок. Вспомогательная аппаратура холодильных машин и установок.

Темы лекций:

1. Основные понятия и определения холода, низких и криогенных температур, способы получения низких температур
2. Свойства рабочих тел, основная классификация систем и аппаратов низкотемпературной и криогенной техники

Темы практических занятий:

1. Сравнительный анализ расчета работы компрессора на различных ХА

Названия лабораторных работ:

1. Исследование работы парокомпрессионного теплового насоса.

Раздел 2. Газовые и парокомпрессионные установки низкотемпературной и криогенной техники

Газовые холодильные машины. Схемы и циклы нерегенеративной и регенеративной газовых холодильных машин. Тепловые балансы и холодильные коэффициенты нерегенеративной и регенеративной газовых холодильных машин. Принцип действия вихревой трубы и её энергетическая эффективность. Газовые холодильные машины. Теоретические циклы газовых холодильных машин. Теоретический цикл нерегенеративных и регенеративных ГХМ с детандером. Действительные циклы и характеристики ГХМ. Газовые холодильные машины с вихревыми трубами. Парокомпрессионные установки низкотемпературной и криогенной техники. Одноступенчатые, многоступенчатые и каскадные холодильные машины. Установка для получения сухого льда. Особенности и области применения газовых и парокомпрессионных установок низкотемпературной и криогенной техники.

Темы лекций:

1. Газовые низкотемпературные установки
2. Основные и вспомогательные элементы и системы низкотемпературных установок
3. Парокомпрессионные низкотемпературные установки (одно-, двух-, трехступенчатые и каскадные ХМиУс)

Темы практических занятий:

1. Расчет газовых установок для получения низких температур
2. Расчет одноступенчатых парокомпрессионных низкотемпературных установок
3. Расчет двухступенчатых парокомпрессионных низкотемпературных установок
4. Расчет установки для получения сухого льда
5. Расчет каскадных парокомпрессионных установок

Названия лабораторных работ:

1. Исследование теплопереноса в камере холодильной установки.
2. Исследование теплопереноса в камере морозильной установки.
3. Расчет процессов теплообмена в конденсаторе теплового насоса.
4. Расчет процессов теплообмена в испарителе теплового насоса.

Раздел 3 Теплоиспользующие холодильные установки.
--

Теплоиспользующие холодильные машины. Схема и принцип действия парожекторной холодильной машины (ПЭХМ). Термодинамические процессы в цикле парожекторной холодильной машины и её тепловой расчет. Схема и принцип действия

абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины (АБХМ). Тепловой расчет АБХМ. Рабочие схемы и конструкции ПЭХМ. Особенности работы эжекторных машин на различных рабочих веществах. Применение холодильных машин с использованием вторичных и других тепловых энергоресурсов. Основные направления их применения теплоты ВЭР.

Темы лекций:

1. Теплоиспользующие установки
2. Термоэлектрические установки

Темы практических занятий:

1. Расчет пароежекторных установок
2. Расчет АБХМ

Названия лабораторных работ:

1. Исследование необратимых потерь в цикле одноступенчатой паровой холодильной машины

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Работа в электронном курсе (изучение теоретического материала, выполнение индивидуальных заданий и контролирующих мероприятий и др.);
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Выполнение домашних заданий;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Комарова, Н. А. Холодильные установки. Основы проектирования / Н. А. Комарова. – Кемерово: КемТИПП, 2012. – 368 с.. – Доступ только с авторизованных компьютеров.. – ISBN 978-5-89289-727-3. URL: <http://ezproxy.ha.tpu.ru:3528/bookshelf/29218/reading> (дата обращения: 30.11.2020). - Текст: электронный.
2. Теплоэнергетика и теплотехника. В 4 кн. Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника [Электронный ресурс]: Справочная серия / под общ. ред. А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. - 4-е изд., стереот. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383000199.html>
3. Бакланова, В. Г. Теплообменные аппараты низкотемпературных установок и систем термостатирования : учебное пособие / В. Г. Бакланова, Ю. А. Шевич. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, [б. г.]. — Часть 1 : Аппараты трубчатого и пластинчаторебристого типов — 2011. — 68 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/52215> (дата обращения: 02.12.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература

1. Теплонасосные установки в отраслях агропромышленного комплекса: учебник / Б. С. Бабакин [и др.]; под ред. Ю. А. Фатыхова. – Санкт-Петербург: Лань, 2014. – 328 с.:

- ил.. – Учебники для вузов. Специальная литература. – Библиогр.: с. 318-325.. – ISBN 978-5-8114-1435-2.
2. Барилевич, В. А.. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: учебное пособие / В. А. Барилевич, Ю. А. Смирнов. – Москва: Инфра-М, 2014. – 432 с.: ил.. – Высшее образование. Бакалавриат. – Библиогр.: с. 421-422.. – ISBN 978-5-16-005771-2. Схема
доступа: <http://znanium.com/go.php?id=356818> (контент).
 3. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учебник для вузов / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383009390.html>
 4. Кузнецов, Алексей Алексеевич. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов : справочное пособие / А. А. Кузнецов, Е. Н. Судаков. — Москва: Химия, 1983. — 223 с.: ил.. — Библиогр.: с. 185-187. — Предметный указатель: с. 220-223..

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMSMOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. Электронный курс «Современные системы и аппараты низкотемпературной и криогенной техники» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3400>

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

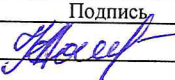
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 29	Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Стол письменный - 3 шт.; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт. Лабораторный комплекс ЛКТТ-7М "Коэффициент теплового излучения твердого тела" - 1 шт.; Установка учебная "Капелька" - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТТ-5 "Теплотехника газа" - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТТ-6 "Теплотехника жидкости" - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТ-5 "Опыт Клеймана-Дезорма" - 1 шт.; Лабораторная установка "Механика жидкости" - 1 шт.; Термометр Ea2 BL508 - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТ-6Р "Свойства газов, теплоемкости и вязкости воздуха, свойства жидкости" - 1 шт.; Лабораторный комплекс "Техническая термогазодинамика" ТТГД-011-07-ЛР-01 - 1 шт.; Лабораторный комплекс "Тепловые процессы в газах" ТПГ-010-5ЛР-01 - 1 шт.;
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.

	контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 41	
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)/ 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 106/1	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 12 посадочных мест. Лабораторная установка "Кондиционер" - 1 шт.; Лабораторный стенд-тренажер "Кондиционер" - 1 шт.; Лабораторный стенд-тренажер "Тепловой насос-2" - 1 шт.; Лабораторная установка "Морозильник" - 1 шт.; Лабораторный стенд-тренажер "Холодильник-2" - 1 шт.; Лабораторная установка "Двухкамерный холодильник" - 1 шт.; Лаб.комплекс "Автономная автоматиз.сис-ма отопл." - 2 шт.; Лабораторная установка "Вентиляционные системы" - 2 шт.; Лабораторная установка "Тепловой насос" - 1 шт.;

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Технологии сжижения природного газа и промышленная теплотехника» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчик:

Должность	Подпись	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова		Т.А. Нагорнова

Программа одобрена на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол от «30» мая 2019г. №29).

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова
на правах кафедры
д.т.н, профессор

 / А.С. Заворин /
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (протокол)
2020/2021 учебный год	1. Обновлено программное обеспечение 2. Обновлен состав профессиональных баз данных и информационно-справочных систем 3. Изменение шаблона рабочей программы дисциплины	от 26.06.2020 г. №44