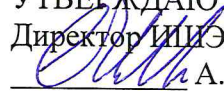


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИИЭ

 А.С. Матвеев

« 30 » 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2019 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Физика и техника низких температур			
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	1	семестр	1
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	3		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	8	
	Практические занятия	16	
	Лабораторные занятия	24	
	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
			В.И. Максимов

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)-1.31	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)-1.32	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)-1.33	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)-6.31	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	И.1.ОПК(У)	Формулирует цели и	ОПК(У)-	Имеет опыт формулирования

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
	формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	-1	задачи исследования	1.B1	целей и задач исследования
				ОПК(У)-1.Y1	Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля
				ОПК(У)-1.31	Современного состояния, а также перспектив развития газовой промышленности и технологий теплотехники
		И.2.ОПК(У)-1	Определяет методы и последовательность решения задач	ОПК(У)-1.B1	Имеет опыт формулирования целей и задач исследования
				ОПК(У)-1.Y1	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.Y3	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.Y1	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.Y2	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.Y3	Умеет применять профессиональные знания для представления и защиты результатов инновационных инженерных и научных исследований
				ОПК(У)-2.33	Знание современной аргументации по оценке

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенций		Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции)	
		Код индикатора	Наименование индикатора достижения	Код	Наименование
					перспектив повышения эффективности газовой промышленности и технологий теплотехники
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	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.У1	Умеет применять методы проектирования теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, 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.У2	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	Владет навыками анализа режимов работы с формулированием предложений по повышению эффективности деятельности и модернизации предприятий
				ПК(У)-5.У1	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 в области низкотемпературного сжижения, хранения и транспортировки сжиженных углеводородов.	И.1.УК(У)-1 И.2.УК(У)-1 И.1.ОПК(У)-6 И.3.ОПК(У)-1 И.1.ПК(У)-4 И.2.ПК(У)-4
РД 2	Осуществлять выбор способа получения низких температур, а также низкотемпературного сжижения, хранения и транспортировки сжиженных углеводородов.	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 в области систем криовакуумных установок на объектах промышленного комплекса с применением современных достижений науки и техники	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 вакуума с использованием низкотемпературной техники.	РД1	Лекции	2
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	6
		Самостоятельная работа	12
Раздел 2. Традиционные средства получения вакуума.	РД2, РД 3	Лекции	2
		Практические занятия	8
		Лабораторные занятия	10
		Самостоятельная работа	14
Раздел 3. Адсорбционные методы получения вакуума	РД2, РД 3	Лекции	4
		Практические занятия	4
		Лабораторные занятия	8
		Самостоятельная работа	14

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. Основные понятия о физических процессах получения вакуума с использованием низкотемпературной техники.

История развития вакуумной техники. Области применения вакуумной техники. Основные понятия вакуумной техники. Понятие вакуума. Единицы измерения давления в вакуумной технике. Состав сухого атмосферного воздуха. Скорость движения молекул газа. Число молекул газа, ударяющихся о единичную поверхность стенки сосуда в единицу времени. Средняя длина пробега. Основные характеристики вакуумных насосов. Основное уравнение вакуумной техники. Режимы течения газа. Расчет

проводимости в молекулярном и вязкостном режимах.

Темы лекций:

1. Вакуумная техника и основы физических процессов получения вакуума.

Темы практических занятий:

1. Расчет проводимости в молекулярном режимах.

2. Расчет проводимости в вязкостном режимах.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование процессов конденсации в холодильных камерах.

2. Исследование процессов испарения в камере испарителя холодильной установке.

Раздел 2. Традиционные средства получения вакуума.

Техника получения вакуума традиционными методами. Механические насосы: поршневые, ротационные, двухроторные. Газоперемищающие насосы. Молекулярные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Распыляемые геттеры. Механизм откачки. Испарительные насосы. Электродуговые геттерные насосы. Ионно-геттерные насосы. Магнитные электроразрядные насосы. Преимущества и недостатки. Основные характеристики. Принцип работы. Нераспыляемые геттеры.

Темы лекций:

1. Традиционные средства получения вакуума.

Темы практических занятий:

1. Расчет производительности вакуумного насоса.

2. Расчет мощности вакуумных испарительных насосов.

Названия лабораторных работ:

1. Определение основных характеристик форвакуумных насосов.

Раздел 3 Адсорбционные методы получения вакуума.

Низкотемпературные геттеры. Температура активации. Конструктивные исполнения. Преимущества и недостатки. Области применения. Адсорбционные насосы. Принцип действия. Сорбент. Скорость адсорбции и десорбции. Адсорбционная емкость. Полное число молекул, которые могут быть поглощены поверхностью единичной площади. Изотерма сорбции. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Удельная поверхность. Емкость монослоя. Традиционные адсорбенты. Активные угли. Цеолиты. Силикагели. Их основные характеристики. Конструктивное исполнение адсорбционных насосов. Преимущества и недостатки.

Темы лекций:

1. Низкотемпературные геттеры.

2. Адсорбционные насосы.

Темы практических занятий:

1. Практическое использование адсорбционных кривых.

2. Определение теплоты адсорбции. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.

Названия лабораторных работ:

1. Определение основных характеристик низкотемпературной адсорбции.

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. Попов А. Н. Вакуумная техника : Учебное пособие. — 1. — Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2012. — 167 с.. — ВО - Бакалавриат.. — ISBN 978-5-16-006031-6. — ISBN 978-985-475-500-7. Схема доступа: <http://znanium.com/go.php?id=317368> (контент)
2. Юрьева А. В. Расчет вакуумных систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Юрьева; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов (№ 43) (ХТРЭ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3.0 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m452.pdf> (контент)

Дополнительная литература

1. Кузнецов С. И. Молекулярная физика. Термодинамика [Электронный ресурс] : / С. И. Кузнецов; Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 3032 КВ). — Москва: ТПУ (Томский Политехнический Университет), 2011. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Допущено Научно-методическим Советом по физике Министерства образования и науки Российской Федерации в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям. — Системные требования: Adobe Reader. — Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/m/2012/m14.pdf>.
2. Мышкин В. Ф. Лабораторный практикум по дисциплине "Кинетика физико-химических явлений и методы их изучения" [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. Ф. Мышкин, Д. А. Ижойкин, А. Д. Побережников; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра технической физики (№ 23) (ТФ). — 1 компьютерный файл (pdf; 5.2 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m297.pdf> (контент)
3. Кузнецов С. И. Курс физики с примерами решения задач [Электронный ресурс] учебное пособие: в 3 ч.: / С. И. Кузнецов ; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Физико-технический институт (ФТИ), Кафедра общей физики (ОФ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2013-Ч . 2: Электричество и магнетизм. Колебания и волны . — 1 компьютерный файл (pdf; 7.1 МВ). — 2013. — Заглавие с титульного экрана. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m102.pdf> (контент)

6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Физика и техника низких температур»
<https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3399>

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

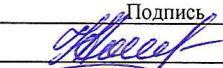
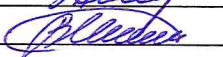
В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	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 контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 41	Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.
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.;
--	--	---

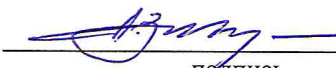
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Технологии сжижения природного газа и промышленная теплотехника» (приема 2019 г., очная форма обучения).

Разработчики:

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

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