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

УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
_____ А.С. Матвеев
«30» 06 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ПРИЕМ 2020 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Технологии получения, хранения и транспортировки сжиженного природного газа			
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)	**6**		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции		**16**
	Практические занятия		**32**
	Лабораторные занятия		**16**
	ВСЕГО		**64**
Самостоятельная работа, ч			**152**
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			**курсовая работа**
ИТОГО, ч			**216**

Вид промежуточной аттестации	**Экзамен, Диф. зачет**	Обеспечивающее подразделение	**НОЦ И.Н.Бутакова**

Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры		А.С. Заворин
Руководитель ООП		В.И. Максимов
Преподаватель		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.УК(У)-1.1	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.УК(У)-1.2	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 усвояемые знания естественных наук категориями системного анализа, синтеза, сравнения и оценки
				УК(У)-1.З2	Знает основные методы познавательной деятельности и верификации получаемых знаний
		И.УК(У)-1.3	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 использования 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 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	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.В1	целей и задач исследования
				ОПК(У)-1.У1	Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля
				ОПК(У)-1.З1	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.В1	Имеет опыт формулирования целей и задач исследования
				ОПК(У)-1.У1	Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля
				ОПК(У)-1.З2	Методов решения профессиональных задач в газовой промышленности и технологий теплотехники
		И.3.ОПК(У)-1	Формулирует критерии принятия решения	ОПК(У)-1.В2	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.З2	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.В1	Имеет опыт выбора наиболее эффективных методов решения профессиональных задач
				ОПК(У)-2.У1	Умеет решать инновационные задачи исследования теплоэнергетических процессов
				ОПК(У)-2.З1	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.В1	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.З2	Знает современного состояния и перспектив повышения эффективности газовой промышленности и технологий теплотехники
		И.3.ОПК(У)-2	Представляет результаты выполненной работы	ОПК(У)-2.В3	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.З3	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.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.В1	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 теплотехническое, тепломеханическое, теплообменное основное и вспомогательное оборудование, а также технологические установки, работающие под избыточным давлением, в основной профессиональной деятельности
				ПК(У)-4.З1	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.В2	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.З2	Знает требования к эксплуатации оборудовании 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.В1	Владеет 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.З1	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 технологий получения, хранения и транспортировки сжиженного природного газа.	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 способа получения, хранения и транспортировки сжиженного природного газа.	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 низкотемпературных 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. Области применения аппаратов охлаждения газов, физические принципы, лежащие в основе конструкций аппаратов охлаждения.	РД1	Лекции	**4**
		Практические занятия	**8**
		Лабораторные занятия	**4**
		Самостоятельная работа	**12**
Раздел 2. Установки сжижения природного газа	РД2, РД 3	Лекции	**6**
		Практические занятия	**12**
		Лабораторные занятия	**6**
		Самостоятельная работа	**14**
Раздел 3. Транспортировка и хранение охлажденных и сжиженных газов.	РД2, РД 3	Лекции	**6**
		Практические занятия	**12**
		Лабораторные занятия	**6**
		Самостоятельная работа	**14**

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. ***Области применения аппаратов охлаждения газов, физические принципы, лежащие в основе конструкций аппаратов охлаждения.***

Охлаждение природного газа при транспортировке для увеличения пропускной способности газопроводов и уменьшения термических напряжений металла труб. Охлаждение воздуха в промышленных и бытовых целях. Глубокое охлаждение и

сжижение газов для транспортировки и (или) использования в качестве хладоагента. Используемые физические принципы охлаждения: дросселирование потока, применение испаряющихся и неиспаряющихся теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах, детандерные схемы с процессами глубокого расширения газов.

Темы лекций:

1.Способы охлаждения и сжижение газов для транспортировки.

Темы практических занятий:

1.Расчет процесса дросселирования потока.

2.Расчет испарения хладоагента в испарителе.

Названия лабораторных работ:

1.Исследование работы компрессорной установки при сжатии природного газа.

Раздел 2. ***Установки сжижения природного газа.***

Свойства сжиженных газов. Термодинамический анализ процессов сжижения газов. Типы установок, их устройство и основы расчета. Области применения сжиженных газов. Термодинамические условия получения газогидратов. Их образование в газопроводах, борьба с газогидратными отложениями. Полезное использование газогидратов, установки и оборудование для их получения, хранения и транспортировки.

Темы лекций:

1.Области применения сжиженных газов.

2.Термодинамические условия получения газогидратов.

3.Типы установок, их устройство и основы расчета.

Темы практических занятий:

1.Термодинамический анализ процессов сжижения газов.

2.Расчет ожижителя по циклу Линде.

3.Расчет ожижителя по циклу Клода.

Названия лабораторных работ:

1.Исследование работы турбодетандера в установке сжижения природного газа.

Раздел 3 ***Транспортировка и хранение охлажденных и сжиженных газов.***

Виды транспорта (морской, трубопроводный, сухопутный) и их особенности. Расчет изотермического трубопровода. Расчет термоизоляционного покрытия резервуаров, возможности подземного хранения. Способы использования регазифицируемого сжиженного природного газа в технологических установках. Наименьшая и действительная работа, удельная работа при регазификации. Возможности использования сжиженных газов в циклах паросиловых установок.

Темы лекций:

1.Виды транспорта (морской, трубопроводный, сухопутный) и их особенности

2.Возможности использования сжиженных газов в циклах паросиловых установок.

Темы практических занятий:

1.Расчет термоизоляционного покрытия резервуаров, возможности подземного хранения.

2.Расчет изотермического трубопровода.

Названия лабораторных работ:

1.Исследование работы вихревой трубы в установке сжижения природного газа.

2.Исследование работы холодильной установки в установке сжижения природного газа.

Тематика курсовых работ

Расчет технологической линии сжижения природного газа.

Выбор варианта для расчетного раздела курсовой работы осуществляется в соответствии с начальной буквой фамилии студента.

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;
- Выполнение курсовой работы;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1.Учебно-методическое обеспечение

Основная литература

1. Голубева, И. А. Газоперерабатывающие предприятия России: монография [Электронный ресурс] / Голубева И. А., Мещерин И. В., Родина Е. В.. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 456 с.. — Книга из коллекции Лань - Химия.. — ISBN 978-5-8114-3294-3. Схема доступа: https://e.lanbook.com/book/109503

2. Кидни, А. Дж. Основы переработки природного газа : пер. с англ. / А. Дж. Кидни, У. Р. Парриш, Д. Маккартни. — Санкт-Петербург: Профессия, 2014. — 664 с.: ил. — Библиография в конце глав. — ISBN 978-5-91884-055-9.

Дополнительная литература

1. Рачевский Б. С. Подготовка рабочих и мастеров для индустрии сжиженных углеводородных газов / Б. С. Рачевский. — Москва: Недра, 2013. — 343 с.: ил. — Библиогр.: с. 322-323. — ISBN 978-5-8365-0405-2.
2. Левашова А. И. Химия природных энергоносителей и углеродных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Левашова, Е. Н. Ивашкина, Е. В. Бешагина; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт природных ресурсов (ИПР), Кафедра химической технологии топлива и химической кибернетики (ХТТ). — 2-е изд. — 1 компьютерный файл (pdf; 1.8 MB). — 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/2013/m405.pdf

6.2.Информационное и программное обеспечение

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

1. Электронный курс «Технологии получения, хранения и транспортировки сжиженного природного газа» https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3397

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	Лабораторный комплекс"Техническая термогазодинамика"ТТГД-011-07-ЛР-01 - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТТ-6 "Теплотехника жидкости" - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТТ-7М "Коэффициент теплового излучения твердого тела" - 1 шт.; Установка учебная"Капелька" - 1 шт.; Лабораторная установка "Механика жидкости" - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТТ-5 "Теплотехника газа" - 1 шт.; Лабораторный комплекс"Тепловые процессы в газах"ТПГ-010-5ЛР-01 - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТ-6Р "Свойства газов, теплоемкости и вязкости воздуха,свойства жидкости" - 1 шт.; Термометр Ea2 BL508 - 1 шт.; Лабораторный комплекс ЛКТ-5 "Опыт Клеймана-Дезорма" - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест; Стол письменный - 3 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 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

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 «26» июня 2020г. №44).

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)