

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

«29» 06 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ заочная**

**Низкотемпературное оборудование предприятий по переработке углеводородов**

|                                                                                                                              |                                                |         |                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------|-----------------|
| Направление подготовки/<br>специальность                                                                                     | <b>13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника</b> |         |                 |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль))                                                                      | <b>Теплоэнергетика и теплотехника</b>          |         |                 |
| Специализация                                                                                                                | Промышленная теплоэнергетика                   |         |                 |
| Уровень образования                                                                                                          | высшее образование - бакалавр                  |         |                 |
| Курс                                                                                                                         | 5                                              | семестр | 9               |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)                                                                               | 5                                              |         |                 |
| Виды учебной деятельности                                                                                                    | Временной ресурс                               |         |                 |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                                                                                         | Лекции                                         | 10      |                 |
|                                                                                                                              | Практические занятия                           | 6       |                 |
|                                                                                                                              | Лабораторные занятия                           | 14      |                 |
|                                                                                                                              | ВСЕГО                                          | 30      |                 |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                                    |                                                |         | 150             |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с<br>выделенной промежуточной аттестацией (курсовой<br>проект, курсовая работа) |                                                |         | курсовой проект |
| ИТОГО, ч                                                                                                                     |                                                |         | 150             |

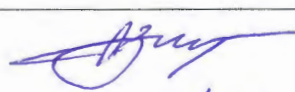
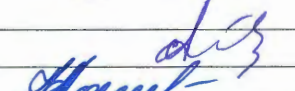
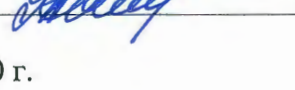
Вид промежуточной  
аттестации

Экзамен,  
диф.  
зачет, КП

Обеспечивающее  
подразделение

НОЦ И.Н.  
Бутакова

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

|                                                                                      |                |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|  | Заворин А.С.   |
|  | Антонова А.М.  |
|  | Нагорнова Т.А. |

2020 г.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 6. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                               | Результаты освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                         |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | Код                                                         | Наименование                                                                                                                            |
| ПК(У)-2         | Способность проводить расчеты по типовым методикам, проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием | Р5                      | ПК(У)- 2.В7                                                 | Владеет опытом расчетного анализа параметров и показателей энергетических установок и их оборудования                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)- 2.У7                                                 | Умеет рассчитывать параметры и показатели энергетических установок и их оборудования                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)- 2.37                                                 | Знает основные технологии преобразования энергии топлива и возобновляемой энергии в электрическую энергию                               |
| ПК(У)-3         | Способность участвовать в проведении предварительного технико-экономического обоснования проектных разработок энергообъектов и их элементов по стандартным методикам                                   | Р4                      | ПК(У)-3.В1                                                  | Владеет опытом обоснования проектных решений при разработке теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)-3.У1                                                  | Умеет объяснять влияние условий работы теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий на принимаемые конструктивные решения |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)-3.31                                                  | Знает критерии выбора проектных решений при создании промышленных предприятий и их оборудования                                         |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)-3.В2                                                  | Владеет опытом использования основных законов и уравнений процессов, происходящих в теплоэнергетических установках                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)-3.У2                                                  | Умеет применять методики и алгоритмы для расчета схемы и теплоэнергетического оборудования промышленных предприятий                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                        |                         | ПК(У)-3.32                                                  | Знает закономерности процессов, происходящих в оборудовании промышленных предприятий                                                    |

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 (Модуль специализации) учебного плана образовательной программы.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                | Компетенция        |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                   |                    |
| РД1                                           | Применять знания, современные методы и способы переработки углеводородов в области низкотемпературной техники. | ПК(У)-2<br>ПК(У)-3 |
| РД2                                           | Осуществлять подбор элементного состава и выбор низкотемпературного оборудования по переработке углеводородов. |                    |
| РД3                                           | Проводить фундаментальные научные исследования теплофизических процессов, протекающих в низкотемпературного    |                    |

|  |                                            |  |
|--|--------------------------------------------|--|
|  | оборудования по переработке углеводородов. |  |
|--|--------------------------------------------|--|

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. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел (модуль) 1.</b> Области применения аппаратов охлаждения газов. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники для переработки углеводородов (сжиженного природного газа). | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 2                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 40                |
| <b>Раздел (модуль) 2.</b> Установки сжижения углеводородов (природного газа).                                                                                                                          | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Лабораторные занятия      | 8                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 50                |
| <b>Раздел (модуль) 3.</b> Хранение охлажденных и сжиженных газов.                                                                                                                                      | РД1, РД2, РД3                                | Лекции                    | 4                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                                                                                                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 60                |

Содержание разделов дисциплины:

**Раздел 1. Области применения аппаратов охлаждения газов. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники для переработки углеводородов (сжиженного природного газа).**

Физические основы получения низких температур. Естественное и искусственное охлаждение. Безмашинное и машинное охлаждение. Основные термодинамические, физико-химические, физиологические свойства рабочих тел холодильных машин и установок. Классификация обратных циклов. Элементы и аппараты установок и систем низкотемпературной техники. Классификация и особенности конструкций основных элементов холодильных установок. Глубокое охлаждение и сжижение газов для транспортировки и (или) использования в качестве хладагента.

**Темы лекций:**

1. Способы охлаждения и сжижение газов для транспортировки.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет процесса дросселирования потока.

2. Расчет испарения хладагента в испарителе.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование работы компрессорной установки при сжатии природного газа.

**Раздел 2. Установки сжижения углеводородов (природного газа).**

Используемые физические принципы охлаждения: дросселирование потока, применение испаряющихся и неиспаряющихся теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах, детандерные схемы с процессами глубокого расширения газов. 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. Типы установок, их устройство и основы расчета.

**Темы практических занятий:**

- 1.Расчет ожижителя по циклу Линде. Расчет ожижителя по циклу Клода.
- 2.Расчет установки для получения сухого льда.

**Названия лабораторных работ:**

- 1.Исследование работы турбодетандера в установке сжижения природного газа.

|                                                         |
|---------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3 Хранение охлажденных и сжиженных газов.</b> |
|---------------------------------------------------------|

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.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 курсового проекта;
- Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям;

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1.Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература**

1. Архаров, Алексей Михайлович. Основы криологии. Энтропийно-статистический анализ низкотемпературных систем / А. М. Архаров. — Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. — 509 с.: ил.. — Библиогр.: с. 495-496.. — ISBN 978-5-7038-3842-6.

2. Маринюк, Борис Тимофеевич. Расчеты теплообмена в аппаратах и системах низкотемпературной техники / Б. Т. Маринюк. — Москва: Машиностроение, 2015. — 272 с.: ил. — Библиогр.: с. 262-267.. — ISBN 978-5-94275-784-7.
3. Вентура, Г. Искусство криогеники. Низкотемпературная техника в физическом эксперименте, промышленных и аэрокосмических приложениях : учебно-справочное руководство : пер. с англ. / Г. Вентура, Л. Ризегари. — Долгопрудный: Интеллект, 2011. — 332 с.: ил. — Библиография в конце глав.. — ISBN 978-5-91559-040-2.
4. Майорец, Максим. Сжиженный газ - будущее мировой энергетики / М. Майорец, К. Симонов. — Москва: Альпина Паблишер, 2013. — 358 с.: ил. — ISBN 978-5-9614-4403-2.
5. Крупномасштабное производство сжиженного природного газа : учебное пособие / В. С. Вовк [и др.]. — Москва: Недра, 2011. — 244 с.: ил. — Библиография в конце глав. — Глоссарий: с. 234-237. — ISBN 978-5-8365-0384-0.
6. 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.
7. Переработка нефти: теоретические и технологические аспекты : [учебное пособие] / Т. В. Бухаркина [и др.]; под ред. Н. Г. Дигурова, Б. П. Туманяна. — Москва: Техника ТУМА ГРУПП, 2012. — 495 с.: ил. — Библиогр.: с. 487-489. — ISBN 5-93969-040-8.

#### **Дополнительная литература**

1. Николаев, Валерий Александрович. Физические основы разработки месторождений углеводородов : учебное пособие для вузов / В. А. Николаев. — Ижевск; Москва: Институт компьютерных исследований, 2013. — 310 с.: ил. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-4344-0061-9.
2. Левашова, Альбина Ивановна. 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>
3. 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.
4. Ларкин, Дмитрий Константинович. Тепломассообменное оборудование предприятий : учебное пособие для вузов / Д. К. Ларкин. — 2-е изд.. — Москва: Юрайт, 2020. — 246 с.: ил. — Высшее образование. — Библиогр.: с. 167-170.. — ISBN 978-5-534-12032-5.

#### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

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

1. Электронный курс Электронный курс «Технологии сжижения природного газа и промышленная теплотехника» <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=3397>

#### **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 (компьютерный класс)<br><br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 48 | Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест;<br>Стол письменный - 3 шт.<br><br>Документ-камера WolfVision - 1 шт.; Кинокамера скоростная СКС-1 - 1 шт.; Анемометр - 2 шт.; Пирометр ST-30 - 1 шт.; Компьютер - 18 шт.; Принтер - 1 шт.<br><br>Acrobat Reader DC and Runtime Software Distribution Agreement; Visual C++ Redistributable Package; Mozilla Public License 2.0; K-Lite Codec Pack; GNU Lesser General Public License 3; GNU Affero General Public License 3; Chrome; Berkeley Software Distribution License 2-Clause |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 106   | Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест<br><br>Термопреобразователь ХКА ТД701С-L2-СФКЭ - 1 шт.;Верстак WT 140WD5/F1000 - 1 шт.;Латр 20000ВА - 1 шт.;Лабораторные весы СУ-1003 - 1 шт.; Печь лабораторная трубчатая 12050 (50*800) - 1 шт.;                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

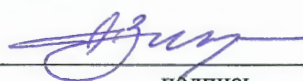
Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, специализации «Промышленная теплоэнергетика» (приема 2017 г., заочная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность                | ФИО            |
|--------------------------|----------------|
| Доцент НОЦ И.Н. Бутакова | Нагорнова Т.А. |

Программа одобрена на заседании кафедры ТПТ ЭНИН (протокол от «05» июня 2017 г. № 12).

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

 /А.С. Заворин/  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| <b>Учебный год</b>          | <b>Содержание /изменение</b>                                                                                                           | <b>Обсуждено на заседании<br/>НОЦ И.Н. Бутакова<br/>(протокол)</b> |
|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 2018/2019<br>уч. год        | Внесены изменения в раздел Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины                                                 | протокол № 11 от<br>19.06.2018                                     |
| 2019/2020<br>уч. год        | Внесены изменения в раздел Учебно-методическое, информационное обеспечение дисциплины и материально-техническое обеспечение дисциплины | протокол № 29 от<br>30.05.2019                                     |
| 2020/2021<br>учебный<br>год | Изменена форма документов основных образовательных программ, в том числе УМК дисциплин                                                 | Приказ по ТПУ<br>№127-7/об от<br>06.05.2020                        |
|                             |                                                                                                                                        |                                                                    |
|                             |                                                                                                                                        |                                                                    |