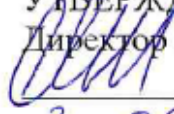


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

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

| Термодинамика и тепломассообмен                         |                                                            |         |     |
|---------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|---------|-----|
| Направление                                             | 21.03.01 «Нефтегазовое дело»                               |         |     |
| Образовательная программа<br>(направленность (профиль)) | Нефтегазовое дело                                          |         |     |
| Специализация                                           | Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений |         |     |
| Уровень образования                                     | высшее образование – бакалавриат                           |         |     |
| Курс                                                    | 4                                                          | семестр | 7   |
| Трудоемкость в кредитах<br>(зачетных единицах)          | 3                                                          |         |     |
| Виды учебной деятельности                               | Временной ресурс                                           |         |     |
| Контактная (аудиторная)<br>работа, ч                    | Лекции                                                     |         | 16  |
|                                                         | Практические занятия                                       |         | 16  |
|                                                         | Лабораторные занятия                                       |         | 16  |
|                                                         | ВСЕГО                                                      |         | 48  |
| Самостоятельная работа, ч                               |                                                            |         | 92  |
| ИТОГО, ч                                                |                                                            |         | 108 |

|                              |         |                              |                      |
|------------------------------|---------|------------------------------|----------------------|
| Вид промежуточной аттестации | экзамен | Обеспечивающее подразделение | НОЦ<br>И.Н. Бутакова |
|------------------------------|---------|------------------------------|----------------------|

|                                                                                                                             |                                                                                      |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Заведующий кафедрой -<br>руководитель научно-образовательного центра на правах кафедры<br>Руководитель ООП<br>Преподаватель |  | Заворин А.С.    |
|                                                                                                                             |   | О.В. Брусник    |
|                                                                                                                             |                                                                                      | В.Ю. Половников |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

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

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                          | Код результата освоения ООП | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                   |                             | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                                |
| ОПК(У)-2        | Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования | Р1                          | ОПК(У)-2.В23                                                | Владеет опытом планирования и проведения физических исследований в области механики и термодинамики адекватными экспериментальными методами, оценки точности и погрешности измерений, анализа полученных результатов                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                   |                             | ОПК(У)-2.У25                                                | Умеет выбирать закономерность для решения задач механики и термодинамики, исходя из анализа условия, объяснять на уровне гипотез отклонения полученных экспериментальных данных от известных теоретических и экспериментальных зависимостей |
|                 |                                                                                                                                                                                                                   |                             | ОПК(У)-2.З32                                                | Знает фундаментальные законы механики и термодинамики                                                                                                                                                                                       |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части междисциплинарного профессионального модуля 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                                          | Определять термические и калорические параметры газов и газовых смесей и законов их изменения в различных термодинамических процессах;                                               | ОПК(У)-2                         |
| РД 2                                          | Проводить анализ эффективности циклов ПТУ и ГТУ применяемых в нефтегазовой отрасли;                                                                                                  | ОПК(У)-2                         |
| РД 3                                          | Применять методы расчета параметров теплообменной аппаратуры, решать задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией теплотехнических систем применяемых в нефтегазовой отрасли; | ОПК(У)-2                         |

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 1.</b><br>Введение. Основные положения теории теплопроводности. | РД-1                                         | Лекции                    | 6                 |
|                                                                           | РД-2                                         | Практические занятия      | 6                 |
|                                                                           | РД-3                                         | Лабораторные занятия      | 4                 |
|                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |
| <b>Раздел 2.</b><br>Основы теории подобия.                                | РД-1                                         | Лекции                    | 4                 |
|                                                                           | РД-2                                         | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                           | РД-3                                         | Лабораторные занятия      | 6                 |
|                                                                           |                                              | Самостоятельная работа    | 20                |

|                                              |      |                        |           |
|----------------------------------------------|------|------------------------|-----------|
| <b>Раздел 3.</b><br>Конвективный теплообмен. | РД-1 | Лекции                 | <b>6</b>  |
|                                              | РД-2 | Практические занятия   | <b>6</b>  |
|                                              | РД-3 | Лабораторные занятия   | <b>4</b>  |
|                                              |      | Самостоятельная работа | <b>20</b> |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Введение. Основные положения теории теплопроводности.**

Теплопроводность с позиций молекулярно-кинетической теории. Температурное поле, температурный градиент, тепловой поток. Стационарный и нестационарный тепловые процессы. Закон Фурье, коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности в твердом теле. Коэффициент температуропроводности, его физический смысл. Условия однозначности для процессов теплопроводности. Закон Ньютона–Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Граничные условия первого, второго и третьего рода.

Сущность процесса нестационарной теплопроводности и причины, его вызывающие. Изменение температурного поля и количества передаваемой теплоты во времени. Стадии (режимы) развития нестационарного процесса.

##### **Тема лекции:**

1. Теплопроводность и теплопередача при стационарном режиме.
2. Теплопроводность при нестационарном режиме.

##### **Темы практических занятий:**

1. Расчет параметров воды и водяного пара.
2. Цикл Ренкина.
3. Теплообменные аппараты.

##### **Раздел 2. Основы теории подобия.**

Физическое описание конвективного теплообмена как совокупности нескольких процессов переноса теплоты. Факторы, влияющие на интенсивность процесса.

Математическое описание конвективного теплообмена: дифференциальное уравнение теплопроводности (уравнение энергии), уравнение конвективного теплообмена. Дифференциальные уравнения движения и сплошности (без выводов). Условия однозначности для стационарных процессов конвективного теплообмена.

Основы теории подобия. Критерии определяющие и определяемые. Методы получения критериев подобия из дифференциальных уравнений. Критерии гидромеханического и теплового подобия. Критериальные уравнения (уравнения подобия) – основа обобщения данных единичного опыта. Определяющая температура и определяющий размер. Примеры уравнений подобия. Границы применения обобщений.

##### **Тема лекции:**

3. Подобные явления. Теоремы подобия.
4. Критерии (числа) подобия как характеристики подобных явлений.

##### **Темы практических занятий:**

4. Теплопроводность тел с внутренними источниками тепла.
5. Расчет нестационарной теплопроводности.
6. Теплообмен излучением.

##### **Раздел 3. Конвективный теплообмен.**

Основные факторы, обуславливающие естественную конвекцию. Характер движения жидкости вблизи вертикальной пластины (ламинарная, турбулентная и переходная области), изменение коэффициента теплоотдачи по высоте пластины. Характер движения жидкости вблизи горизонтальных труб и горизонтальных пластин. Уравнение подобия для свободного

движения в неограниченном объеме.

Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Ламинарный и турбулентный режимы движения. Особенности гидродинамики и теплообмена при движении в трубах. Механизм теплообмена и общий вид уравнений подобия при ламинарном и турбулентном стабилизированном течении жидкости. Теплоотдача при внешнем обтекании одиночных труб и трубных пучков. Критериальные зависимости для внешнего обтекания труб газом или жидкостями. Типы пучков труб. Характер движения газа и теплоотдача для коридорных и шахматных пучков.

Механизм кипения жидкости: перегрев жидкости и наличие центров парообразования как условия возникновения паровой фазы. Механизм отрыва и движения пузырей, пузырьковый и пленочный режимы кипения. Зависимость коэффициента теплоотдачи и плотности теплового потока от температурного напора при кипении в большом объеме. Формулы для расчета коэффициента теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении в большом объеме.

Пленочная и капельная конденсация. Основы теории пленочной конденсации пара на вертикальной поверхности при ламинарном движении пленки. Расчет среднего коэффициента теплоотдачи. Теплоотдача при пленочной конденсации пара на одиночной горизонтальной трубе.

**Тема лекции:**

5. Конвективный теплообмен в однофазной среде.
6. Конвективный теплообмен при изменении агрегатного состояния.

**Темы практических занятий:**

7. Расчет теплоотдачи при естественной конвекции.
8. Расчет теплоотдачи при вынужденном течении жидкости в трубах.

## **5. Организация самостоятельной работы студентов**

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

- Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Подготовка к лабораторным занятиям;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

1. Кириллин, Владимир Алексеевич. Техническая термодинамика: учебник для вузов / В. А. Кириллин, В. В. Сычев, А. Е. Шейндлин. — 5-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. — 495 с.: ил.: 27 см.. — Предм. указ.: с. 489-494. — Библиогр.: с. 488.. — ISBN 978-5-383-00263-6 ((в пер.))

2. Рабинович, Оскар Маркович. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие / О. М. Рабинович. — 5-е изд., перераб.. — Стереотипное издание. — Москва: Альянс, 2015. — 344 с.: ил. + диаграмма.. — Перепечатка с издания 1973 г.. — ISBN 978-5-91872-085-1.

3. Голдаев, Сергей Васильевич. Основы технической термодинамики: учебное пособие для вузов / С. В. Голдаев, Ю. А. Загоров; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 224 с.: ил.. — Библиогр.: с. 220.. — ISBN 978-5-98298-571-2.

4. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : учебник для бакалавров / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 2-е изд. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740MB). — Москва: Юрайт, 2013. — 1

Мультимедиа CD-ROM. — Электронные учебники издательства Юрайт. — Электронная копия печатного издания. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Pentium 100 MHz, 16 Mb RAM, Windows 95/98/NT/2000, CDROM, SVGA, звуковая карта, Internet Explorer 5.0 и выше. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2013/FN/fn-2407.pdf> (дата обращения: 05.06.2017). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Борисов, Борис Владимирович Практикум по технической термодинамике [Электронный ресурс]: учебное пособие / Б. В. Борисов, А. В. Крайнов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Энергетический институт (ЭНИИ), Кафедра теоретической и промышленной теплотехники (ТПТ). — 1 компьютерный файл (pdf; 4.1 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из корпоративной сети ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader. URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m410.pdf> (дата обращения: 05.06.2017). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература

1. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие для вузов / Т. Н. Андрианова [и др.]. — 4-е изд., перераб. и доп.. — Москва: Изд-во МЭИ, 2000. — 356 с.: ил.. — ISBN 5-7046-0436-6. — ISBN 5-7046-0634-2.

2. Иванова, И. В.. Сборник задач по технической термодинамике : учебное пособие для студентов очной формы обучения [Электронный ресурс] / Иванова И. В.. — 2-е изд.. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2012. — 168 с.. — Книга из коллекции СПбГЛТУ - Инженерно-технические науки.. — ISBN 978-5-9239-0515-1.

Схема доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=45361](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=45361) (контент)

3. Теплотехника: учебник для вузов / В. Н. Луканин [и др.]; под ред. В. Н. Луканина. — 4-е изд., испр.. — Москва: Высшая школа, 2003. — 671 с.: ил.. — Библиогр.: с. 670-671.. — ISBN 5-06-003958-7.

4. Коновалова, Лидия Степановна. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика: учебное пособие / Л. С. Коновалова, Ю. А. Загромов; Томский политехнический университет; Институт дистанционного образования. — 3-е изд., стер.. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 136 с.: ил.. — Библиогр.: с. 129..

5. Коновалова Л.С., Загромов Ю.А. Теоретические основы теплотехники. Примеры и задачи. Учебн. пособие. — Томск: Изд. ТПУ, 2001. — 116 с..

6. Голдаев С.В., Загромов Ю.А. Основы технической термодинамики ТПУ. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. — 224 с

### 6.2. Информационное и программное обеспечение

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

1. <https://portal.tpu.ru/SHARED/z/ZGR> персональный сайт к.т.н., доцента ОНД — Зиякаева Г.Р.

2. Словари и энциклопедии. Режим доступа: <http://dic.academic.ru>

3. Электронно-библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»: <http://rucont.ru>

4. Информационно-справочных система «Кодекс» - <http://kodeks.lib.tpu.ru/>

5. Научно-электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>

6. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

7. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>

8. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>

9. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic; Mozilla Firefox ESR; Notepad++; Oracle VirtualBox; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; XnView Classic; Zoom Zoom

## **7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины**

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

| <b>№</b> | <b>Наименование специальных помещений</b>                                                                                                                                                                                         | <b>Наименование оборудования</b>                                                                                                                                                                                         |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.       | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,<br>47                       | Комплект учебной мебели на 36 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.;<br>Проектор - 1 шт.                                                                                                                                 |
| 2.       | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а,<br>46                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.;<br>Проектор - 1 шт.                                                                                          |
| 3.       | 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,<br>27 | Комплект лабораторного оборудования<br>"Теоретические основы теплотехники" - 1 шт.;<br>Доска аудиторная поворотная - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 19 посадочных мест;<br>Компьютер - 1 шт.;<br>Телевизор - 1 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 21.03.01 «Нефтегазовое дело» / профиль подготовки «Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений» (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик:

| Должность | Подпись | ФИО             |
|-----------|---------|-----------------|
| Доцент    |         | В.Ю. Половников |

Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры Разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений (протокол от «23» июня 2017 г. № 8).

И. о. заведующего кафедрой-руководителя отделения  
на правах кафедры, д.г.-м.н, профессор

\_\_\_\_\_ И. А. Мельник  
подпись

**Лист изменений рабочей программы дисциплины:**

| Учебный год               | Содержание /изменение                                                                          | Обсуждено на заседании ОНД<br>(протокол) |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 2020_/2021<br>учебный год | 1. Актуализирован раздел «Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины» | От 26.06.2020 г.<br>№ 25                 |