

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**

**Современные тепломассообменные технологии, аппараты и системы**

|                                                                                                                        |                                                                        |                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Направление подготовки/ специальность                                                                                  | <b>13.04.01 - Теплоэнергетика и теплотехника</b>                       |                        |
| Образовательная программа (направленность (профиль))                                                                   | <b>Технологии сжижения природного газа и промышленная теплотехника</b> |                        |
| Специализация                                                                                                          |                                                                        |                        |
| Уровень образования                                                                                                    | высшее образование - магистратура                                      |                        |
| Курс                                                                                                                   | 1                                                                      | 2                      |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)                                                                            | 6                                                                      |                        |
| Виды учебной деятельности                                                                                              | Временной ресурс                                                       |                        |
| Контактная (аудиторная) работа, ч                                                                                      | Лекции                                                                 | 8                      |
|                                                                                                                        | Практические занятия                                                   | 32                     |
|                                                                                                                        | Лабораторные занятия                                                   | 40                     |
|                                                                                                                        | ВСЕГО                                                                  | 80                     |
| Самостоятельная работа, ч                                                                                              |                                                                        | 136                    |
| в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа) |                                                                        | <b>курсовая работа</b> |
| ИТОГО, ч                                                                                                               |                                                                        | <b>216</b>             |

Вид промежуточной аттестации

|                           |                              |                          |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|
| <b>Экзамен, Диф.зачет</b> | Обеспечивающее подразделение | <b>НОЦ И.Н. Бутакова</b> |
|---------------------------|------------------------------|--------------------------|

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

|                                                                                      |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
|  | А.С. Заворин  |
|   | В.И. Максимов |
|   | Б.В. Борисов  |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся направления **13.04.01 - Теплоэнергетика и теплотехника** (п. 5 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 усвоенные 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 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 |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                       | Индикаторы достижения компетенций |                                                                         | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                      | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         |                                                             | 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 формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки | И.1.ОПК(У)-1                      | Формулирует цели и задачи исследования                                  | ОПК(У)-1.B1                                                 | Имеет опыт формулирования целей и задач исследования                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.У1                                                 | Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля                                                                                                                                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.31                                                 | 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.B2                                                 | Имеет опыт формулирования целей и задач исследования                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.У2                                                 | Умеет ставить цели и инновационные задачи инженерного и научно-исследовательского профиля                                                                                                                                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.32                                                 | Методов решения профессиональных задач в газовой промышленности и технологий теплотехники                                                                                                                                                                                                                                 |
|                 |                                                                                                                | И.3.ОПК(У)-1                      | Формулирует критерии принятия решения                                   | ОПК(У)-1.B2                                                 | Владеет навыками применения методов выбора критериев оптимальности и эффективности целей при решении профессиональных задач                                                                                                                                                                                               |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.У3                                                 | Умеет формулировать критерии оптимальности и эффективности целей при решении профессиональных задач                                                                                                                                                                                                                       |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-1.32                                                 | Знает методы решения задач оптимизации параметров в различных сложных системах                                                                                                                                                                                                                                            |
| ОПК(У)-2        | Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы     | И.1.ОПК(У)-2                      | Выбирает необходимый метод исследования для решения поставленной задачи | ОПК(У)-2.B1                                                 | Имеет опыт выбора наиболее эффективных методов решения профессиональных задач                                                                                                                                                                                                                                             |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-2.У1                                                 | Умеет решать инновационные задачи исследования теплоэнергетических процессов                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 |                                                                                                                |                                   |                                                                         | ОПК(У)-2.31                                                 | Знает основные методы инновационных инженерных исследований, технических испытаний и сложных экспериментов в области теплоэнергетики                                                                                                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                | И.2.ОПК(У)-2                      | Проводит анализ полученных результатов                                  | ОПК(У)-2.B1                                                 | Владеет анализом и разработкой рекомендации по                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                                                                                                                                                  | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                             | результатам научных исследований объектов теплоэнергетических процессов                                                                                                                                                                                                                                              |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-2.У2                                                 | Умеет формулировать выводы в условиях неоднозначности с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований                                                                                                                                                                                  |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | ОПК(У)-2.32                                                 | Знает современного состояния и перспектив повышения эффективности газовой промышленности и технологий теплотехники                                                                                                                                                                                                   |
|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | И.3.ОПК(У)-2                      | Представляет результаты выполненной работы                                                                                                                                                                                                                                                          | ОПК(У)-2.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)-2.33                                                 | Знание современной аргументации по оценке 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 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, ра-                                                                                                                                                  | ПК(У)-4.В2                                                  | Имеет опыт эксплуатации теплотехнического, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также техноло-                                                                                                                                                                            |

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                 | Индикаторы достижения компетенций |                                                                                                                                                                                 | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенции) |                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                          | Код индикатора                    | Наименование индикатора достижения                                                                                                                                              | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                          |                                   | ботающие под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в теплоэнергетике, газовой, химической и атомной промышленности                            |                                                             | гических 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, тепло-механическое, 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.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)-5.31                                                  | Знает современные предприятия в профессиональной области деятельности, методы анализа эффективности их работы и способы модернизации оборудования и систем                                                                          |

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

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

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Индикатор достижения компетенции                        |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                         |
| РД1                                           | Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки при проектировании и эксплуатации современных аппаратов и систем | И.1.УК(У)-1<br>И.2.УК(У)-1<br>И.3.УК(У)-1<br>И.1УК(У)-6 |
| РД2                                           | Способен осуществлять проектирование и эксплуатацию теплотехни-                                                                                                                                                                                                                                                 | И.1. ПК(У)-4<br>И.2. ПК(У)-4                            |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | ческого, тепломеханического, теплообменного основного и вспомогательного оборудования, а также технологических установок, работающих под избыточным давлением, в строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, в тепло-энергетике, газовой, химической и атомной промышленности     |                                                                                                   |
| РД3 | Способность осуществлять планирование и научное руководство работ в соответствующей области знаний с целью повышения энергоэффективности энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования с использованием современных методов и программно-технических систем | И.1.ОПК(У)-1,<br>И.2.ОПК(У)-1,<br>И.3.ОПК(У)-1,<br>И.1.ОПК(У)-2,<br>И.2.ОПК(У)-2,<br>И.3.ОПК(У)-2 |
| РД4 | Повышать энергоэффективность энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования с использованием современных методов и программно-технических систем.                                                                                                            | 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. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.<br/>Введение</b>                                                                                   | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5                | Лекции                    | <b>1</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      | <b>0</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | <b>0</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | <b>16</b>         |
| <b>Раздел 2.<br/>Основные теплообменные процессы и теплообменное оборудование технологического производства</b> | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5                | Лекции                    | <b>1</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      | <b>6</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |
| <b>Раздел 3.<br/>Основные массообменные процессы и оборудование</b>                                             | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5                | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      | <b>6</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | <b>16</b>         |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |
| <b>Раздел 4.<br/>Современные установки для трансформации теплоты</b>                                            | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5                | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      | <b>10</b>         |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |
| <b>Раздел 5.<br/>Совершенствование теплообменных аппаратов и систем</b>                                         | РД1, РД2,<br>РД3, РД4,<br>РД5                | Лекции                    | <b>2</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Практические занятия      | <b>10</b>         |
|                                                                                                                 |                                              | Лабораторные занятия      | <b>8</b>          |
|                                                                                                                 |                                              | Самостоятельная работа    | <b>30</b>         |

Содержание разделов дисциплины:

##### **Раздел 1. Экспериментальные исследования тепломассообменных процессов. Методы моделирования процессов гидродинамики и теплообмена**

Тепломассообменные процессы, их классификация, физические механизмы реализации, основные закономерности. Методы физического и математического моделирования процессов тепломассообмена. Инструментарий определения (экспериментального и расчетного) основных параметров тепломассообменных процессов.

**Темы лекций:**

1. Основные понятия и определения.

**Темы практических занятий:**

1. Определение параметров термодинамических процессов газов и криогенных систем.

|                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 2. Основные теплообменные процессы и теплообменное оборудование технологического производства</b> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Классификация процессов и технологий. Процессы идеальные и реальные. Эффективность технологий тепломассообмена, способы ее оценки (экспериментальные, инженерные расчетные, математическое моделирование).

**Темы лекций:**

1. Классификация теплообменного оборудования промышленных предприятий. Способы отвода и подвода тепла. Назначение и классификация теплообменных аппаратов.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет теплообменников различного типа.

**Названия лабораторных работ:**

1. Расчет процессов теплообмена в конденсаторе теплового насоса. Расчет процессов теплообмена в испарителе теплового насоса.

|                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 3. Основные массообменные процессы и оборудование</b> |
|-----------------------------------------------------------------|

Классификация процессов, технологий и аппаратов тепломассообмена. Эффективность технологий тепломассообмена, способы и перспективы ее повышения.

**Темы лекций:**

1. Классификация тепломассообменных процессов: конденсация, выпаривание, осушка, дистилляция, плавление, кристаллизация, затвердевание, абсорбция, адсорбция, мембранное разделение. Тепломассообменные установки: подогревательные, конденсационные и холодильные; выпарные, опреснительные, дистилляционные, ректификационные, сушильные.

**Темы практических занятий:**

1. Расчеты теплоотдачи и аппаратов при парообразовании.
2. Расчеты критических параметров истечения и затекания двухфазных систем.

**Названия лабораторных работ:**

1. Определение параметров термодинамических процессов

|                                                                  |
|------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 4. Современные установки для трансформации теплоты</b> |
|------------------------------------------------------------------|

Вспоминаем холодильные циклы и циклы теплотрансформаторов. Современные установки для получения умеренных и криогенных температур. Эксергетические характеристики холодильных аппаратов. Использование холодильных циклов в процессах теплотрансформации и их современное реальное воплощение в конструктивных решениях.

**Темы лекций:**

1. Классификация, принцип действия, области применения тепловых насосов, холодильных машин и аппаратов.

**Темы практических занятий:**

1. Тепловые расчеты холодильных машин. Расчеты параметров течения криогенных жидкостей. Расчеты критических параметров истечения и затекания двухфазных систем.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование теплопереноса в камере холодильной установки. Исследование теплопереноса в камере морозильной установки.

|                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 5. Совершенствование теплообменных аппаратов и систем</b> |
|---------------------------------------------------------------------|

Краткое описание методов интенсификации процессов теплообмена. Особенности использование методов оребрения поверхности теплообмена. Использование капиллярных явлений для интенсификации процессов теплоотдачи. Капельная конденсация. Увеличение центров парообразования и каплеобразования. Перспективы лазерной обработки поверхности теплообмена.

**Темы лекций:**

1. Перспективные поверхности теплообмена. Методы интенсификации теплообмена. Важные аспекты энергосбережения в тепломассообменных технологиях, аппаратах и системах.

**Темы практических занятий:**

1. Расчет утилизации теплоты охлаждающих жидкостей.

**Названия лабораторных работ:**

1. Исследование работы парокompрессионного теплового насоса

**Тематика курсовых работ (теоретический раздел)**

1. Расчет основных характеристик теплового насоса (тип задан преподавателем).
2. Анализ основных характеристик теплообменного аппарата (тип задан преподавателем).
3. Выбор типа и геометрии теплообменного аппарата по исходным данным параметрам для нагреваемого (охлаждаемого) теплоносителя.

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;
- Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- Перевод текстов с иностранных языков;
- Подготовка к лабораторным работам и к практическим занятиям;
- Выполнение курсовой работы;
- Исследовательская работа и участие в научных студенческих конференциях, семинарах и олимпиадах;
- Анализ научных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

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

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

**Основная литература:**

1. Карапузова Н. Ю. Тепломассообменное оборудование предприятий / Н.Ю. Карапузова, В.М. Фокин. - Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. - 68 с. - ISBN 978-5-98276-518-5. - URL:

- <http://ezproxy.ha.tpu.ru:3528/bookshelf/29743/reading> (дата обращения: 01.12.2020). - Текст: электронный.
2. Логинов В. С.. Примеры и задачи по тепломассообмену [Электронный ресурс] / Логинов В. С., Крайнов А. В., Юхнов В. Е., Феоктистов Д. В., Шабунина О.С.. — 3-е изд., стер. — Лань, 2017. — 256 с. — Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. — ISBN 978-5-8114-1132-0. Схема доступа: <https://e.lanbook.com/book/112072> (контент)
  3. Бурдаков, Валерий Павлович. Теплофизика: учебное пособие [Электронный ресурс] / В. П. Бурдаков. — Мультимедиа ресурсы (10 директорий; 100 файлов; 740МВ). — Москва: Академия, 2014. Схема доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/FN/fn-48.pdf> (контент)

#### **Дополнительная литература:**

1. Бродов, Ю.М.. Справочник по теплообменным аппаратам паротурбинных установок : справочник / Бродов Ю.М. / Аронсон К.Э. / Рябчиков А.Ю. / Ниренштейн М.А.. — Москва: МЭИ, 2017. — с.. — ISBN 978-5-383-01111-9. Схема доступа: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011119.html> (контент)
2. Барилевич В. А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: учебное пособие / В.А. Барилевич, Ю.А. Смирнов. — Москва: Инфра-М, 2014. — 432 с.: ил.. — Высшее образование. Бакалавриат. — Библиогр.: с. 421-422. — ISBN 978-5-16-005771-2. <http://catalog.lib.tpu.ru/catalogue/simple/document/RU%5CTPU%5Cbook%5C288293>
3. Борисов Б. В. Практикум по технической термодинамике и тепломассообмену : учебное пособие [Электронный ресурс] / Б. В. Борисов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 1 компьютерный файл (pdf; 2.2 MB). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 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/2011/m249.pdf> (контент)

## **6.2 Информационное обеспечение**

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

1. <http://e-le.lcg.tpu.ru> – информационно-образовательная среда дистанционного обучения WebCT.
2. <http://www.teploenergetika.info> – информационный портал посвященный теплоэнергетике;
3. <http://03-ts.ru> – электронная библиотека для теплотехников и теплоэнергетиков, работающих на электростанциях и промышленных предприятиях различных отраслей хозяйства страны, а также научных работников и студентов вузов соответствующих специальностей.
4. <http://elibrary.ru> – научно-электронная библиотека eLibrary.ru.
5. <http://techlibrary.ru/>.

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, теку- | Комплект учебной мебели на 32 посадочных мест;<br>Стол письменный - 3 шт.;<br>Компьютер - 1 шт.; Проектор - 1 шт.<br>Лабораторный комплекс ЛКТТ-7М "Коэффициент теплового излучения твердого тела" - 1 шт.; Установка |

|    |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | щего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 29                                                                             | 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 Еа2 ВL508 - 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<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 201 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 40 посадочных мест;<br>Доска аудиторная поворотная - 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:

| Должность                   | Подпись                                                                             | ФИО          |
|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Профессор НОЦ И.Н. Бутакова |  | Б.В. Борисов |

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<br>НОЦ И.Н. Бутакова (прото-<br>кол) |
|-------------|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
|             |                       |                                                             |
|             |                       |                                                             |
|             |                       |                                                             |
|             |                       |                                                             |
|             |                       |                                                             |