



Министерство науки  
и высшего образования РФ  
ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»  
Институт дистанционного  
и дополнительного образования



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор ИДДО

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|--|-------------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
| Владелец   | Шиндина Т.А.                  |
| Идентификатор                                      | Rd0ad64b2-ShindinaTA-e12224c9 |

Т.А. Шиндина  
(расшифровка подписи)

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
*профессиональной переподготовки*

**Наименование  
программы**

Промышленная теплоэнергетика и системы  
автоматизации в теплоснабжении

**Форма обучения**

заочная

**Выдаваемый документ**

диплом о профессиональной переподготовке

**Новая квалификация**

не присваивается

**Центр ДО**

Кафедра "Тепломассообменных процессов и установок"

Зам. начальника  
ОДПО

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|--|-------------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
| Владелец   | Мамонтова Е.П.                |
| Идентификатор                                      | R3626ebac-MamontovaYP-dd49d0f |

Е.П.  
Мамонтова

Начальник ОДПО

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|--|---------------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
| Владелец   | Селиверстов Н.Д.                |
| Идентификатор                                      | Rf19596d9-SeliverstovND-39ee0b7 |

Н.Д.  
Селиверстов

Начальник ФДО

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|--|-----------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
| Владелец   | Малич Н.В.                  |
| Идентификатор                                      | R13696f6e-MalichNV-45fe3095 |

Н.В. Малич

Руководитель ТМПУ

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|--|---------------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
| Владелец   | Щербатов И.А.                   |
| Идентификатор                                      | R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17 |

И.А.  
Щербатов

Руководитель  
образовательной  
программы

| Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                 |
|--|---------------------------------|
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                 |
| Владелец   | Щербатов И.А.                   |
| Идентификатор                                      | R6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17 |

И.А.  
Щербатов

Москва



## **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММЫ**

**Цель:** подготовка выпускника, способного осуществлять профессиональную деятельность в области теплоэнергетики, теплоснабжения и теплоэнергетического оборудования, а также решать задачи профессиональной деятельности.

**Программа составлена в соответствии:**

- с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утвержденным приказом Минобрнауки от 27.10.2023 г. № 17-9/23, зарегистрированным в Минюсте России г. № .

- с Профессиональным стандартом 16.014 «Специалист по организации эксплуатации систем коммунального теплоснабжения», утвержденным приказом Минтруда 18.01.2023 г. № 23н, зарегистрированным в Минюсте России \_\_\_\_\_ г. № , уровень квалификации 7.

**Форма реализации:** обучение с применением ЭО и ДОТ.

**Форма обучения:** заочная.

**Режим занятий:**

Расписание занятий по дополнительной образовательной программе может устанавливаться в зависимости от набора в группы. Конкретные даты проведения занятий указываются в договоре на оказание образовательных услуг. Данные расписания хранятся в электронной системе учета хода реализации программы. При любом графике занятий учебная нагрузка устанавливается не более 40 часов в неделю, включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) учебной работы слушателя.

**Требования к уровню подготовки слушателя, необходимые для освоения программы:** лица, желающие освоить дополнительную профессиональную программу, должны иметь среднее или начальное образование. Наличие указанного образования должно подтверждаться документом государственного или установленного образца.

**Выдаваемый документ:** при успешном прохождении программы и сдаче итоговой аттестации выдается диплом о профессиональной переподготовке установленного образца.

**Срок действия итоговых документов**

Срок действия итоговых документов регламентируется на основе правил по работе с персоналом в сфере деятельности данной программы, устанавливается на основе содержания программы и составляет (в годах): бессрочно.

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 2.1. Компетенции

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать компетенциями (табл. 1).

Таблица 1

Компетентностно-ориентированные требования к результатам освоения программы

| Компетенция  | Требования к результатам  |
|--|---|
| ОПК-3: Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- О термических и калорических свойствах веществ, методах получения информации о них;</li> <li>- Основные понятия и термины в области технической термодинамики, их физический смысл;</li> <li>- О основные законы термодинамики, методы их применения для расчета и анализа термодинамических процессов.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Вычислять показатели энергетической эффективности термодинамических процессов, прямых и обратных термодинамических циклов;</li> <li>- Определять рабочие параметры работы технического оборудования, анализировать влияние их изменения на показатели эффективности теплотехнических установок и систем.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть навыками расчета и анализа термодинамических циклов.</li> </ul> |
| ОПК-5: Способен учитывать свойства конструкционных материалов в теплотехнических расчетах с учетом динамических и тепловых нагрузок  | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Знать промышленные теплоэнергетические системы.</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Уметь рассчитывать теплоэнергетические параметры.</li> </ul> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Владеть методами анализы результатов.</li> </ul>   |
| ОПК-6: Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники   | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основные методы измерений физических величин (прямое измерение, косвенное измерение, метод сравнения);;</li> <li>- Устройство и принципы работы приборов для измерения напряжения, силы тока, сопротивления, температуры, давления и других характеристик;;</li> <li>- Нормы точности и правила обработки результатов измерений согласно стандартам ГОСТ..</li> </ul>  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Подбирать подходящие приборы и методики для конкретной величины и условий измерения;;</li> <li>- Проводить калибровку и проверку работоспособности измерительных устройств;;</li> <li>- Выполнять измерения с соблюдением требований техники безопасности и норм метрологии..</li> </ul> <p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Навыком правильного обращения с электроизмерительными приборами (вольтметрами, амперметрами, омметрами, мультиметрами);;</li> <li>- Умениями документирования результатов измерений и оценки их погрешности;;</li> <li>- Методиками расчета необходимой точности и подбора оптимального диапазона измерений..</li> </ul> |
|--|---|

В результате освоения программы слушатель должен быть способен реализовывать трудовые функции в соответствии с профессиональным стандартом (табл. 2).

Уровень квалификации 5.

Таблица 2

**Практико-ориентированные требования к результатам освоения программы**

| Трудовые функции  | Требования к результатам   |
|---|--|
| 16.014 «Специалист по организации эксплуатации систем коммунального теплоснабжения»   |  |
| ПК-78./А/01.5/1<br>Способен осуществлять проверку технического состояния трубопроводов и оборудования тепловых сетей коммунального теплоснабжения | <p><b>Трудовые действия:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проведение гидравлических, теплотехнических и технических испытаний тепловых сетей.</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Составлять заявки на инструмент, материалы, инвентарь и оборудование для выполнения работ по оценке технического состояния трубопроводов и оборудования тепловых сетей.</li> </ul> <p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Требования охраны труда, пожарной безопасности.</li> </ul> |
| ПК-78./А/02.5/1<br>Способен осуществлять анализ и контроль процесса передачи тепловой энергии и теплоносителя                                     | <p><b>Трудовые действия:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Технический и технологический контроль выполнения работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту оборудования и трубопроводов тепловых сетей, обеспечения исполнений требований законодательства Российской Федерации в области технического регулирования, обеспечения безопасности процессов для жизни и здоровья человека и окружающей среды, а также экономии природных ресурсов.</li> </ul>  |

|   |   |
|---|---|
|   | <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Применять современные программные средства разработки технологической документации и управления технологическими процессами в сфере теплоснабжения.</li> </ul> <p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Правила технической эксплуатации оборудования и трубопроводов тепловых сетей.</li> </ul>   |
| ПК-78./А/03.5/1<br>Способен осуществлять работы по эксплуатации трубопроводов и оборудования тепловых сетей | <p><b>Трудовые действия:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Координация работы производственного персонала по техническому обслуживанию и ремонту трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, металлоконструкций, сальниковых компенсаторов и другого оборудования тепловых сетей согласно утвержденным планам-графикам.</li> </ul> <p><b>Умения:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Проводить испытания, регулировку и прием оборудования тепловых сетей после ремонта.</li> </ul> <p><b>Знания:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Основы теплотехники.</li> </ul> |

## 2.2. Характеристика нового вида профессиональной деятельности, новой квалификации

В результате освоения дополнительной образовательной программы «Промышленная теплоэнергетика и системы автоматизации в теплоснабжении» слушатель должен быть готов к области профессиональной деятельности, объектам и задачам.

**Область/сфера** профессиональной деятельности слушателя, прошедшего обучение по программе профессиональной переподготовки включает:

- 28 Производство машин и оборудования (в сфере проектирования объектов теплоэнергетики и теплотехники).
- 16 Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство (в сфере проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники).
- 16 Строительство и ЖКХ (в сфере проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники).
- 28 Производство машин и оборудования (в сфере проектирования объектов теплоэнергетики и теплотехники).

**Объектами** профессиональной деятельности являются:

- котельные установки различного назначения.
- тепловые сети и системы теплоснабжения.
- установки систем кондиционирования воздуха.

Выпускник программы должен уметь решать профессиональные **задачи** по видам профдеятельности:

*сервисно-эксплуатационный:*

- Расчет тепловой нагрузки;

- Подбор оборудования ИТП и ЦП.

В результате освоения дополнительной образовательной программы слушатель должен обладать способностями к выполнению **нового вида деятельности** соответствующего присваиваемой **квалификации (не предусмотрено)**.

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ (РАБОЧИЕ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИН (МОДУЛЕЙ))**

#### **3.1. Трудоемкость программы**

Трудоемкость программы включая все виды аудиторной и внеаудиторной (самостоятельной) работы составляет:

- **60** зачетных единиц;
- **2160** ак. ч.

Структура программы с указанием наименования дисциплин (модулей) и их трудоемкости представлена в табл. 3.

Учебный план дополнительной образовательной программы представлен в приложение А., являющийся неотъемлемой частью программы.

Таблица 3  
Структура программы и формы аттестации

| №     | Наименование дисциплин (модулей)    | Всего | Контактная работа, ак. ч |                      |                |          |                               |                   | Форма аттестации                     |   |   |    |    |  |
|-------|-------------------------------------|-------|--------------------------|----------------------|----------------|----------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------------|---|---|----|----|--|
|       |                                     |       | аудиторные занятия       | электронное обучение | обучение с ДОТ | контроль | Самостоятельная работа, ак. ч | Стажировка, ак. ч | текущий контроль (тест, опрос и пр.) | промежуточная аттестация (зачет, экзамен, защита отчета о стажировке) | итоговая аттестация (итоговый зачет, итоговый экзамен, доклад по результатам стажировки, итоговый аттестационный экзамен, итоговая аттестационная работа) |    | 14 |  |
| 1     | 2                                   | 3     | 4                        | 5                    | 6              | 7        | 8                             | 9                 | 11                                   | 12  | 13  | 14 |    |  |
| 1     | Источники и системы теплоснабжения  | 324.0 | 90.3                     | 72                   | 18             | 0.3      | 23.3.7                        |                   |                                      |   | Зачет   |    |    |  |
| 1.1.  | Тепловое потребление                | 34    | 10                       | 8                    | 2              |          | 24                            |                   |                                      |   |   |    |    |  |
| 1.10. | Промежуточная аттестация            | 18.0  | 0.3                      |                      |                | 0.3      | 17.7                          |                   |                                      |   |   |    |    |  |
| 1.2.  | Регулирование систем теплоснабжения | 34    | 10                       | 8                    | 2              |          | 24                            |                   |                                      |   |   |    |    |  |
| 1.3.  | Тепловые пункты и тепловые сети     | 34    | 10                       | 8                    | 2              |          | 24                            |                   | Тестирование                         |   |   |    |    |  |

|      |  |                   |          |  |    |    |     |           |  |                       |       |  |  |
|------|--|-------------------|----------|--|----|----|-----|-----------|--|-----------------------|-------|--|--|
| 1.4. | Гидравлический и тепловой расчет ТС  | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 1.5. | Теплоэлектроцентр али промышленных предприятий   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 1.6. | Промышленно- отопительные котельные  | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 1.7. | Тепловые сети  | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 1.8. | Особенности использования газотурбинных агрегатов и двигателей внутреннего сгорания для комбинированной выработки теплоты и электроэнергии | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 1.9. | Атомные источники теплоснабжения   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                       |       |  |  |
| 2    | Системы топливоснабжения   | 1<br>0<br>8.<br>0 | 24<br>.3 |  | 16 | 8  | 0.3 | 83.<br>7  |  |                       | Зачет |  |  |
| 2.1. | Системы газоснабжения  | 2<br>2            | 6        |  | 4  | 2  |     | 16        |  |                       |       |  |  |
| 2.2. | Сжиженные углеводороды   | 2<br>2            | 6        |  | 4  | 2  |     | 16        |  | Контр ольна я работ а |       |  |  |
| 2.3. | Горение газов. Отчистка промышленных газов   | 2<br>2            | 6        |  | 4  | 2  |     | 16        |  |                       |       |  |  |
| 2.4. | Топливные хозяйства промышленных предприятий, работающих на твердом и жидким видах топлива   | 2<br>4            | 6        |  | 4  | 2  |     | 18        |  |                       |       |  |  |
| 2.5. | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |    | 0.3 | 17.<br>7  |  |                       |       |  |  |
| 3    | Котельные установки и парогенераторы   | 2<br>5<br>2.<br>0 | 64<br>.3 |  | 48 | 16 | 0.3 | 18<br>7.7 |  |                       | Зачет |  |  |
| 3.1. | Значение котельных   | 2<br>8            | 8        |  | 6  | 2  |     | 20        |  |                       |       |  |  |

|      |   |                   |          |  |    |   |     |           |  |                  |  |  |
|------|---|-------------------|----------|--|----|---|-----|-----------|--|------------------|--|--|
|      | установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах |                   |          |  |    |   |     |           |  |                  |  |  |
| 3.2. | Расчет горения твердых, жидкых и газообразных топлив  | 2<br>8            | 8        |  | 6  | 2 |     | 20        |  |                  |  |  |
| 3.3. | Тепловой баланс котельного агрегата   | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  | Тестирован<br>ие |  |  |
| 3.4. | Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах  | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  |                  |  |  |
| 3.5. | Гидродинамика котлов  | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  |                  |  |  |
| 3.6. | Водный режим и качество пара  | 2<br>8            | 8        |  | 6  | 2 |     | 20        |  |                  |  |  |
| 3.7. | Аэродинамика газовоздушного тракта  | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  |                  |  |  |
| 3.8. | Шлакозолоудаление в котельных агрегатах. Золоулавливание  | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  |                  |  |  |
| 3.9. | Промежуточная аттестация  | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |   | 0.3 | 17.<br>7  |  |                  |  |  |
| 4    | Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий  | 1<br>4<br>4.<br>0 | 34<br>.3 |  | 26 | 8 | 0.3 | 10<br>9.7 |  | Зачет            |  |  |
| 4.1. | Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика  | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2 |     | 24        |  |                  |  |  |
| 4.2. | Внутренние энергоресурсы и их   | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2 |     | 24        |  | Тестирован       |  |  |

|      |  |                   |          |  |    |   |     |           |  |    |              |  |
|------|--|-------------------|----------|--|----|---|-----|-----------|--|----|--------------|--|
|      | использование в системах теплоэнергоснабжения ПП   |                   |          |  |    |   |     |           |  | ие |              |  |
| 4.3. | ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом.<br>Энергобалансы   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2 |     | 24        |  |    |              |  |
| 4.4. | Горючие и тепловые ВЭ  | 2<br>8            | 8        |  | 6  | 2 |     | 20        |  |    |              |  |
| 4.5. | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |   | 0.3 | 17.<br>7  |  |    |              |  |
| 5    | Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем  | 1<br>4<br>4.<br>0 | 32<br>.3 |  | 24 | 8 | 0.3 | 11<br>1.7 |  |    | Зачет        |  |
| 5.1. | Математическое моделирование и системный анализ  | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2 |     | 22        |  |    |              |  |
| 5.2. | Методы оптимизации   | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2 |     | 24        |  |    |              |  |
| 5.3. | Примеры применения методов оптимизации.<br>Методы оптимизации.<br>Многокритериальная оптимизация математической модели газотурбинной установки                             | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2 |     | 24        |  |    | Тестирование |  |
| 5.4. | Применение методов математической статистики для построения математических моделей.<br>Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2 |     | 24        |  |    |              |  |
| 5.5. | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |   | 0.3 | 17.<br>7  |  |    |              |  |

|      |   |                   |          |  |    |    |     |           |  |                    |       |  |
|------|---|-------------------|----------|--|----|----|-----|-----------|--|--------------------|-------|--|
| 6    | Нагнетатели и тепловые двигатели        | 1<br>4<br>4.<br>0 | 32<br>.3 |  | 24 | 8  | 0.3 | 11<br>1.7 |  |                    | Зачет |  |
| 6.1. | Насосы и насосные установки             | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 6.2. | Вентиляторы и компрессоры               | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 6.3. | Газотурбинные и газопоршневые установки | 3<br>2            | 8        |  | 6  | 2  |     | 24        |  | Контрольная работа |       |  |
| 6.4. | Паротурбинные установки                 | 3<br>0            | 8        |  | 6  | 2  |     | 22        |  |                    |       |  |
| 6.5. | Промежуточная аттестация                | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |    | 0.3 | 17.<br>7  |  |                    |       |  |
| 7    | Тепломассообмен                         | 2<br>8<br>8.<br>0 | 80<br>.3 |  | 64 | 16 | 0.3 | 20<br>7.7 |  |                    | Зачет |  |
| 7.1. | Введение в тепломассообмен              | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.2. | Теплопроводность                        | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.3. | Свободная конвекция                     | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  | Домашнее задание   |       |  |
| 7.4. | Вынужденная конвекция                   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.5. | Теплообмен при фазовых превращениях     | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.6. | Теплообмен излучением                   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.7. | Тепломассообменные аппараты             | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 7.8. | Основы массообмена                      | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  |                    |       |  |
| 7.9. | Промежуточная аттестация                | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |    | 0.3 | 17.<br>7  |  |                    |       |  |
| 8    | Техническая термодинамика               | 2<br>5<br>2.<br>0 | 70<br>.3 |  | 56 | 14 | 0.3 | 18<br>1.7 |  |                    | Зачет |  |
| 8.1. | Основные понятия и законы термодинамики | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |
| 8.2. | Процессы                                | 3                 | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |       |  |

|      |  |                   |          |  |    |    |     |           |  |                    |  |  |
|------|--|-------------------|----------|--|----|----|-----|-----------|--|--------------------|--|--|
|      | идеального газа  | 4                 |          |  |    |    |     |           |  |                    |  |  |
| 8.3. | Свойства и процессы реального газа                                     | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  | Реферат            |  |  |
| 8.4. | Термодинамические циклы паротурбинных установок                        | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |  |  |
| 8.5. | Процессы в потоке вещества   | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |  |  |
| 8.6. | Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок          | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  |                    |  |  |
| 8.7. | Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  |                    |  |  |
| 8.8. | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |    | 0.3 | 17.<br>7  |  |                    |  |  |
| 9    | Гидrogазодинамика  | 1<br>0<br>8.<br>0 | 24.<br>3 |  | 20 | 4  | 0.3 | 83.<br>7  |  | Зачет              |  |  |
| 9.1. | Свойства и модели жидких сред  | 4<br>6            | 12       |  | 10 | 2  |     | 34        |  |                    |  |  |
| 9.2. | Гидростатика   | 4<br>4            | 12       |  | 10 | 2  |     | 32        |  |                    |  |  |
| 9.3. | Гидравлические сопротивления   | 1<br>8.<br>0      | 0.<br>3  |  |    |    | 0.3 | 17.<br>7  |  | Тестированье       |  |  |
| 10   | Электротехника   | 1<br>8<br>0.<br>0 | 50.<br>3 |  | 40 | 10 | 0.3 | 12<br>9.7 |  | Зачет              |  |  |
| 10.1 | Электрические цепи постоянного тока                                    | 3<br>4            | 10       |  | 8  | 2  |     | 24        |  |                    |  |  |
| 10.2 | Электрические цепи синусоидального тока                                | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  | Контрольная работа |  |  |
| 10.3 | Трехфазные электрические цепи  | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  |                    |  |  |
| 10.4 | Переходные процессы в линейных электрических                           | 3<br>2            | 10       |  | 8  | 2  |     | 22        |  |                    |  |  |

|        | целях  |                                   |                        |          |            |                 |           |                         |          |                |                                 |  |
|--------|--|-----------------------------------|------------------------|----------|------------|-----------------|-----------|-------------------------|----------|----------------|---------------------------------|--|
| 10.5 . | Электромагнитные и электромеханические устройства                      | 3<br>2                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 22                      |          |                |                                 |  |
| 10.6 . | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0                      | 0.<br>3                |          |            |                 | 0.3       | 17.<br>7                |          |                |                                 |  |
| 11     | Тепломассообменное оборудование предприятий                            | 1<br>8<br>0.<br>0                 | 50<br>.3               |          | 40         | 10              | 0.3       | 12<br>9.7               |          |                | Зачет                           |  |
| 11.1 . | Теплоносители. Теплообменники  | 3<br>2                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 22                      |          |                |                                 |  |
| 11.2 . | Расчет теплообменных аппаратов   | 3<br>2                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 22                      |          |                |                                 |  |
| 11.3 . | Регенеративные теплообменники  | 3<br>2                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 22                      |          | Тести рован ие |                                 |  |
| 11.4 . | Пластинчатые теплообменники  | 3<br>2                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 22                      |          |                |                                 |  |
| 11.5 . | Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки | 3<br>4                            | 10                     |          | 8          | 2               |           | 24                      |          |                |                                 |  |
| 11.6 . | Промежуточная аттестация   | 1<br>8.<br>0                      | 0.<br>3                |          |            |                 | 0.3       | 17.<br>7                |          |                |                                 |  |
| 12     | Итоговая аттестация  | 3<br>6.<br>0                      | 0.<br>5                |          |            |                 | 0.5       | 35.<br>5                |          |                | Итоговый аттестационный экзамен |  |
|        | <b>ИТОГО:</b>  | <b>2<br/>1<br/>6<br/>0.<br/>0</b> | <b>55<br/>3.<br/>8</b> | <b>0</b> | <b>430</b> | <b>12<br/>0</b> | <b>38</b> | <b>16<br/>06.<br/>2</b> | <b>0</b> |                |                                 |  |

### 3.2. Содержание программы (рабочие программы дисциплин (модулей))

Содержание дисциплин (модулей) представлено в табл. 4.

Содержание дисциплин (модулей)

Таблица 4

| №    | Наименование дисциплин (модулей)   | Содержание дисциплин (модулей)  |
|------|------------------------------------|---|
| 1.   | Источники и системы теплоснабжения |   |
| 1.1. | Тепловое потребление               | Особенности развития систем теплоснабжения в СССР и РФ. Назначение, состав и общая классификация систем теплоснабжения промышленных предприятий и жилых |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)    | Содержание дисциплин (модулей)   |
|------|-------------------------------------|--|
|      |                                     | районов. Размеры городов, климатические параметры (ГСОП) и их влияние на структуру систем теплоснабжения. Теплоносители систем теплоснабжения. Их достоинства и недостатки. Требования к качеству и параметрам теплоносителей. Классификация водяных систем централизованного теплоснабжения предприятий и жилых районов.  |
| 1.2. | Регулирование систем теплоснабжения | Регулирование отпуска теплоты в системе теплоснабжения предприятий и жилых районов. Методы регулирования тепловой нагрузки. Центральное качественное регулирование отопительной тепловой нагрузки в водяных системах отопления здания. Состав оборудования систем отопления зданий. Графики изменения температур расхода сетевой воды при качественном регулировании отопительной тепловой нагрузки для жилых, общественных, административно бытовых и производственных зданий. Центральное качественное регулирование отопительной тепловой нагрузки в системах воздушного отопления здания. Схема системы воздушного отопления здания. Регулирование разнородной тепловой нагрузки в водяных системах централизованного снабжения. Оценка качества и фактических режимов потребления тепловой энергии в водяных системах централизованного теплоснабжения. |
| 1.3. | Тепловые пункты и тепловые сети     | Тепловые сети водяных и паровых систем теплоснабжения. Их классификация и параметры. Возврат конденсата в паровых системах теплоснабжения. Трубопроводы, арматура, оборудование тепловых сетей. Схемы и конфигурации тепловых сетей. Компенсация температурных удлинений. Расчет на прочность элементов тепловых сетей. Центральные и индивидуальные тепловые пункты. Принципиальная схема теплового пункта с одноступенчатым параллельным присоединением подогревателей ГВС. Схема теплового пункта с двухступенчатым последовательным присоединением подогревателей ГВС. Схема теплового пункта для водяной закрытой системы теплоснабжения с двухступенчатым смешанным присоединением подогревателей ГВС. Области применения этих схем и особенности работы.  |
| 1.4. | Гидравлический и                    | Основные задачи и методики гидравлического расчета   |

| №     | Наименование дисциплин (модулей)   | Содержание дисциплин (модулей)  |
|-------|--|---|
|       | тепловой расчет ТС   | водяных тепловых сетей Построение пьезометрического графика для водяной тепловой сети Расчет тепловых потерь  |
| 1.5.  | Теплоэлектроцентрали промышленных предприятий  | Водогрейные, паровые и пароводогрейные котельные промышленных предприятий и объектов ЖКХ Расчет тепловой схемы котельной  |
| 1.6.  | Промышленно-отопительные котельные   | Расчет показателей режима работы котлов и турбин Расчет показателей режима работы промышленных ТЭЦ  |
| 1.7.  | Тепловые сети  | Системы отпуска технологического пара и горячей воды от ТЭЦ Графики паровых и других тепловых нагрузок промышленных предприятий   |
| 1.8.  | Особенности использования газотурбинных агрегатов и двигателей внутреннего сгорания для комбинированной выработки теплоты и электроэнергии   | Когерационные установки Газотурбинные установки   |
| 1.9.  | Атомные источники теплоснабжения   | Общие сведения об атомных источниках теплоснабжения, Атомные теплоэлектроцентрали (АТЭЦ)  |
| 1.10. | Промежуточная аттестация   | Опишите основные типы источников теплоснабжения (ТЭЦ, котельные, промышленные предприятия, возобновляемые источники). Для каждого типа укажите его преимущества и недостатки с точки зрения эффективности, экологичности и экономической целесообразности |
| 2.    | Котельные установки и парогенераторы   |   |
| 2.1.  | Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах | Значение котельных установок в промышленной энергетике и жилищно-коммунальном хозяйстве. Основные элементы котельной установки. Органическое топливо как основной источник энергии в котельных агрегатах  |
| 2.2.  | Расчет горения твердых, жидкых и газообразных топлив   | Расчет горения твердых, жидких и газообразных топлив  |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)  | Содержание дисциплин (модулей)   |
|------|---|--|
| 2.3. | Тепловой баланс котельного агрегата   | Тепловой баланс котельного агрегата  |
| 2.4. | Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах                    | Особенности сжигания газообразных, жидких и твердых топлив в котельных агрегатах   |
| 2.5. | Гидродинамика котлов  | Гидродинамика котлов   |
| 2.6. | Водный режим и качество пара  | Водный режим и качество пара   |
| 2.7. | Аэродинамика газовоздушного тракта  | Аэродинамика газовоздушного тракта   |
| 2.8. | Шлакозолоудаление в котельных агрегатах.<br>Золоулавливание   | Шлакозолоудаление в котельных агрегатах.<br>Золоулавливание  |
| 2.9. | Промежуточная аттестация  | Перечислите и опишите назначение основных элементов котельной установки  |
| 3.   | Системы топливоснабжения  |  |
| 3.1. | Системы газоснабжения   | Природные и искусственные газы<br>Распределительные системы газоснабжения<br>Энергосбережение в системах топливоснабжения<br>Защита газопроводов от коррозии                                     |
| 3.2. | Сжиженные углеводороды  | Сжиженные углеводороды   |
| 3.3. | Горение газов. Отчистка промышленных газов  | Горение газа. Очистка промышленных газов   |
| 3.4. | Топливные хозяйства промышленных предприятий, работающих на твердом и жидкокомплексном виде топлива | Промышленное снабжение твердым и жидким топливом   |
| 3.5. | Промежуточная аттестация  | Рассчитайте параметры системы газоснабжения для промышленной котельной.  |
| 4.   | Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий                                |  |
| 4.1. | Теплоэнергетическая система (ТЭС) промышленного предприятия (ПП) и ее характеристика                | Общая характеристика теплоэнергетической системы промышленного предприятия. Теплоэнергетические системы промышленного предприятия для эффективного использования топлива и других энергоресурсов |
| 4.2. | Внутренние энергоресурсы и их использование в системах теплоэнергоснабжения ПП                      | Понятия "Внутренние энергоресурсы". Состав ТЭ баланса предприятия. Размеры выхода горючих ВЭР (ВГЭР). Методы решения ВЭР   |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)  | Содержание дисциплин (модулей)   |
|------|---|--|
| 4.3. | ТЭС ПП металлургического комбината с полным технологическим циклом. Энергобалансы | Энергетические характеристики коксохимического производства. Энергетические характеристики доменного производства. Энергетические характеристики сталеплавильного производства. Энергетические характеристики прокатного производства  |
| 4.4. | Горючие и тепловые ВЭ   | Определение экономии топлива при использовании тепловых ВЭР. Экономическая эффективность использования ВЭР   |
| 4.5. | Промежуточная аттестация  | Составить упрощенный тепловой баланс участка прокатного цеха металлургического предприятия.  |
| 5.   | Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем             |  |
| 5.1. | Математическое моделирование и системный анализ                                   | Основные понятия и определения. Свойства системы, системный подход системный анализ. Системный анализ газотурбинной установки. Математическое моделирование. Представление системы в виде графа. Составление системы балансовых уравнений для каждого элемента системы на основе теории графов. Представление систем балансовых уравнений в виде алгоритмов. Объединение алгоритмов в единую математическую модель. Методика расчета количества оптимизируемых параметров. Этапы построения математической модели и численное моделирование. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Представление результатов в графическом и табличном виде. Определение функции цели для оптимизационной задачи. Формулирование задачи оптимизации. Математическое моделирование. Представление системы в виде графа. Составление системы балансовых уравнений для каждого элемента системы на основе теории графов. Представление систем балансовых уравнений в виде алгоритмов. Объединение алгоритмов в единую математическую модель. Методика расчета количества оптимизируемых параметров. Этапы построения математической модели и численное моделирование. Поиск решений методом последовательного приближения и проведение итерационных расчетов. Представление результатов в графическом и табличном виде. Определение функции цели для оптимизационной задачи. Формулирование задачи оптимизации. |
| 5.2. | Методы оптимизации  | Работа с меню среды разработки: создание нового  |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)   | Содержание дисциплин (модулей)  |
|------|--|---|
|      |  | <p>проекта, вывод результатов части (создание элементов для управления расчетом и вывода информации с результатами). Математическая постановка задачи оптимизации. Линейное и нелинейное программирование. Нахождение минимумов и максимумов. Оптимизация функции одной переменной и функции многих переменных. Методы безусловной и условной оптимизации. Прямые и косвенные методы. Градиентные методы 1-го и 2-го порядка. Линии уровня. Метод покоординатного спуска. Метод наискорейшего спуска (подъема). Метод Флетчера-Ривса. Метод Дэвидона - Флетчера - Пауэлла. Методы прямого поиска нулевого порядка. Метод Хука-Дживса. Метод Розенброка. Симплексный метод. Метод Нелдера-Мида. Метод сопряженных направлений Пауэлла. Метод штрафных функций. Метод прямого поиска возможных направлений DSFD. Сравнение методов оптимизации. Многокритериальная оптимизация. Классификация методов оптимизации. Поиск глобального оптимума. Блок схема алгоритма метода оптимизации. Интерпретация алгоритмов и исправление ошибок (примеры исправления часто встречающихся ошибок). Пошаговая компиляция с просмотром промежуточных результатов расчета. Представление и обработка результатов расчета.</p> |
| 5.3. | Примеры применения методов оптимизации. Методы оптимизации. Многокритериальная оптимизация математической модели газотурбинной установки | <p>Классификация математических моделей. Математическая модель газотурбинной установки. Построение графов для любой теплоэнергетической системы. Построение графа для системы, состоящей из газотурбинной установки и котла утилизатора в сочетании с дополнительным котлом. Составление балансовых уравнений на основе графа. Пример расчета количества оптимизируемых параметров. Области применения методов оптимизации в инженерной практике. Организация условий и циклов расчета. Построение блок-схемы расчета (ознакомления с принципами построения блок схем). Реализация алгоритма на языке программирования в соответствии с блок схемой. Основы синтаксиса языка программирования: типы переменных, объявление переменных, массивов переменных, присвоение, организации циклов, формирования логических условий, описание функций, присоединение стандартных</p>  |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)  | Содержание дисциплин (модулей)  |
|------|---|---|
|      |   | библиотек. Компиляция алгоритма и исправление ошибок (примеры исправления часто встречаемых ошибок). Пошаговая компиляция с просмотром промежуточных результатов расчета. Представление и обработка результатов расчета.  |
| 5.4. | Применение методов математической статистики для построения математических моделей. Статистические пакеты и их применение для статистического исследования зависимостей | Общая схема взаимодействия переменных при статистическом исследовании зависимостей. Этапы статистического исследования зависимостей. Корреляционный анализ. Коэффициент корреляции. Регрессионный анализ. Численный метод наименьших квадратов. Оценка точности статистической зависимости на основе суммы квадратов остатков. Коэффициент детерминации. Статистические пакеты (Statsmodels, Numerical Python, Scientific Python) и их применение для статистического исследования зависимостей.  |
| 5.5. | Промежуточная аттестация  | Оптимизация работы котельной для минимизации затрат топлива.  |
| 6.   | Нагнетатели и тепловые двигатели  |   |
| 6.1. | Насосы и насосные установки   | Нагнетатели, их назначение и области применения. Классификация. Основные типы. Расширительные машины, их назначение и области применения. Классификация. Основные типы. Основы гидродинамики нагнетателей. Уравнение неразрывности и уравнение Бернулли. Конструкция центробежного насоса. Совместная работа насосов и сети при параллельном подключении насосов. Совместная работа насосов и сети при последовательном подключении насосов.  |
| 6.2. | Вентиляторы и компрессоры   | Типы вентиляторов. Треугольники скоростей в рабочем колесе. Конструкция и принцип действия центробежного компрессора (ЦБК). Вывод уравнения Эйлера для (лопастных машин) турбомашин. Расчет мощности на валу компрессора. Конструкция и принцип действия осевого компрессора (ОК). Конструкция и принцип действия винтового компрессора (ВК). Конструкция и принцип действия поршневого компрессора. Теоретическая и действительная газодинамические характеристики турбокомпрессора (ТК). Совместная работа ТК и сети. Явление помпажа. Примеры газодинамических характеристик ТК. Конструкция и принцип действия гидромуфты. Расчет параметров гидромуфты. Подбор гидромуфты. |
| 6.3. | Газотурбинные и   | Принципиальная схема ГТУ и термодинамический цикл   |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)    | Содержание дисциплин (модулей)  |
|------|-------------------------------------|---|
|      | газопоршневые установки             | ГТУ. Работа компрессора и турбины ГТУ. Энергетический баланс ГТУ. Газодинамическая характеристика ГТУ. Режимные характеристики одновальной ГТУ. Двухвальльные ГТУ. Принципиальная схема теплофикационной ГТУ. Определение расхода газа на выработку электроэнергии ГТУ с открытым циклом. Определение расхода газа на выработку электроэнергии в теплофикационной ГТУ. Конденсационные парогазовые установки ПГУ-К. Теплофикационные парогазовые установки ПГУ-Т. Циклы газопоршневых установок. Энергетический баланс газопоршневой установки. |
| 6.4. | Паротурбинные установки             | Классификация паровых турбин. Принципиальные тепловые схемы паротурбинных установок. Влияние давления свежего пара. Влияние температуры пара. Влияние конечного давления. Конструкции паровых турбин.   |
| 6.5. | Промежуточная аттестация            | Опишите основные типы нагнетателей  |
| 7.   | Тепломассообмен                     |   |
| 7.1. | Введение в тепломассообмен          | Способы переноса теплоты Основные определения, терминология   |
| 7.2. | Теплопроводность                    | Математическое описание процесса теплопроводности Стационарная теплопроводность Нестационарная теплопроводность   |
| 7.3. | Свободная конвекция                 | Уравнения теории конвективного теплообмена Свободная конвекция  |
| 7.4. | Вынужденная конвекция               | Конвективная теплоотдача при течении жидкости в трубах и каналах Внешняя задача конвективного теплообмена   |
| 7.5. | Теплообмен при фазовых превращениях | Теплообмен при кипении Теплообмен при конденсации пара  |
| 7.6. | Теплообмен излучением               | Основные понятия и законы теплового излучения Теплообмен излучением между твердыми телами, разделенными прозрачной средой Расчет теплообмена излучением в системе тел, заполненной излучающей и поглощающей средой  |
| 7.7. | Тепломассообменные аппараты         | Типы теплообменных аппаратов Инженерные методы расчета тепломассообмена в энергетических установках   |
| 7.8. | Основы массообмена                  | Основные понятия массообмена Расчет процессов массообмена   |
| 7.9. | Промежуточная аттестация            | Расчет теплоотдачи при нагреве жидкости в трубе.  |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)        | Содержание дисциплин (модулей)   |
|------|---|--|
| 8.   | Техническая термодинамика               |  |
| 8.1. | Основные понятия и законы термодинамики | <p>Термодинамическая система и окружающая среда. Функции состояния и функции процесса. Равновесные и неравновесные состояния и процессы. Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Работа расширения и техническая работа. Внутренняя энергия и энталпия. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для неравновесных процессов.</p> <p>Уравнение первого закона термодинамики для стационарного одномерного потока. Обратимые и необратимые процессы. Основные причины необратимости процессов. Формулировки второго закона термодинамики и связь между ними.</p> <p>Термодинамические циклы. Термический коэффициент полезного действия цикла теплового двигателя. Цикл Карно и его КПД. Коэффициенты трансформации теплоты цикла холодильной машины. Обратный цикл Карно. Энтропия. T,s-диаграмма. Термодинамические циклы в T,s-диаграмме. Формулировки и аналитические выражения второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.</p> |
| 8.2. | Процессы идеального газа                | <p>Уравнение состояния идеального газа (Клапейрона - Менделеева). Калорические свойства идеального газа. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости идеальных газов. Зависимость теплоемкости идеального газа от температуры. Внутренняя энергия и энталпия идеального газа. Таблицы термодинамических свойств идеальных газов. Изобарный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Изохорный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Изотермический процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты и работы расширения по таблицам, изображение процесса в диаграммах. Адиабатный (идеальный и реальный) процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты, работы расширения и технической работы (неохлаждаемый компрессор и газовая турбина) по таблицам, изображение процесса в диаграммах.</p>  |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)                | Содержание дисциплин (модулей)  |
|------|---|---|
|      |   | Политропный процесс идеального газа. Соотношение параметров, расчет теплоты, работы расширения и технической работы по таблицам, изображение процесса в диаграммах.   |
| 8.3. | Свойства и процессы реального газа              | Отличия свойств реальных газов от идеальных. Фаза и фазовый переход. Тройная точка, критическая точка вещества. Фазовые диаграммы реального газа ( $p,V$ -, $p,T$ -, $T,s$ -, $h,s$ -). Вода и водяной пар. Удельный объем, энталпия и энтропия воды, влажного, сухого насыщенного и перегретого пара. Сверхкритическая область состояния пара. $T,s$ - и $h,s$ - диаграммы водяного пара. Расчет теплоты и работы расширения в изобарном процессе. Изображение процесса в диаграммах. Расчет теплоты и работы расширения в изохорном процессе. Изображение процесса в диаграммах. Расчет теплоты, работы расширения и технической работы в адиабатном (реальном и идеальном) процессе. Изображение процесса в диаграммах. Адиабатное дросселирование. Расчет процесса. Коэффициент Джоуля-Томсона. Точки и кривая инверсии. Сравнение эффектов охлаждения при изоэнтропном расширении и адиабатном дросселировании.  |
| 8.4. | Термодинамические циклы паротурбинных установок | Принципиальная схема ПТУ. Цикл в $p,v$ - и $T,s$ -диаграммах. Термический КПД цикла ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла. Необратимое расширение пара в турбине и сжатие воды в насосе. Действительный КПД цикла ПТУ. Цикл и схема ПТУ с промежуточным перегревом пара. Цикл в $T,s$ - и $h,s$ - диаграммах. КПД цикла. Регенеративный подогрев питательной воды в циклах ПТУ. Схема регенеративного подогрева с отбором пара. Термический КПД, зависимость его от числа подогревателей и температуры питательной воды. Теплофикационные циклы ПТУ. Критерии оценки эффективности циклов, схемы с противодавлением и с отбором пара из турбины. Циклы атомных станций с водяным теплоносителем. Принципиальная схема атомной электростанции с реактором ВВЭР. Цикл АЭС с ВВЭР с сепарацией и перегревом пара. Принципиальная схема и цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический КПД идеального цикла ГТУ. |

| №    | Наименование дисциплин (модулей)                                       | Содержание дисциплин (модулей)   |
|------|--|--|
|      |  | <p>Влияние степени сжатия в компрессоре и температуры газа перед турбиной на термический КПД цикла ГТУ. Действительный цикл ГТУ и его КПД. Влияние необратимости процессов сжатия и расширения на КПД цикла ГТУ. Регенерация, многоступенчатое сжатие и ступенчатый подвод тепла в газотурбинной установке. Принципиальная схема и цикл ГТУ-ТЭЦ в <math>T,s</math>-диаграмме.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электрическая и тепловая мощность ГТУ-ТЭЦ, коэффициент использования теплоты сгорания топлива Кит. Комбинированные циклы. Принципиальная схема одноконтурной ПГУ с котлом-utiлизатором и цикл в <math>T,s</math>-диаграмме. Мощность ПГУ, подведенная и отведенная теплота. Теплота, передаваемая в котле-utiлизаторе. Уравнения теплового баланса для котла-utiлизатора. Внутренний КПД цикла ПГУ. Степень бинарности цикла ПГУ</li> </ul> |
| 8.5. | Процессы в потоке вещества   | <p>Процессы в соплах, расчет скорости и расхода газа и пара, коэффициенты скорости и расхода, изображение процессов в <math>h,s</math>- и <math>p,v</math>-диаграммах, влияние трения. Основное уравнение адиабатного дросселирования, эффект Джоуля-Томсона, кривая инверсии, изображение процесса дросселирования в <math>h,s</math>- и <math>T,s</math>-диаграммах. Процессы в неохлаждаемых и охлаждаемых компрессорах. Процессы в многоступенчатом компрессоре.</p>   |
| 8.6. | Термодинамические циклы газотурбинных и парогазовых установок          | <p>Влияние параметров газа на КПД цикла. Принципиальная схема и цикл ГТУ с регенерацией, изображение цикла в <math>T,s</math>-диаграмме, предельная регенерация, степень регенерации. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания. Цикл двигателя с комбинированным подводом теплоты (цикл Тринклера). Потери эксергии теплоты при необратимых процессах. Теорема Гюи-Стодола. Эксергия потока вещества. Эксергия потока идеального газа. Эксергетический КПД.</p>  |
| 8.7. | Обратные термодинамические циклы холодильных и теплонасосных установок | <p>Холодопроизводительность и мощность привода, холодильный коэффициент и эксергетический КПД. Обратный цикл Карно – цикл холодильной установки и его характеристики. Цикл парокомпрессионной холодильной установки, изображение цикла в <math>T,s</math>-диаграмме, характеристики цикла. Принципиальная схема и цикл парокомпрессионных ТНУ в <math>T,s</math>-</p>  |

| №     | Наименование дисциплин (модулей)                   | Содержание дисциплин (модулей)  |
|-------|--|---|
|       |  | диаграмме, характеристики цикла.  |
| 8.8.  | Промежуточная аттестация                           | Рассмотрите два ключевых цикла, используемых в технической термодинамике: цикл Карно и паровой цикл Ренкина. Опишите каждый цикл, укажите его основные процессы и рабочее тело. Сравните их теоретический КПД и объясните, почему цикл Карно является идеальным, но не всегда реализуемым на практике.  |
| 9.    | Гидрогазодинамика                                  |   |
| 9.1.  | Свойства и модели жидких сред                      | Предмет, методы и аксиоматика гидроаэромеханики Жидкая частица и жидкий объем, местная мгновенная скорость Физические свойства жидкости. Модели жидких сред   |
| 9.2.  | Гидростатика                                       | Уравнения Эйлера. Основная формула гидростатики. Шкалы давления. Абсолютное, избыточное и вакууметрическое давления. Единицы измерения давления. Вращение сосуда с жидкостью с постоянной угловой скоростью. Равноускоренное прямолинейное движение сосуда с жидкостью. Общая постановка задачи. Равномерное давление на плоскую стенку. Равномерное давление на криволинейную стенку. Неравномерное давление на плоскую стенку. Неравномерное давление на криволинейную стенку. Тело давления. |
| 9.3.  | Гидравлические сопротивления                       | Основные закономерности процесса диссипации механической энергии Классификация и характер гидравлических сопротивлений, структура общих формул для потерь напора Местные сопротивления  |
| 10.   | Электротехника                                     |   |
| 10.1. | Электрические цепи постоянного тока                | Общие сведения по электротехнике Цепи постоянного тока Методы расчета цепей постоянного тока  |
| 10.2. | Электрические цепи синусоидального тока            | Электрические цепи синусоидального тока Методы анализа цепей синусоидального тока Режимы работы цепей синусоидального тока Цепи с магнитной связью  |
| 10.3. | Трехфазные электрические цепи                      | Трехфазные цепи Основы электробезопасности  |
| 10.4. | Переходные процессы в линейных электрических цепях | Электрические сигналы Переходные процессы в линейных цепях  |
| 10.5. | Электромагнитные и электромеханические устройства  | Электромагнитные устройства Электрические машины переменного тока Основы электропривода Коллекторные машины   |
| 10.6. | Промежуточная аттестация                           | Расчет гидравлического режима трубопровода.   |
| 11.   | Тепломассообменное оборудование предприятий        |   |

| №      | Наименование дисциплин (модулей)                                       | Содержание дисциплин (модулей)  |
|--------|--|---|
| 11. 1. | Теплоносители. Теплообменники  | Основные виды и классификация тепломассообменных процессов. Исследование кожухотрубного водоводяного теплообменного аппарата. Рекуперативные теплообменники непрерывного и периодического действия. Определение температурного напора в теплообменнике  |
| 11. 2. | Расчет теплообменных аппаратов   | Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативных теплообменников. Гидравлический расчет водо-водяного теплообменного аппарата. Прочностной расчет водо-водяного теплообменного аппарата   |
| 11. 3. | Регенеративные теплообменники  | Регенеративные теплообменники с неподвижной и подвижной насадками газожидкостные и жидкостно-жидкостные смесительные теплообменники, конструкции, принцип действия. Расчет вертикального пароводяного подогревателя. Расчет перекрестноточного теплообменника. Расчет секционного теплообменного аппарата   |
| 11. 4. | Пластинчатые теплообменники  | Исследование пластинчатого теплообменного аппарата. Определение эффективности оребрения поверхности теплообмена калорифера. Расчет деаэратора. Расчет деаэрационной колонки   |
| 11. 5. | Испарительные, опреснительные, выпарные и кристаллизационные установки | Физико-химические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации. Изучение конструкции и принципа работы ректификационной колонны. Расчет ректификационной установки. Материальный баланс. Сорбционные аппараты. Назначение, конструкции, принцип действия, классификация сушильных установок. Назначение, принципиальные схемы и основные конструкции, принцип действия. Вспомогательное оборудование теплообменных установок |
| 11. 6. | Промежуточная аттестация   | Объясните ключевые этапы расчета теплообменного аппарата  |

Аннотации рабочих программ дисциплин (модулей) представлены в приложении Б.

#### 4. ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

Информация о практической подготовке в структуре дополнительной образовательной программы представлена в приложение В.

В рамках учебного плана дополнительной образовательной программы используются традиционные образовательные технологии, а также интерактивные технологии, представленные в табл. 5.

Таблица 5

Характеристика образовательной технологии

| Наименование | Краткая характеристика      |
|--------------|-----------------------------|
| Тренинг      | проверка освоения материала |

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ**

### **5.1. Текущий контроль**

Текущий контроль проводится в соответствии с характеристиками контрольных заданий и представлен в Таблице 1 приложения Г.

### **5.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по программе проводится в форме зачета, экзамена или отчета о стажировке в соответствии с учебным планом. Характеристика заданий представлена в Таблице 2 приложения Г.

### **5.3. Итоговая аттестация**

Итоговая аттестация по программе проводится в форме . Характеристика заданий представлена Таблице 3 приложения Г.

### **5.4. Независимый контроль качества обучения**

Порядок независимой оценки качества дополнительной образовательной программы представлен в приложении Г.

## **6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

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

а) литература НТБ МЭИ:

1. Берман, С. С. Расчет теплообменных аппаратов турбоустановок / С. С. Берман. – [б. м.] Гос. энергетическое изд-во, 1962. – 240 с..

б) литература ЭБС и БД:

1. Данилов О. Л., Гаряев А. Б., Яковлев И. В., Клименко А. В.- "Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (424 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72344](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72344);
2. Круглов Г. А., Булгакова Р. И., Круглова Е. С.- "Теплотехника", (2-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2012 - (208 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=3900](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=3900);
3. Лебедев В. М., Приходько С. В.- "Источники и системы теплоснабжения предприятий", Издательство: "ОмГУПС", Омск, 2010 - (233 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/129184>;
4. Логинов В. С., Крайнов А. В., Юхнов В. Е., Феоктистов Д. В., Шабунина О. С.- "Примеры и задачи по тепломассообмену", (4-е изд., стер.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (256 с.)  
<https://e.lanbook.com/book/206057>.

в) используемые ЭБС:

1. Научная электронная библиотека  
<https://elibrary.ru/>;
2. ЭБС Лань  
<https://e.lanbook.com/>;
3. ЭБС "Университетская библиотека онлайн"  
[http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red).

## **6.2. Кадровое обеспечение**

Для реализации дополнительной образовательной программы привлекаются преподаватели из числа штатных научно-педагогических работников ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» и лица, представители работодателей или объединений работодателей. Информация о кадровом обеспечении дополнительной образовательной программы представлена в приложении Д.

Сведения о руководителе дополнительной образовательной программы представлены в приложение Е.

## **6.3. Финансовое обеспечение**

План расходов и расчет обоснования стоимости по дополнительной образовательной программе представлены в приложение Ж.

Финансирование программы осуществляется за счет личных средств слушателей или заказчиков, по направлению которых проводится обучение. В качестве заказчика могут выступать работодатели, университеты (в том числе МЭИ), государственные структуры и прочие участники образовательного рынка.

## **6.4. Материально-техническое обеспечение**

Материально-технические условия реализации дополнительной образовательной программы представлены в Приложении З.

Календарный график учебного процесса разрабатывается с учетом требований к качеству освоения и по запросам обучающихся (Приложение И). Расписание занятий разрабатывается на каждую реализуемую программу.

## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (АКТУАЛИЗАЦИИ)

| № п/п | Содержание изменения (актуализации) | Дата утверждения изменений |
|-------|-------------------------------------|----------------------------|
|-------|-------------------------------------|----------------------------|

Руководитель  
образовательной  
программы

|                              |  |  |
|------------------------------|--|--|
|                              | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |  |
| Сведения о владельце ЦЭП МЭИ |  |  |
| Владелец                     | Щербатов И.А.                                      |  |
| Идентификатор                | B6b2590a8-ShcherbatovIA-d91ec17                    |  |

И.А.  
Щербатов