

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета  В.И. Ряжских  
«31» августа 2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины  
«Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических  
установках»

**Направление подготовки** 13.06.01 Электро- и теплотехника

**Направленность** 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

**Квалификация выпускника** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Нормативный период обучения** 4 года

**Форма обучения** Очная

**Год начала подготовки** 2021 г.

Автор программы  / А.В. Ряжских /

Заведующий кафедрой  
Прикладной математики и  
механики  / В.И. Ряжских /

Руководитель ОПОП  / В.И. Ряжских /

Воронеж 2020

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Ознакомление обучающихся с основными вопросами моделирования процессов тепло- и массообмена в энергетических установках.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

Развитие способности обучаемых к моделированию процессов тепло- и массообмена в энергетических установках..

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» относится к дисциплинам вариативной части блока Б1.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 - владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности

ПК-3 - Способность и готовность проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию

УК-2 - способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>          |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1              | знать основы методологии теоретических и экспериментальных исследований в области |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|      | уметь применять методологию теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|      | владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ПК-3 | знать основы проведения инновационных исследований, технических испытаний и (или) сложных экспериментов, разработки соответствующих методик, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, построения и использования модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа, описания результатов выполненной работы, составления практических рекомендаций по их использованию |
|      | уметь проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практически рекомендации по их использованию                |
|      | владеть способностью и готовностью                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | <p>проводить инновационные исследования, технические испытания (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию</p>                                                                                                                  |
| УК-2 | <p>знать основы проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p> <p>уметь проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p> <p>владеть способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p> |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» составляет 3 зачетные единицы.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### Очная форма обучения

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |  |  |
|--------------------|-------------|---------|--|--|
|                    |             | 4       |  |  |

|                                                           |           |           |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------|-----------|-----------|--|--|--|
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>                         | <b>18</b> | <b>18</b> |  |  |  |
| В том числе:                                              |           |           |  |  |  |
| Лекции,<br>в том числе в форме практической<br>подготовки | 18        | 18        |  |  |  |
| Практические занятия (ПЗ)                                 | -         | -         |  |  |  |
| <b>Самостоятельная работа</b>                             | <b>90</b> | <b>90</b> |  |  |  |
| Реферат                                                   | -         | -         |  |  |  |
| Вид промежуточной аттестации – зачет                      |           | зачет     |  |  |  |
| Общая трудоемкость час                                    | 108       | 108       |  |  |  |
| зач. ед.                                                  | 3         | 3         |  |  |  |

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

| № п/п | Наименование темы                                            | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                    | СРС | Всего, час |
|-------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------------|
| 1     | Правила моделирования гидродинамических и тепловых процессов | Основное правило моделирования. Основные критерии подобия. Автомодельность. локальное моделирование. Моделирование по аналогии. Определяющие параметры.                                                               | 15  | 18         |
| 2     | Моделирование процессов сжигания топлива                     | Изотермическое моделирование. Аэродинамика топок. Сжигание твёрдого, жидкого, газообразного топлива. ТОА в кипящем слое. Моделирование процесса горения.                                                              | 15  | 18         |
| 3     | Моделирование высокотемпературных поверхностей нагрева       | Моделирование теплообмена в ширмах и пароперегревателях котлов. Регенеративные воздухоподогреватели. Мембранные подогреватели. Отложения на трубчатых поверхностях. Экраны парогенераторов. Теплообмен в топке котла. | 15  | 18         |
| 4     | Моделирование теплообменников турбоустановок                 | Конденсаторы паровых турбин. ПНД и ПВД. Маслоохладители. Подогреватели мазута. Воздухоподогреватели. Камеры сгорания.                                                                                                 | 15  | 18         |
| 5     | Моделирование газозовдуховодов. Измерения.                   | Моделирование газозовдуховодов. Измерения и визуализация потока.                                                                                                                                                      | 15  | 18         |
| 6     | Повышение эффективности энергетических ТОА                   | Интенсификация различных способов теплообмена.                                                                                                                                                                        | 15  | 18         |
| Итого |                                                              |                                                                                                                                                                                                                       | 90  | 108        |

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА РЕФЕРАТОВ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение реферата.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания

## компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ОПК-1       | знать основы методологии теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                       | Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции. Может его воспроизвести ответить на уточняющие вопросы.                                                                                                                                                                                  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | уметь применять методологию теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                    | Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к данной компетенции.                                                                                                                                                                                                         | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                           | Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку. | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-3        | знать основы проведения инновационных исследований, технических испытаний и (или) сложных экспериментов, разработки соответствующих методик, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, построения и использования модели с применением | Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции. Может его воспроизвести ответить на уточняющие вопросы.                                                                                                                                                                                  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                               |                                                                 |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|  | системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа, описания результатов выполненной работы, составления практических рекомендаций по их использованию                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                               |                                                                 |
|  | уметь проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию                              | Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к данной компетенции.                                                                                                                                                                                                         | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|  | владеть способностью и готовностью проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию | Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку. | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

|      |                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                               |                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | использованию                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                               |                                                                 |
| УК-2 | знать основы проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки       | Обучающийся знает теоретический материал, относящийся к данной компетенции. Может его воспроизвести ответить на уточняющие вопросы.                                                                                                                                                                                  | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | уметь проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки                | Обучающийся демонстрирует умения (с различной степенью самостоятельности), относящиеся к данной компетенции.                                                                                                                                                                                                         | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | владеть способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки | Владение знаниями и умениями, как готовность самостоятельного применения демонстрировать, осуществлять деятельность в различных ситуациях, относящихся к данной компетенции. Обучающийся способен отбирать и интегрировать имеющиеся знания и умения исходя из поставленной цели, проводить самоанализ и самооценку. | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения по системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                               | Критерии оценивания | Отлично                         | Хорошо                                                       | Удовл.                                 | Неудовл.                             |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| ОПК-1       | знать основы методологии теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности | Зачёт с оценкой     | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |
|             | уметь применять методологию                                                                                     | Зачёт с оценкой     | Правильный ответ                | Правильный ответ                                             | Правильный ответ                       | На все вопросы                       |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                 |                                 |                                                                |                                        |                                      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|      | теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                 | на два вопроса                  | на один и несколько о дополнительных вопросов                  | только на один вопрос                  | не даны верные ответы                |
|      | владеть методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько о дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |
| ПК-3 | знать основы проведения инновационных исследований, технических испытаний и (или) сложных экспериментов, разработки соответствующих методик, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, построения и использования модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществления их качественного и количественного анализа, описания результатов выполненной работы, составления практических рекомендаций по их использованию | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько о дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |
|      | уметь проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного                                                                                                                                                                                                                                 | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько о дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                 |                                 |                                                              |                                        |                                      |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
|      | подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                 |                                 |                                                              |                                        |                                      |
|      | владеть способностью и готовностью проводить инновационные исследования, технические испытания и (или) сложные эксперименты, разрабатывать соответствующие методики, формулировать выводы с применением глубоких теоретических и экспериментальных методов исследований, современных достижений науки и передовых технологий, строить и использовать модели с применением системного подхода для описания и прогнозирования различных явлений, осуществлять их качественный и количественный анализ, описывать результаты выполненной работы, составлять практические рекомендации по их использованию | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |
| УК-2 | знать основы проектирования и осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |
|      | уметь проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |

|                                                                                                                                                                                                                               |                 |                                 |                                                                |                                        |                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------|
| мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки                                                                                                                                                     |                 |                                 |                                                                |                                        |                                      |
| владеть способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки | Зачёт с оценкой | Правильный ответ на два вопроса | Правильный ответ на один и несколько о дополнительных вопросов | Правильный ответ только на один вопрос | На все вопросы не даны верные ответы |

## 7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

### 7.2.1 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Основное правило моделирования.
2. Основные критерии подобия процессов гидродинамики и теплообмена.
3. Автомодельность и моделирование при малых числах Рейнольдса.
4. Локальное тепловое моделирование.
5. Моделирование при несоблюдении геометрического подобия.
6. Моделирование по аналогии.
7. Выбор определяющих параметров.
8. Сравнение аэродинамических характеристик топок в натуральных и изотермических условиях.
9. Моделирование топок при сжигании твёрдого топлива.
10. Моделирование топок при сжигании жидкого топлива.
11. Моделирование теплообменников в топках кипящего слоя.
12. Моделирование аэродинамики топок.
13. Моделирование процесса горения.
14. Моделирование теплообмена в ширмах и пароперегревателях котлов.
15. Моделирование теплообмена регенеративных воздухоподогревателей.
16. Моделирование теплообмена в мембранных подогревателях.
17. Моделирование сыпучих отложений на трубчатых поверхностях.

18. Моделирование теплообмена в экранных трубах парогенераторов.
19. Моделирование теплообмена в топке котла.
20. Моделирование конденсаторов паровых турбин.
21. Моделирование подогревателей высокого и низкого давления.
22. Моделирование маслоохладителей.
23. Моделирование подогревателей мазута.
24. Моделирование трубчатых воздухоподогревателей.
25. Моделирование камер сгорания ГТУ.
26. Моделирование газоздуховодов.
27. Измерение расхода, температуры и давления.
28. Визуализация течения в ТОА.
29. Интенсификация конвективного теплообмена.
30. Интенсификация теплообмена за счёт акустических, пульсационных, магнитных и электромагнитных полей.

#### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач**

Не предусмотрено учебным планом.

#### **7.2.3. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачёт с оценкой проводится по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса.

1. Оценка "Неудовлетворительно" ставится в случае, если обучаемый не ответил на вопросы.

2. Оценка "Удовлетворительно" ставится в случае, если обучаемый верно ответил на один из вопросов.

3. Оценка "Хорошо" ставится в случае, если обучаемый верно ответил на один из вопросов, а на второй вопрос дал не полный ответ.

4. Оценка "Отлично" ставится, если обучаемый верно ответил на два теоретических вопроса.

#### **7.2.4 Паспорт оценочных материалов**

| № п/п | Контролируемые разделы (темы) дисциплины                     | Код контролируемой компетенции | Наименование оценочного средства |
|-------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 1     | Правила моделирования гидродинамических и тепловых процессов | ОПК-1, ПК-3, УК- 2             | Зачёт с оценкой                  |
| 2     | Моделирование процессов сжигания топлива                     | ОПК-1, ПК-3, УК- 2             | Зачёт с оценкой                  |
| 3     | Моделирование высокотемпературны                             | ОПК-1, ПК-3, УК- 2             | Зачёт с оценкой                  |

|   |                                                    |                       |                 |
|---|----------------------------------------------------|-----------------------|-----------------|
|   | хповерхностей<br>нагрева                           |                       |                 |
| 4 | Моделирование<br>теплообменников<br>турбоустановок | ОПК-1, ПК-3,<br>УК- 2 | Зачёт с оценкой |
| 5 | Моделирование<br>газовоздуховодов. Измерения.      | ОПК-1, ПК-3,<br>УК- 2 | Зачёт с оценкой |
| 6 | Повышение эффективности<br>энергетических ТОА      | ОПК-1, ПК-3,<br>УК- 2 | Зачёт с оценкой |

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Письменный опрос осуществляется с использованием выданных заданий на бумажном носителе. Время 45 мин. Затем осуществляется проверка экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Авдюнин Е.Г. Моделирование и оптимизация промышленных теплоэнергетических установок [Электронный ресурс]: учебник/ Авдюнин Е.Г.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Вологда: Инфра-Инженерия, 2017.— 184 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/86602.html>.— ЭБС «IPRbooks»

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

| Наименование программного обеспечения | Тип лицензии |
|---------------------------------------|--------------|
| Microsoft Windows 7                   | Open License |
| Microsoft Office 2007                 | Open License |
| Adobe Reader                          | Свободное ПО |
| Maple v.17                            | Open License |

### Профессиональные базы данных

| Наименование ПБД                          | Электронный адрес ресурса                                         |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Научная электронная библиотека            | <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>               |
| Электронная библиотечная система IPRbooks | <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a> |

### Информационные справочные системы

| Наименование ИСС          | Электронный адрес ресурса |
|---------------------------|---------------------------|
| Математический справочник | dict.sernam.ru            |
| Информационная система    | Math-Net.Ru               |

Электронный каталог научной библиотеки:

<https://cchgeu.ru/university/elektronnyy-katalog/>

## 9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Специализированное помещение для проведения лекционных занятий, оснащенное доской, учебными столами, стульями и оборудованием для демонстрации наглядного материала.

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Моделирование процессов тепло- и массообмена в энергетических установках» читаются лекции.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Контроль усвоения материала дисциплины производится путем проведения зачета.

| Вид учебных занятий | Деятельность студента                           |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | <p>последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.</p>                                                                 |
| Самостоятельная работа                | <p>Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | <p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                    |