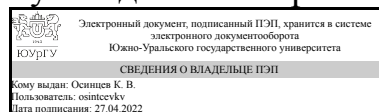


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



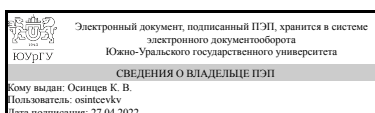
К. В. Осинцев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ФД.01 Методы интенсификации тепломассообменных процессов  
**для направления** 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
**уровень** Бакалавриат  
**форма обучения** заочная  
**кафедра-разработчик** Промышленная теплоэнергетика

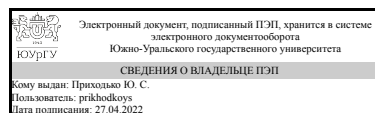
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 143

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



К. В. Осинцев

Разработчик программы,  
старший преподаватель



Ю. С. Приходько

## 1. Цели и задачи дисциплины

Цели - изучить основы интенсификации процессов тепло- и массообмена, свойства жидких и газообразных теплоносителей в теплоэнергетике. Задачи - освоить теоретические и экспериментальные методы повышения эффективности теплообмена.

## Краткое содержание дисциплины

1. Теоретические методы повышения энергоэффективности Влияние среднелогарифмического температурного напора 2. Экспериментальные методы повышения энергоэффективности Влияние коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности 3. Изменение конструкции агрегатов Увеличение площади теплообмена 4. Виды теплоносителей Жидкие и газообразные теплоносители 5. Влияние скорости движения теплоносителя Способы увеличения скорости движения теплоносителей 6. Оптимальные параметры теплоносителя Оптимальные температура, давление 7. Влияние вспомогательного оборудования Потребление энергии на собственные нужды насосов, компрессоров и вентиляторов 8. Способы повышения эффективности работы вспомогательного оборудования Предварительная подготовка газов и жидкостей 9. Оценка эффективности тепловых схем ТЭС Влияние эффективности работы всех элементов схемы

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)  | Планируемые результаты обучения по дисциплине  |
|--|--|
| ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | Знает: способы повышения интенсификации теплообмена<br>Умеет: рассчитывать количество передаваемой теплоты<br>Имеет практический опыт: в получении, преобразовании, транспортировке и использовании теплоты в теплотехнических установках и системах |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана                                   | Перечень последующих дисциплин, видов работ  |
|---|--|
| 1.О.18 Теоретические основы теплообмена, Учебная практика, ознакомительная практика (2 семестр) | ФД.04 Основы нейросетевой алгоритмизации тепловых процессов,<br>ФД.02 Методы обработки экспериментальных и аналитических данных тепловых устройств |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                              | Требования                              |
|---|---|
| 1.О.18 Теоретические основы теплообмена | Знает: способы повышения интенсификации |

|  |  |
|--|--|
|  | теплообмена Умеет: рассчитывать количество передаваемой теплоты Имеет практический опыт: в получении, преобразовании, транспортировке и использовании теплоты в теплотехнических установках и системах |
| Учебная практика, ознакомительная практика (2 семестр) | Знает: основное и вспомогательное оборудование отопительных котельных Умеет: работать с принципиальными тепловыми схемами котельных Имеет практический опыт: в работе с технической документацией      |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 13,25 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |  |
|--|-------------|------------------------------------|--|
|  |             | Номер семестра                     |  |
|  |             | 5                                  |  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 108         | 108                                |  |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 12          | 12                                 |  |
| Лекции (Л)   | 4           | 4                                  |  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 4           | 4                                  |  |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 4           | 4                                  |  |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 88,75       | 88,75                              |  |
| с применением дистанционных образовательных технологий                     | 0           |                                    |  |
| подготовка к экзамену  | 88,75       | 88,75                              |  |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 7,25        | 7,25                               |  |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | диф.зачет, КР                      |  |

#### 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины   | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|--|---|---|----|----|
|           |  | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Теоретические методы повышения энергоэффективности. Влияние среднелогарифмического температурного напора     | 3   | 1 | 1  | 1  |
| 2         | Экспериментальные методы повышения энергоэффективности. Влияние коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности | 3   | 1 | 1  | 1  |
| 3         | Виды теплоносителей. Жидкие и газообразные теплоносители   | 3   | 1 | 1  | 1  |
| 4         | Оптимальные параметры теплоносителя. Оптимальные температура, давление                                       | 3   | 1 | 1  | 1  |

##### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия | Кол-во |
|----------|-----------|---|--------|
|----------|-----------|---|--------|

|   |   |  | часов |
|---|---|--|-------|
| 1 | 1 | Теоретические методы повышения энергоэффективности. Влияние среднелогарифмического температурного напора     | 1     |
| 2 | 2 | Экспериментальные методы повышения энергоэффективности. Влияние коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности | 1     |
| 3 | 3 | Виды теплоносителей. Жидкие и газообразные теплоносители   | 1     |
| 4 | 4 | Оптимальные параметры теплоносителя. Оптимальные температура, давление                                       | 1     |

## 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара  | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 1         | Теоретические методы повышения энергоэффективности. Влияние среднелогарифмического температурного напора     | 1            |
| 2         | 2         | Экспериментальные методы повышения энергоэффективности. Влияние коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности | 1            |
| 3         | 3         | Виды теплоносителей. Жидкие и газообразные теплоносители   | 1            |
| 4         | 4         | Оптимальные параметры теплоносителя. Оптимальные температура, давление                                       | 1            |

## 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы  | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 1         | Теоретические методы повышения энергоэффективности. Влияние среднелогарифмического температурного напора     | 1            |
| 2         | 2         | Экспериментальные методы повышения энергоэффективности. Влияние коэффициентов теплоотдачи и теплопроводности | 1            |
| 3         | 3         | Виды теплоносителей. Жидкие и газообразные теплоносители   | 1            |
| 4         | 4         | Оптимальные параметры теплоносителя. Оптимальные температура, давление                                       | 1            |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС        |   |         |              |
|-----------------------|---|---------|--------------|
| Подвид СРС            | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс  | Семестр | Кол-во часов |
| подготовка к экзамену | Кутепов, А. М. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании Учеб. пособие. - 3-е изд., испр. - М.: Высшая школа, 1986. - 448 с. Беннетт, К. О. Гидродинамика, теплообмен и массообмен К. О. Беннетт, Д. Е. Майерс; Пер. с англ. М. Г. Ассмус, В. М. Ентова; Под ред. Н. И. Гельперина, И. А. Чарного. - М.: Недра, 1966. - 726 с. ил. | 5       | 88,75        |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов   | Учитывается в ПА         |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|---|--------------------------|
| 1    | 5        | Текущий контроль | Контрольное мероприятие №1        | 1   | 10         | <p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос - 30 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за</p> | дифференцированный зачет |

|   |   |                  |                            |   |    |  |                          |
|---|---|------------------|----------------------------|---|----|--|--------------------------|
|   |   |                  |                            |   |    | мероприятие менее 60 %   |                          |
| 2 | 5 | Текущий контроль | Контрольное мероприятие №2 | 1 | 10 | <p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос - 30 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p> | дифференцированный зачет |
| 3 | 5 | Текущий контроль | Контрольное мероприятие №3 | 1 | 10 | <p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на</p>   | дифференцированный зачет |

|   |   |                  |                            |   |  |   |                          |
|---|---|------------------|----------------------------|---|--|---|--------------------------|
|   |   |                  |                            |   | <p>опрос - 30 минут<br/> При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)<br/> Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.<br/> Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.<br/> Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.<br/> Максимальное количество баллов – 10.<br/> Весовой коэффициент мероприятия – 1.<br/> Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.<br/> Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p> |   |                          |
| 4 | 5 | Текущий контроль | Контрольное мероприятие №4 | 1 | 10   | <p>Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела. Студенту задаются 5 вопросов из списка контрольных вопросов.<br/> Время, отведенное на опрос - 30 минут<br/> При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом</p> | дифференцированный зачет |

|   |   |                          |                 |   |   |  |                          |
|---|---|--------------------------|-----------------|---|---|--|--------------------------|
|   |   |                          |                 |   | <p>ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам.</p> <p>Частично правильный ответ соответствует 1 баллу.</p> <p>Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.</p> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> <p>Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %.</p> <p>Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %</p> |  |                          |
| 5 | 5 | Промежуточная аттестация | Курсовая работа | - | 9   | <p>Техническое задание выдается в первую неделю семестра. За две недели до окончания семестра студент демонстрирует и сдает преподавателю программный продукт. В процессе демонстрации программного продукта проверяется: соответствие программы техническому заданию; работоспособность в различных режимах. Преподаватель выставляет предварительную оценку и допускает студента к защите. В последнюю неделю семестра проводится защита КР. На защиту студент предоставляет:</p> <p>1. Развернутое техническое задание.</p> | дифференцированный зачет |



|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  | <p>2. Программный продукт.</p> <p>3. Пояснительную записку на 20-25 страницах в отпечатанном виде, содержащую описание разработки и соответствующие иллюстрации.</p> <p>4. Программную документацию, указанную в разделе «Требования к программной документации» технического задания.</p> <p>Защита курсовой работы выполняется в комиссии, состоящей не менее, чем из двух преподавателей.</p> <p>На защите студент коротко (3-5 мин.) докладывает об основных проектных решениях, принятых в процессе разработки, и отвечает на вопросы членов комиссии.</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179)</p> <p>Показатели оценивания:</p> <p>– Соответствие техническому заданию:</p> <p>3 балла – полное соответствие техническому заданию, работоспособность во всех режимах</p> <p>2 балла – полное соответствие техническому</p> |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

|  |  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  |  | <p>заданию,<br/> работоспособность в подавляющем большинстве режимов<br/> 1 балл – не полное соответствие техническому заданию,<br/> работоспособность только в части режимов<br/> 0 баллов – не соответствие техническому заданию,<br/> неработоспособность или работоспособность только в малой части режимов<br/> – Качество пояснительной записки:<br/> 3 балла – пояснительная записка имеет логичное, последовательное изложение материала с соответствующими выводами и обоснованными положениями<br/> 2 балла – пояснительная записка имеет грамотно изложенную теоретическую главу, в ней представлены достаточно подробный анализ и критический разбор практической деятельности, последовательное изложение материала с соответствующими выводами, однако с не вполне обоснованными положениями<br/> 1 балл – пояснительная записка имеет теоретическую главу, базируется на</p> |  |
|--|--|--|--|--|---|--|

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  | <p>практическом материале, но имеет поверхностный анализ, в ней просматривается непоследовательность изложения материала, представлены необоснованные положения</p> <p>0 балл – пояснительная записка не имеет анализа, не отвечает требованиям, изложенным в методических рекомендациях кафедры. В работе нет выводов либо они носят декларативный характер.</p> <p>– Защита курсовой работы:</p> <p>3 балла – при защите студент показывает глубокое знание вопросов темы, свободно оперирует данными исследования, вносит обоснованные предложения, легко отвечает на поставленные вопросы</p> <p>2 балла – при защите студент показывает знание вопросов темы, оперирует данными исследования, вносит предложения по теме исследования, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы</p> <p>1 балл – при защите студент проявляет неуверенность, показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие аргументированные</p> |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

|   |   |                          |                          |   |  |   |                          |
|---|---|--------------------------|--------------------------|---|--|---|--------------------------|
|   |   |                          |                          |   | ответы на заданные вопросы<br>0 баллов – при защите студент затрудняется отвечать на поставленные вопросы по ее теме, не знает теории вопроса, при ответе допускает существенные ошибки<br>Максимальное количество баллов – 9. |   |                          |
| 6 | 5 | Промежуточная аттестация | Дифференцированный зачет | - | 50   | Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. Тест состоит из 25 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов.<br>Максимальное количество баллов – 50. | дифференцированный зачет |

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения   | Критерии оценивания               |
|------------------------------|--|-----------------------------------|
| курсовые работы              | Техническое задание выдается в первую неделю семестра. За две недели до окончания семестра студент демонстрирует и сдает преподавателю программный продукт. В процессе демонстрации программного | В соответствии с п. 2.7 Положения |

|                          |  |   |
|--------------------------|--|---|
|                          | продукта проверяется: соответствие программы техническому заданию; работоспособность в различных режимах. Преподаватель выставляет предварительную оценку и допускает студента к защите. В последнюю неделю семестра проводится защита КР. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).   |   |
| дифференцированный зачет | Экзамен проводится в форме компьютерного тестирования. Тест состоит из 25 вопросов, позволяющих оценить сформированность компетенций. На ответы отводится 1 час. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Правильный ответ на вопрос соответствует 2 баллам. Неправильный ответ на вопрос соответствует 0 баллов. Максимальное количество баллов – 50. | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения  | № КМ |   |   |   |   |   |
|-------------|--|------|---|---|---|---|---|
|             |  | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ОПК-3       | Знает: способы повышения интенсификации теплообмена  | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-3       | Умеет: рассчитывать количество передаваемой теплоты  | +    | + | + | + | + | + |
| ОПК-3       | Имеет практический опыт: в получении, преобразовании, транспортировке и использовании теплоты в теплотехнических установках и системах | +    | + | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Брюханов, О. Н. Тепломассообмен [Текст] учеб. пособие для вузов по специальности "Теплогазоснабжение и вентиляция" направления "Стр-во" О. Н. Брюханов, С. Н. Шевченко. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. - 460 с. ил.
2. Зайцев, Л. К. Техническая термодинамика и тепломассообмен Метод. указания, программа курса и контрол. задания для студентов-заоч. специальности 101200 Л. К. Зайцев; Под ред. А. И. Грибанова; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Пром. теплоэнергетика; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Пром. теплоэнергетика; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. - 30,[1] с. электрон. версия
3. Лыков, А. В. Тепломассообмен [Текст] справочник А. В. Лыков. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1978. - 479 с. ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Теплоэнергетика, подшивка журналов за 2012-2015 г.г.

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Рабочая программа дисциплины "Исследование и повышение энергоэффективности процессов теплообмена в теплоэнергетике"

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

### Электронная учебно-методическая документация

| № | Вид литературы            | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание   |
|---|---------------------------|---|--|
| 1 | Основная литература       | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Макаров, А.Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках. [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 384 с.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/116903">https://e.lanbook.com/book/116903</a> |
| 2 | Дополнительная литература | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Цветков, О.Б. Термодинамика. Теплопередача. [Электронный ресурс] / О.Б. Цветков, Ю.А. Лаптев. — Электрон. дан. — СПб. : НИУ ИТМО, 2013. — 54 с.<br><a href="https://e.lanbook.com/book/116903">https://e.lanbook.com/book/116903</a>                               |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. ANSYS-ANSYS Academic Multiphysics Campus Solution (Mechanical, Fluent, CFX, Workbench, Maxwell, HFSS, Simplorer, Designer, PowerArtist, RedHawk)(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

| Вид занятий                     | № ауд.      | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|---------------------------------|-------------|--|
| Лекции                          | 259а<br>(1) | Компьютерная техника, установка компьютерного моделирования процессов тепломассообмена   |
| Практические занятия и семинары | 272а<br>(1) | проектор, подвесной экран, компьютер   |