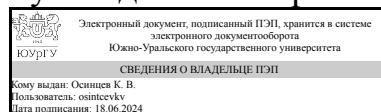


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель направления



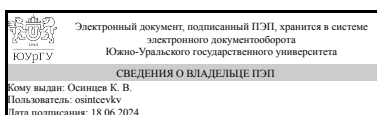
К. В. Осинцев

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** ФД.01 Системы рекуперации теплоты  
**для направления** 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
**уровень** Магистратура  
**форма обучения** заочная  
**кафедра-разработчик** Промышленная теплоэнергетика

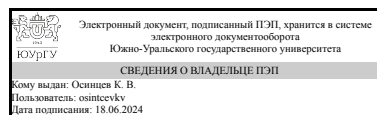
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 28.02.2018 № 146

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



К. В. Осинцев

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



К. В. Осинцев

## **1. Цели и задачи дисциплины**

Целями изучения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений в области систем рекуперации теплоты, теплоэнергетических систем и теплоэнергетических балансов промпредприятий, обеспечивающих централизованное производство, преобразование, распределение и увязку потоков энергоносителей, используемых для надежного и экономичного проведения технологических процессов. Задачами изучения дисциплины является приобретение умений и навыков по формулировке целей, выявлению приоритетных решений задач в области ТЭС ПП, проектированию, эксплуатации, методам системного анализа и математического моделирования теплоэнергетических систем и теплоэнергетических балансов промпредприятий, обеспечивающих в любой момент времени балансирование и рациональное использование всех производимых и потребляемых на нем энергоресурсов.

## **Краткое содержание дисциплины**

Тема 1. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий, в том числе системы рекуперации теплоты. Общие сведения о системах теплоэнергоснабжения; обобщенная схема теплоснабжения промышленного предприятия. Система промышленного теплоснабжения промышленного предприятия. Системы промышленного теплоснабжения: общие сведения; водяные системы; паровые системы; теплоснабжение промышленных предприятий. Системы пароснабжения предприятия: назначение, состав и схемы пароснабжения; обобщенная схема системы пароснабжения предприятия; парогенерирующие установки и станции; паровые сети; установки и сооружения для сбора и возврата конденсата технологического пара. Системы технологического водоснабжения: общие сведения; охлаждающие устройства в оборотных системах водоснабжения; сооружения для очистки загрязненных стоков в оборотных системах водоснабжения; системы воздухообеспечения. Газоснабжение промышленных предприятий: назначение, состав и схемы газоснабжения; газосмесительные станции (ГСС). Общие и отличительные принципы построения подсистем СТЭС ПП: общие принципы построения подсистем; некоторые научные задачи промышленной энергетики; отличительные принципы построения подсистем; схемы теплоснабжения. Принципы приема, распределения и использования ресурса в различных системах: прием и распределение ресурсов, элементная база центральных и местных пунктов трансформации ресурса, потребление ресурсов; использование отработанных ресурсов. Тема 2. Контроль, регистрация и регулирование параметров ресурса системы при его преобразовании, распределении и использовании в системах теплоэнергоснабжения. Основные задачи контроля, регистрации и регулирования систем теплоэнергоснабжения. Технические средства систем управления: структура технических средств; средства локального контроля и регулирования; регуляторы прямого действия; назначение дроссельно-регулирующей арматуры. Контроль и регулирование систем теплоэнергоснабжения: контроль и регулирование котельных; контроль и регулирование паровой сети; автоматизация, диспетчеризация. Тема 3. Энергетические балансы промышленных предприятий. Автоматизированные системы сбора и обработки данных по балансам систем теплоэнергоснабжения промпредприятий. Общие сведения об энергобалансах: топливно-энергетический баланс предприятий; виды и назначение энергетических балансов; анализ

энергетических балансов. Топливные балансы. Пароконденсатные балансы: методы сведения балансов производственного пара; аккумулирование производственного пара; выравнивание производительности утилизационных установок. Балансы горючих ВЭР: общие положения; методы сведения балансов доменного и коксового газов. Основы построения систем мониторинга энергобалансов промышленного предприятия: основы построения информационной системы; принципы организации информационной системы. Теплоэнергетические системы, энергетические балансы и энергосбережение. Моделирование и оптимизация в энергетике, математическое программирование, системные исследования в энергетике. Автоматизация системы сбора и обработки данных по балансам системы теплоэнергоснабжения промышленного предприятия.

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

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)                                                                  | Планируемые результаты обучения по дисциплине                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-1 Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки | Знает: устройство систем рекуперации теплоты<br>Умеет: рассчитывать системы рекуперации теплоты<br>Имеет практический опыт: составления схем систем рекуперации теплоты |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ |
|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Нет                                                           | Не предусмотрены                            |

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

Нет

## 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 20,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы                                                         | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------|
|                                                                            |             | Номер семестра                     |
|                                                                            |             | 3                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины                                              | 108         | 108                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>                                                 | 12          | 12                                 |
| Лекции (Л)                                                                 | 8           | 8                                  |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 4           | 4                                  |

|                                                                       |      |         |
|-----------------------------------------------------------------------|------|---------|
| Лабораторные работы (ЛР)                                              | 0    | 0       |
| Самостоятельная работа (СРС)                                          | 87,5 | 87,5    |
| Контрольная работа "Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь" | 25,5 | 25.5    |
| Контрольная работа №1                                                 | 31   | 31      |
| Контрольная работа №2                                                 | 31   | 31      |
| Консультации и промежуточная аттестация                               | 8,5  | 8,5     |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                              | -    | экзамен |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины                                                                                                                       | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|---|----|----|
|           |                                                                                                                                                        | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Теплоэнергетические системы и их подсистемы                                                                                                            | 4                                         | 2 | 2  | 0  |
| 2         | Контроль, регистрация и регулирование параметров ресурса системы при его преобразовании, распределении и использовании в системах теплоэнергоснабжения | 2                                         | 2 | 0  | 0  |
| 3         | Системы рекуперации теплоты на примерах энергетических, металлургических и нефтегазовых предприятий                                                    | 6                                         | 4 | 2  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия                                                                                                | Кол-во часов |
|----------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1        | 1         | Теплоэнергетические системы и их подсистемы                                                                                                            | 2            |
| 2        | 2         | Контроль, регистрация и регулирование параметров ресурса системы при его преобразовании, распределении и использовании в системах теплоэнергоснабжения | 2            |
| 3        | 3         | Системы рекуперации теплоты на примерах энергетических, металлургических и нефтегазовых предприятий                                                    | 4            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1         | 1         | Оптимальные интервалы падения давления и температуры в паропроводах | 2            |
| 2         | 3         | Использование отработавшего пара (ВЭРов)                            | 2            |

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС |                                                                            |         |              |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------|---------|--------------|
| Подвид СРС     | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | Семестр | Кол-во часов |

|                                                                       |                                                                                                                                                                                                                         |   |      |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|
| Контрольная работа "Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь" | Современные методы термодинамического анализа энергетических установок / Д.П. Гохштейн – М.: Энергия, 1969. – 368 с.: ил., главы 3-5, с. 105-350.                                                                       | 3 | 25,5 |
| Контрольная работа №1                                                 | Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А. Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. —424 с.: ил., глава 13, с. 390-402 | 3 | 31   |
| Контрольная работа №2                                                 | Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А. Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010. —424 с.: ил., глава 5, с. 106-144  | 3 | 31   |

## 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    | 3        | Текущий контроль | Контрольная работа №1             | 1   | 6          | Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого раздела.<br>Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.<br>Время, отведенное на опрос -15 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 – 6.<br>Весовой коэффициент мероприятия – 1. | экзамен          |
| 2    | 3        | Текущий контроль | Контрольная работа №2             | 1   | 6          | Письменный опрос осуществляется на последнем занятии изучаемого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | экзамен          |

|   |   |                          |                                                                       |   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |         |
|---|---|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|---|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
|   |   |                          |                                                                       |   |    | <p>раздела.</p> <p>Студенту задаются 3 вопроса из списка контрольных вопросов.</p> <p>Время, отведенное на опрос -15 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 – 6.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |         |
| 3 | 3 | Текущий контроль         | Контрольная работа "Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь" | 1 | 10 | <p>Проверка контрольной работы осуществляется по окончании изучения соответствующего раздела дисциплины. Контрольная работа должна быть выполнена и оформлена в соответствии с требованиями методических указаний кафедры.</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>Критерии начисления баллов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчетная и графическая части выполнены верно – 10 баллов</li> <li>- расчетная и графическая части выполнены верно, но имеются недочеты не влияющие на конечный результат – 8 баллов</li> <li>- расчетная часть выполнена верно, в графической части есть замечания – 6 баллов</li> <li>- в расчетной части есть замечания, метод выполнения графической части выбран верный – 4 балла</li> <li>- в расчетной и графической частях есть грубые замечания, но ход выполнения верен – 2 балла</li> <li>- работа не представлена или содержит грубые ошибки – 0 баллов</li> </ul> <p>Максимальное количество баллов – 10.</p> <p>Весовой коэффициент мероприятия – 1.</p> | экзамен |
| 4 | 3 | Промежуточная аттестация | Экзамен                                                               | - | 6  | <p>Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | экзамен |

|  |  |  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  |  |  | из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -135 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 – 6.<br>Весовой коэффициент мероприятия – 1. |  |
|--|--|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| экзамен                      | Контрольные мероприятия промежуточной аттестации являются обязательными. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Письменный опрос осуществляется в установленный день по графику сессии. Студенту задаются 3 вопроса из списка вопросов. Время, отведенное на опрос -135 минут. Отлично: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 85...100 % Хорошо: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 75...84 % Удовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 60...74 % Неудовлетворительно: Величина рейтинга обучающегося по дисциплине 0...59 % | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения                                                  | № КМ |   |   |   |
|-------------|----------------------------------------------------------------------|------|---|---|---|
|             |                                                                      | 1    | 2 | 3 | 4 |
| ОПК-1       | Знает: устройство систем рекуперации теплоты                         | +    | + | + | + |
| ОПК-1       | Умеет: рассчитывать системы рекуперации теплоты                      | +    | + | + | + |
| ОПК-1       | Имеет практический опыт: составления схем систем рекуперации теплоты | +    | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Ольховский, Г. Г. Энергетические газотурбинные установки [Текст]. - М.: Энергоатомиздат, 1985. - 303 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Стационарные газотурбинные установки [Текст] справочник под общ. ред. Л. В. Арсеньева, В. Г. Тырышкина. - Л.: Машиностроение, 1989. - 542 с. ил.

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

1. Электронные ресурсы Интернета
2. ЭБС "Лань"
3. Теплоэнергетика, 2011-2019 гг,
4. Промышленная теплоэнергетика, 2011-2019 гг,
5. Вестник ЮУрГУ серия энергетика, 2011-2019 гг

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Осинцев К.В. Теплотехника. - Челябинск: Изд.ательский центр ЮУрГУ, 2010.- 213с.
2. Бабинкова Н.С. , С.Н. Липатников, В.М. Форостов Энергетические установки электростанций,, Челябинск.- Изд.ЮУрГУ, 2001, Ч.2, 136 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Осинцев К.В. Теплотехника. - Челябинск: Изд.ательский центр ЮУрГУ, 2010.- 213с.
2. Бабинкова Н.С. , С.Н. Липатников, В.М. Форостов Энергетические установки электростанций,, Челябинск.- Изд.ЮУрГУ, 2001, Ч.2, 136 с.

**Электронная учебно-методическая документация**

| № | Вид литературы                                           | Наименование ресурса в электронной форме          | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                                        |
|---|----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | 1.Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях:учебник для вузов / О.Л. Данилов , А. Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. — М.: Издательский дом МЭИ, 2010 <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a> |
| 2 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Назмеев Ю.Г. , Конахина И.А. Теплоэнергетические системы и энергобалансы промышленных предприятий.- М.- МЭИ.- 2002. <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                                   |
| 3 | Основная литература                                      | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Сазанов Б.В., Ситас В.И. Промышленные теплоэнергетические установки и системы: учебное пособие для вузов.-М.: Издательский дом МЭИ, 2013.- 275 с. <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                     |
| 4 | Дополнительная литература                                | Электронно-библиотечная система издательства Лань | Вивденко Ю.Н. Технологические системы производства деталей наукоемкой техники: учебное пособие для вузов.- Элект.дан.- М.: 2006.- 559с <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                |
| 5 | Методические пособия для самостоятельной работы студента | Электронно-библиотечная система издательства Лань | 1. Современные методы термодинамического анализа энергетических установок / Д.П. Гохштейн – М.: Энергия, 1969.-368 с. <a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>                                                                 |

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. 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 ВИНИТИ РАН(бессрочно)
2. -Техэксперт(04.02.2024)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

| Вид занятий | № ауд.      | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий |
|-------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекции      | 272а<br>(1) | Программы обучения в Power Point iSpring Suite. Проектор с подсоединенным к нему компьютером.                                                    |