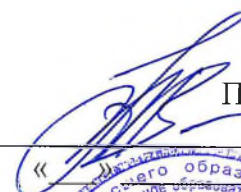


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Уральский энергетический институт



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
А.В. Германенко  
\_\_\_\_\_ 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Программа аспирантуры</b>	<b>Код ПА</b>
Энергетические системы и комплексы	2.4.5
<b>Группа специальностей</b>	<b>Код</b>
Энергетика и электротехника	2.4
<b>Федеральные государственные требования (ФГТ)</b>	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
<b>Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)</b>	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург  
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение	Подпись
1	Велькин Владимир Иванович	Доктор технических наук	профессор	УралЭНИН, кафедра атомных станций и возобновляемых источников энергии	
2	Рыжков Александр Филиппович	Доктор технических наук, профессор.	Профессор	УралЭНИН, кафедра тепловых электрических станций	
3	Богатова Татьяна Феокистовна	Кандидат технических наук, доцент	Зав. кафедрой	УралЭНИН, кафедра тепловых электрических станций	

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Председатель учебно-методического совета  
УралЭНИН



Н.В. Гредасова

Протокол № 3 от 16.05.2022 г.

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

# **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И КОМПЛЕКСЫ**

## **1.1. Аннотация содержания дисциплины**

Дисциплина включена в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Дисциплина «Энергетические системы и комплексы» направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена по специальности 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы», осуществление научно-исследовательской деятельности аспиранта и подготовку диссертации.

В ходе освоения дисциплины аспиранты изучают особенности теплофизических и физико-химических процессов, происходящих в энергетических системах и установках, основы безопасной эксплуатации, получают умения и навыки, необходимые для решения технических задач, связанных с проектированием, эксплуатацией, техническим обслуживанием, модернизацией энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии.

## **1.2. Язык реализации дисциплины – русский.**

## **1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения программы аспирантуры

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- требования законодательства Российской Федерации в области проектирования, эксплуатации, техническим обслуживанием энергетических систем, комплексов, энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии;
- особенности тепловых схем и технологического оборудования тепловых и атомных станций, парогазовых установок;
- законы сохранения энергии, количества движения и массы и основные модели, описывающие течение и тепломассообмен в агрегатах и оборудовании энергетических систем;
- термодинамические методы исследования процессов и циклов преобразования энергии;
- порядок расчета тепловой схемы и принципы выбора основного оборудования энергетических систем и установок;
- порядок и методы теплового, гидравлического и прочностного расчета парогенераторов и теплообменников электрических станций;
- конструкции и технические характеристики теплообменного и насосного оборудования, особенности конструкции и эксплуатации арматуры и трубопроводов;
- методы математического анализа и моделирования процессов в агрегатах и оборудовании энергетических систем.

Уметь:

- выбирать методы математического анализа и моделирования для решения поставленных задач;
- использовать современную вычислительную технику и программное обеспечение в научно-исследовательской работе;
- выбирать приборы и оборудование, необходимые для выполнения опытов;
- описывать технологический процесс производства тепловой и электрической энергии на энергетических установках на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии;
- описывать процессы пиролиза, горения и газификации твердых, жидких и газообразных ископаемых топлив;
- описывать термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплоэнергетических установках;

- выполнять расчет тепловой схемы электростанции;
- выбирать методы решения задач тепломассообмена применительно к процессам, происходящим в оборудовании объектов энергетических систем и установок;
- выполнять теплогидравлические и прочностные расчеты узлов и элементов теплообменного оборудования, в том числе с использованием современных компьютерных технологий и средств автоматизированного проектирования;
- проводить физические, теплофизические и теплогидравлические расчеты для обоснования и контроля режимов эксплуатации энергоблоков.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- навыками по сбору, обработке, анализу и систематизации информации по теме исследования; навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- навыками по публичному представлению и защите полученных результатов исследований;
- навыком выполнения термодинамических расчетов процессов, происходящих в оборудовании энергетических систем и комплексов;
- навыком разработки математических моделей процессов, протекающих в оборудовании энергетических систем и комплексов;
- навыком расчета тепловой схемы электростанции;
- навыком применения программных комплексов вычислительной гидродинамики и инженерного анализа;
- навыком расчета радиационного поля и выбора радиационной защиты по заданным характеристикам источника ионизирующего излучения.

#### 1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	<b>Аудиторные занятия</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	<b>Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации</b>	<b>86</b>	<b>0,6</b>	<b>86</b>
5.	<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>Экзамен, 18</b>
6.	<b>Общий объем по учебному плану, час.</b>	<b>108</b>		<b>108</b>
7.	<b>Общий объем по учебному плану, з.е.</b>	<b>3</b>		<b>3</b>

\*Контактная работа составляет:

- в п/п 2,3, - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;
- в п.4 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий).
- в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного аспиранта.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Энергетические системы и комплексы	Общая характеристика энергетики. Классификация тепловых электростанций и показатели их тепловой экономичности. Классификация возобновляемых и нетрадиционных источников энергии
P2	Тепловые схемы электрических станций	Тепловые схемы паротурбинных электростанций и их расчет. Тепловые схемы газотурбинных и парогазовых установок и их расчет. Системы централизованного теплоснабжения. Схемы технического водоснабжения электростанций.
P3	Основное оборудование электростанций, его узлы и агрегаты	Теплогенерирующие установки тепловых электростанций. Турбинные установки ТЭС. Топливо и его сжигание в топках котлов ТЭС. ТЭС и окружающая среда. Проблемы экологии. Использование кипящего слоя в теплоэнергетике. Устройства с закрученными потоками, их аэродинамика и теплообмен.
P4	Горение и газификация органических топлив	Топливнохимическая конверсия (ТХК). Типы расчетов для описания процессов газификации. Общие закономерности химической кинетики. Виды концентраций. Основные постулаты химической кинетики. Основные типы сложных реакций. Обратимые реакции. Связь энергии активации с тепловым эффектом. Гетерогенные реакции. Внешнедиффузионная область. Структура реагирующего пограничного слоя. Негорящий пограничный слой. Горящий пограничный слой. Воспламенение углерода.
P5	Математическое моделирование и расчеты теплоэнергетических процессов	Основы формулирования пространственных моделей сплошной среды. Приближения, используемые при формулировании моделей сплошной среды. Граничные условия уравнений переноса. Математические модели турбулентных течений. Методы вычислительной теплофизики. Методы решения систем линейных алгебраических уравнений. Итерационные методы решения систем нелинейных уравнений. Пакеты программ для решения задач вычислительной гидродинамики и анализа результатов моделирования. Интегрированные программные средства для моделирования сплошной среды.

## 3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

### 3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

#### 3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

- Энергетика химических процессов.
- Использование тепловых эффектов химических реакций в технологии.
- Термохимическая конверсия твердых топлив. Типы расчетов для описания процессов газификации.
- Общие закономерности химической кинетики.
- Диффузионно-кинетическая теория горения твердых топлив.
- Структура реагирующего пограничного слоя. Негорящий пограничный слой. Горящий пограничный слой.
- Воспламенение углерода.

- Основы численного моделирования движения сплошной среды. Приближения, используемые при формулировании моделей сплошной среды. Граничные условия уравнений переноса.
- Математические модели турбулентных течений.

### **3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов**

Не предусмотрено.

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

##### 4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## **4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

### **4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета**

Не предусмотрено.

### **4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Место энергетики РФ в мировой энергетике.
2. Энергетические ресурсы и топливно-энергетический баланс страны.
3. Единая энергетическая система и ее народнохозяйственное значение.
4. Теплофикация и ее энергетическое, экономическое, экологическое и социальное значение.
5. Структура энергетических мощностей России.
6. Классификация и технологические схемы ТЭС разных типов.
7. Определение расходов теплоты, пара и топлива при раздельном и комбинированном методах энергоснабжения.
8. Электрические и тепловые нагрузки и их покрытие. Методы покрытия пиков электрических и тепловых нагрузок.
9. Применяемые тепловые схемы ТЭС и их характеристики.
10. Методы оценки необратимых потерь в элементах тепловой схемы ТЭС.
11. Регенеративный подогрев питательной воды и его влияние на тепловую экономичность.
12. Зависимость тепловой экономичности ТЭС от начальных параметров пара, параметров промперегрева, температуры питательной воды, температуры сетевой воды, температуры конденсации отработанного пара.
13. Применяемые тепловые схемы газотурбинных и парогазовых установок и их энергетические характеристики.
14. Современные схемы ПГУ.
15. Основные системы теплоснабжения и их характеристики. Основное оборудование систем теплоснабжения. Применяемые теплоносители и их энергетическая характеристика.
16. Методы регулирования отпуска теплоты. Выбор параметров теплоносителя. Влияние коэффициента теплофикации на расчетные параметры теплоносителя. Схемы и режимы совместной работы ТЭЦ и пиковых котельных.
17. Водный баланс КЭС и ТЭЦ. Источники и системы водоснабжения и их характеристики. Обработка циркуляционной воды и методы борьбы с загрязнением конденсаторов.
18. Общая классификация и характеристика современных энергетических и теплогенерирующих котлоагрегатов.
19. Схемы и оборудование для генерации пара и теплоты на атомных электростанциях.
20. Основные методы сжигания органического топлива разных видов. Тепловой баланс и КПД котельного агрегата.
21. Водный режим и основные требования к водоподготовке.
22. Высокотемпературные парогенераторы.
23. Принципиальные тепловые схемы паротурбинных установок КЭС и ТЭЦ. Классификация и основные типы турбин ТЭС и АЭС. Основные потери и коэффициенты полезного действия турбинной ступени и турбинной установки в целом.
24. Теплообменное оборудование системы регенеративного подогрева питательной воды. Термические деаэраторы, испарители, вспомогательные теплообменники, их назначение и схемы включения.
25. Методы доставки органического топлива различных видов. Классификация, состав и техническая характеристика топлива и его влияние на схему и оборудование топливного хозяйства электростанции.
26. Основы теории горения. Сведения о кинетике химических реакций.



27. Механизмы горения газового, жидкого и твердого топлив. Кинетическая и диффузионная области горения. Воспламенение и распространение пламени в горючих смесях. Горение углерода. Горение жидкого и твердого природных топлив.
28. Аэродинамические основы горения топлива. Закономерности распространения турбулентных струй газа.
29. Пути интенсификации процессов сжигания топлива. Повышение давления в топочной камере. Применение обогащенного дутья.
30. Перспективы управления топочными процессами в направлении уменьшения выбросов, вредных для биосферы.
31. Газификация твердых топлив и ее использования на ТЭС.
32. Основные воздействия ТЭС на окружающую среду; влияние различных технологий сжигания топлива. Связь типа и схем ТЭС с проблемами воздействия на почву, атмосферу, гидросферу и климат.
33. Технологические способы снижения воздействия ТЭС на окружающую среду. Технологии очистки стоков и сбросов ТЭС. Проблема утилизации твердых отходов.
34. Перспективные схемы ТЭС и ограничения их использования. Методы снижения концентрации оксидов серы и азота в уходящих газах ТЭС. Анализ целесообразности применения тех или иных технологий очистки дымовых газов на ТЭС разных типов. Пути утилизации твердых отходов ТЭС.
35. Экономические проблемы применения природоохранных технологий на ТЭС. Перспективы совместной работы ТЭС и установок получения энергии за счет нетрадиционных и возобновляемых источников.
36. Структура кипящего слоя, его аэродинамические особенности. Процесс выноса мелкозернистого материала из слоя. Условия равномерного псевдооживления.
37. Тепло- и массообмен между газом и частицами.
38. Высокотемпературное и низкотемпературное сжигание топлив. Возможность сжигания топлив в кипящем слое с целью уменьшения уровня выхода оксидов азота. Возможность связывания серы при сжигании сернистых топлив. Котлы с кипящим и циркулирующим кипящим слоем.
39. Аэродинамика закрученного потока в циклонно-вихревых камерах (ЦВК). Особенности движения двухфазного потока на его структуру и характеристики ЦВК, в том числе, золы и шлака в циклонной камере при горении топлива.
40. Вихревые горелки (ВГ), их назначение, характеристики и цель применения. Структура закрученного факела основных типов ВГ.
41. Взаимодействие индивидуальных факелов горелок и управление тепломассообменом в топке и в газовом тракте котла вихревыми горелками. Проблемы организации управляемого процесса в индивидуальном факеле горелки. Аэродинамические способы управления структурой потока.
42. Механизмы, формирующие закрученный поток и его турбулентную структуру. Применение управляющих вдувов и струйных систем на структуру закрученного потока.
43. Организация стадийного сжигания и сжигания топлива в восстановительной атмосфере закрученного факела. Схемы экономически и экологически оптимального сжигания топлива в закрученных факелах на котлах современных ТЭС.
44. Энерготехнология. Термическая переработка твердых топлив. Сущность и виды процессов газификации.
45. Типы и особенности работы газогенераторов и области применения искусственных газов. Современные схемы применения газогенераторных технологий в энергетике.
46. Технологические и экологические аспекты работы энергетического оборудования с внутрицикловой газификацией на низкокалорийных ископаемых топливах и биомассе.
47. Безмазутная растопка твердотопливных котлов.

#### ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

48. *Ветроэнергетика*. Быстроходность ВЭУ, коэффициент использования ветра, теория

идеального ветроколеса. Ветроэнергетический кадастр. Классы ветроэнергетических установок. Основное энергетическое и вспомогательное оборудование ВЭУ. Расчет минимальной высоты башни ВЭУ. Расчет мощности ВЭУ.

49. *Солнечная энергетика.* Солнечная постоянная. Теория фотоэлектрических преобразователей. Конструкция ФЭП. Методы получения «солнечного» кремния. Гетероструктуры. Солнечные коллекторы. Солнечные концентраторы. Призмаконы. Солнечные электростанции.
50. *Малая гидроэнергетика.* Классификация малых ГЭС. Классификация гидротурбин. Деривационная и плотинная схемы создания напора; схемы мини ГЭС; понтонная, наплавная и другие типы мини ГЭС; Типы гидросилового оборудования; микро ГЭС в мире и в России. Основное и вспомогательное оборудование малых ГЭС.
51. *Геотермальная энергетика.* Типы геотермальных месторождений. Основное и вспомогательное оборудование геотермальных ЭС. Схемы отбора и использования геотермальной энергии. Характеристики оборудования геотермальных ГЭС в России. Типы геотермальных ТЭС; схемы их функционирования; оборудование геотермальных ТЭС.
52. *Биогазовые установки.* Роль биомасс в топливном балансе мира, Европы, России. Состояние и тенденции развития биореакторостроения. Схема функционирования БГУ. Основные элементы конструкции БГУ. Оборудование биореакторов для переработки супержидких субстратов: анаэробный контактный реактор с отстойником; анаэробный фильтр или фильтр Мак-Картти; реактор с неподвижно закрепленной пленкой; реактор с неподвижным слоем ила и поступлением сырья снизу (реактор Леттинги). Рециркулярный биореактор Андрухина Т.А.: обработка концентрированных вязких орг. отходов. Биореакторы многостадийной метангенерации. Транспортировка биоудобрений.
53. *Тепловые насосы.* Физические основы функционирования тепловых насосов. Источники низкопотенциального тепла для ТН. Устройство и классификация испарителей, конденсаторов и компрессоров ТН. Классификация хладагентов по температурам и давлению; международная классификация обозначений. Коэффициент эффективности теплового насоса. Международные модели применения ТН. Альтернативные однокомпонентные и многокомпонентные хладагенты. Хлорфторуглероды (ХФУ), гидрофторхлоруглероды (ГФХУ), гидрофторуглероды (ГФУ). Потенциал глобального потепления (GWP) и потенциал разрушения озона (ODP) хладагентов.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Рекомендуемая литература

#### 5.1.1. Основная литература

1. Возобновляемая энергетика и энергосбережение : учебник. / В.И. Велькин, Я.М. Щелоков, С.Е. Щеклеин. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. – 312 стр.
2. Анализ работы парогазовых установок с внутрицикловой газификацией угля : учебное пособие. / А.Ф. Рыжков, П. С. Филиппов, Т.Ф. Богатова. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2019. – 168 стр.
3. Анализ технологических решений для ПГУ с внутрицикловой газификацией : монография. / под редакцией А.Ф. Рыжкова. – Екатеринбург : ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», 2016. – 607 стр.
4. Газогенераторные технологии в энергетике. Монография / А.В. Зайцев, А.Ф. Рыжков, В.Е. Силин и др.; под редакцией А.Ф. Рыжкова. — Екатеринбург: типография ООО «ИРА УТК», 2010. — 611 с.
5. Алхасов. А.Б. Возобновляемая энергетика. М.: Физматлит, 2010.
6. Инновационные технологии в энергетике/под общ. ред. Н.В. Ключковой. –Иваново: Научная мысль. 2011.
7. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: учебное пособие для ВУЗов. М.: МЭИ, 2010.
8. Л.Е. Стернин. Основы газовой динамики. М.: Вузовская книга, 2012. 332 с.
9. Делягин Г.Н. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. /Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хаванов – М.: ООО «ИД БАСТЕТ», 2010. – 624 с.
10. Теплотехника: Учеб. для вузов / Под ред А.П. Баскакова , 3-е изд. перераб. / М.: ООО «ИД «БАСТЕТ»». 2010. 328 с.
11. Р.Ш. Загрутдинов, А.Н. Нагорнов, А.Ф. Рыжков, П.К. Сеначин. Технологии газификации в плотном слое: Монография/ Под ред. П.К. Сеначина. Барнаул: ОАО «Алтайский дом печати», 2009. 296 с.
12. Biofuel's Engineering Process Technology/ Ryzhkov A.F., Silin V.E.Bogatova T.F., Popov A.V., Usova G.I. — Croatia: InTech, 2011. 732 p. (<http://www.intechopen.com/books/biofuel-s-engineering-process-technology/the-effect-of-thermal-pretreatment-process-on-bio-fuel-conversion>)
13. Бруйка В.А. Инженерный анализ в Ansys Workbench: Учебное пособие. / Бруйка В.А., В.Г. Фокин, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянов.-Самара : Самар. гос. техн.ун-т, 2010. 271с.
14. Морозов Е.М. ANSYS в руках инженера: Механика разрушения Морозов Е.М., Муйземнек А.Ю., Шадский А.С. - М.: ЛЕНАНД, 2010. - 456 с.

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Жоров Ю.М. Термодинамика химических процессов – М.: Химия, 1985.
2. Основы практической теории горения: учеб. пособие для вузов / В.В. Померанцев [и др.], – под ред. В.В. Померанцева. – Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. от-ние, – 1986.
3. Изюмов М.А., Росляков П.В. Проектирование и расчет горелок. – М.: МЭИ, 1990.
4. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива / Б.В. Канторович. – М.: Изд-во АН СССР, 1958.
5. Зельдович Я. Б., Баренблатт Г. И., Либрович В. Б., Махвиладзе Г. М. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980.
6. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов – М.: Энергоатомиздат. 1990.
7. Хитрин Л.Н. Физика горения и взрыва / Л.Н. Хитрин – М.: Изд-во МГУ, 1957.

8. Бабий В.И. Горение угольной пыли и расчет пылеугольного факела / В.И. Бабий, Ю.Ф. Куваев – М.: Энергоатомиздат, 1986.
9. Кнорре Д. Г., Эмануэль Н. М. Курс химической кинетики. 4-е издание, М.: Высшая школа, 1984.
10. Патанкар С. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. 152 с.
11. Лойцянский Л. Г. Механика жидкости и газа. М.: Наука, 1970. 840 с.
12. Булеев Н.И. Пространственная модель турбулентного обмена. М.: Наука, 1989. 343 с.

## **5.2. Методические разработки**

Не используются.

## **5.3. Программное обеспечение**

- Корпоративные версии продуктов Microsoft: операционная система Windows Pro 10.
- ThermoFlow.
- SigmaFlow.
- Thermokinetics.
- DWSIM.
- HOMER
- Viz PRO RES (УрФУ)

## **5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

- Электронные ресурсы ScienceDirect. Режим доступа – свободный: <http://www.sciencedirect.com>;
- Сайт Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Режим доступа – свободный: <https://www.gosnadzor.ru/?ysclid=13v3heditf>
- Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. Режим доступа – свободный: <https://docs.cntd.ru/>

## **5.5. Электронные образовательные ресурсы**

Не используются.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием**

Лекции читаются в аудитории, оснащённой мультимедийным проектором. Для самостоятельной работы используются аудитории, оснащённые персональными компьютерами по числу обучающихся с подключением к сети Интернет.