



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

\_\_\_\_\_ С.В. Михайлов

«29» июня 2021 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Теплогенерирующие установки

направление подготовки/специальность 08.04.01 Строительство

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Теплогазоснабжение и вентиляция

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются подготовка специалиста в области проектирования, строительства, эксплуатации и энергоанализа отопительных, отопительно-производственных и производственных котельных, оснащённых паровыми и водогрейными котлоагрегатами малой и средней мощности – источников, которые наряду с ТЭЦ являются основными теплогенерирующими источниками для систем теплоснабжения жилищно-коммунального сектора (ЖКС), промышленных предприятий и других объектов различного назначения.

Задачами освоения дисциплины являются передача студенту комплекса необходимых знаний по проектированию, эксплуатации и энергоанализу котельных; выборе; расчёте и энергоанализе физических процессов проходящих в элементах принципиальных тепловых схем котельных и котельных агрегатов; расчету и энергоанализе инженерных систем котельных, а также основного и вспомогательного их оборудования; условий безопасной и эффективной эксплуатации оборудования котельных.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПКР-3 Способность организовывать производственно-технологические процессы при строительстве	ПКР-3.1 Составление плана строительного производства систем теплогазоснабжения, вентиляции	<b>знает</b> Методы составления плана строительного производства инженерных систем котельных <b>умеет</b> Применять методы составления плана строительного производства инженерных систем котельных <b>владеет навыками</b> Методами составления плана строительного производства инженерных систем котельных
ПКР-3 Способность организовывать производственно-технологические процессы при строительстве	ПКР-3.2 Определение потребности строительного производства в трудовых и материально-технических ресурсах при строительстве систем теплогазоснабжения, вентиляции	<b>знает</b> Методы определения потребности строительного производства в трудовых и материально-технических ресурсах при строительстве инженерных систем котельных <b>умеет</b> Применять методы определения потребности строительного производства в трудовых и материально-технических ресурсах при строительстве инженерных систем котельных <b>владеет навыками</b> Методами определения потребности строительного производства в трудовых и материально-технических ресурсах при строительстве инженерных систем котельных



<p>ПКР-3 Способность организовывать производственно-технологические процессы при строительстве</p>	<p>ПКР-3.6 Составление и контроль выполнения плана пусконаладочных работ систем теплогазоснабжения, вентиляции</p>	<p><b>знает</b> Методы составления и контроля выполнения плана пусконаладочных работ инженерных систем котельных <b>умеет</b> Применять методы составления и контроля выполнения плана пусконаладочных работ инженерных систем котельных <b>владеет навыками</b> Методами составления и контроля выполнения плана пусконаладочных работ инженерных систем котельных</p>
<p>ПКР-3 Способность организовывать производственно-технологические процессы при строительстве</p>	<p>ПКР-3.7 Составление исполнительной документации по вводу систем теплогазоснабжения, вентиляции в эксплуатацию</p>	<p><b>знает</b> Методы составления исполнительной документации по вводу инженерных систем котельных <b>умеет</b> Применять методы составления исполнительной документации по вводу инженерных систем котельных <b>владеет навыками</b> Методами составления исполнительной документации по вводу инженерных систем котельных</p>
<p>ПКР-3 Способность организовывать производственно-технологические процессы при строительстве</p>	<p>ПКР-3.8 Разработка мер противодействия коррупции в производственной деятельности организации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p><b>знает</b> Методы разработки мер противодействия коррупции в производственной деятельности организации в сфере строительства и эксплуатации котельных <b>умеет</b> Использовать методы разработки мер противодействия коррупции в производственной деятельности организации в сфере строительства и эксплуатации котельных <b>владеет навыками</b> Методами разработки мер противодействия коррупции в производственной деятельности организации в сфере строительства и эксплуатации котельных</p>

<p>ПКР-4           Способность управлять производственно- хозяйственную деятельностью организации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>ПКР-4.1           Организация производственной, финансово-хозяйственной деятельности в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p><b>знает</b> Методы организации производственной, финансово-хозяйственной деятельности в сфере строительства и эксплуатации котельных <b>умеет</b> Применять методы организации производственной, финансово-хозяйственной деятельности в сфере строительства и эксплуатации котельных <b>владеет навыками</b> Методами организации производственной, финансово-хозяйственной деятельности в сфере строительства и эксплуатации котельных</p>
<p>ПКР-4           Способность управлять производственно- хозяйственную деятельностью организации в сфере теплогазоснабжения и вентиляции</p>	<p>ПКР-4.2   Создание системы менеджмента качества</p>	<p><b>знает</b> Методы создания системы менеджмента качества в области строительства и эксплуатации котельных <b>умеет</b> Применять методы создания системы менеджмента качества в области строительства и эксплуатации котельных <b>владеет навыками</b> Методами создания системы менеджмента качества в области строительства и эксплуатации котельных</p>
<p>ПКС-3           Способность организовать оценку качества и экспертизы на объектах градостроительной деятельности</p>	<p>ПКС-3.1   Экспертная оценка свойств и качеств исследуемого объекта градостроительной деятельности</p>	<p><b>знает</b> Методы экспертной оценки свойств и качеств исследуемого объекта градостроительной деятельности <b>умеет</b> Применять методы экспертной оценки свойств и качеств исследуемого объекта градостроительной деятельности <b>владеет навыками</b> Методами экспертной оценки свойств и качеств исследуемого объекта градостроительной деятельности</p>

<p>ПКС-3 Способность организовать оценку качества и экспертизы на объектах градостроительной деятельности</p>	<p>ПКС-3.2 Разработка и актуализация проектов правовых, технических, организационно-методических документов в области оценки качества и экспертизы</p>	<p><b>знает</b> Методы разработки и актуализации проектов правовых, технических, организационно-методических документов в области оценки качества и экспертизы</p> <p><b>умеет</b> Применять методы разработки и актуализации проектов правовых, технических, организационно-методических документов в области оценки качества и экспертизы</p> <p><b>владеет навыками</b> Методами разработки и актуализации проектов правовых, технических, организационно-методических документов в области оценки качества и экспертизы</p>
<p>ПКС-3 Способность организовать оценку качества и экспертизы на объектах градостроительной деятельности</p>	<p>ПКС-3.3 Разработка и реализация мероприятий для повышения эффективности деятельности по оценке качества и экспертизе в градостроительной деятельности</p>	<p><b>знает</b> Методы разработки и реализации мероприятий для повышения эффективности деятельности по оценке качества и экспертизе в градостроительной деятельности</p> <p><b>умеет</b> Использовать методы разработки и реализации мероприятий для повышения эффективности деятельности по оценке качества и экспертизе в градостроительной деятельности</p> <p><b>владеет навыками</b> Методами разработки и реализации мероприятий для повышения эффективности деятельности по оценке качества и экспертизе в градостроительной деятельности</p>

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.04 основной профессиональной образовательной программы 08.04.01 Строительство и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Основы научных исследований	УК-1.1, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-4.1, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.5
2	Обеспечение теплового режима помещений	ПКР-1.1, ПКР-1.2, ПКР-1.3, ПКР-1.4, ПКР-1.5, ПКР-1.6, ПКР-1.7, ПКР-1.8, ПКР-1.9, ПКР-1.10, ПКР-1.11
3	Информационное моделирование в профессиональной сфере (ВИМ)	ОПК-2.3, ОПК-2.4, ПК(Ц)-1.1

Основы научных исследований:

Знать основы постановки физического эксперимента

Обеспечение теплового режима помещений:

Знать режимы теплового состояния помещений и уметь их определять

Информационное моделирование в профессиональной сфере (ВМ):

Владеть 3D-моделированием и применением ВМ-технологий

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-1.7, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-3.7, УК-3.8, УК-3.9, УК-3.10, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-4.5, УК-4.6, УК-4.7, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-6.6, УК-6.7, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК- 1.3, ОПК-1.4, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК-3.1, ОПК- 3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК- 4.4, ОПК-4.5, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК- 5.6, ОПК-5.7, ОПК-5.8, ОПК-5.9, ОПК-5.10, ОПК-5.11, ОПК-5.12, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК- 6.4, ОПК-6.5, ОПК-6.6, ОПК-6.7, ОПК-6.8, ОПК-6.9, ОПК-6.10, ОПК-6.11, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК -7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-7.6, ОПК-7.7, ОПК-7.8, ОПК-7.9, ПКО- 1.1, ПКО-1.2, ПКО-1.3, ПКО-1.4, ПКО-1.5, ПКО-2.1, ПКО-2.2, ПКО- 2.3, ПКО-2.4, ПКО-2.5, ПКО-2.6, ПКО-2.7, ПКО-2.8, ПКО-2.9, ПКО- 3.1, ПКО-3.2, ПКО-3.3, ПКО-3.4, ПКО-4.1, ПКО-4.2, ПКО-4.3, ПКО- 4.4, ПКО-4.5, ПКО-4.6, ПКР-1.1, ПКР-1.2, ПКР-1.3, ПКР-1.4, ПКР- 1.5, ПКР-1.6, ПКР-1.7, ПКР-1.8, ПКР-1.9, ПКР-1.10, ПКР-1.11, ПКР -3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР- 3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКР-4.3, ПКС-1.1, ПКС-1.2, ПКС-1.3, ПКС- 2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3, ПК(Ц)-1.1, ПК (Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК (Ц)-1.5







3.1.	Системы подачи воздуха на горение	2			2			18	20	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
3.2.	Системы дымоудаления котельной	2			6,5			20,7 5	27,25	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
4.	4 раздел. Оборудование деаэрирования питательной воды									
4.1.	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы	2	2		2			1	5	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
4.2.	Вакуумные деаэраторы	2	2						2	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3





9.1.	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	3	1		1			2	4	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
10.	10 раздел. Геометрическое моделирование объектов и элементов инженерных систем котельных									
10.1	Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности	3	0,5						0,5	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
10.2	Основы работы в ANSYS Design Modeler	3	1		12			8	21	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
10.3	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	3	0,5		2			2	4,5	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3





15.1	Контрольная работа	3								0,8	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3
16.	16 раздел. Контроль										
16.1	Зачет с оценкой	3								9	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3

#### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Аэродинамический расчёт котлоагрегата	Аэродинамический расчёт водотрубного парового котлоагрегата Внутрикотловая аэродинамика. Методика аэродинамического расчёта. Определение потерь давления в газоходах котлоагрегата
2	Утилизаторы теплоты уходящих газов. Поверхности нагрева котлов, пароперегреватели	Утилизаторы теплоты уходящих газов. Поверхности нагрева котлов, пароперегреватели Экранные и конвективные поверхности нагрева. Расположение, характеристика и условия работы. Хвостовые поверхности нагрева. Водяные экономайзеры, воздухоподогреватели, утилизаторы теплоты контактного и поверхностного типов, их устройство и компоновка. Техничко-экономические показатели. Пароперегреватели, их устройство и компоновка. Основные направления, развитие, классификация, рабочие параметры. Температурный режим обогреваемых поверхностей нагрева. Схемы движения воды и пароводяной смеси.
3	Обмуровка котлов. Взрывные и предохранительные клапана, лестницы, площадки, гарнитура котлоагрегата.	Обмуровка котлов. Взрывные и предохранительные клапана, лестницы, площадки, гарнитура котлоагрегата. Взрывные клапана в обмуровке топки и газоходах котлоагрегата, методика их расчета. Площадки и лестницы котлоагрегата. Обмуровка котлоагрегатов и применяемые материалы. Температурные швы. Гарнитура котлоагрегата.
4	Барабаны котлоагрегатов	Барабаны котлоагрегатов Устройства и конструкции барабанов котлоагрегатов. Способы получения сухого и чистого пара. Сепарирующие устройства.



		Арматура и предохранительные устройства. Методы обеспечения чистоты пара: сепарация пара, ступенчатое испарение воды, выносные циклоны и др.
5	Продувка котлоагрегатов	Периодическая и непрерывная продувка котлоагрегатов Теоретические особенности и виды продувки. Схемы реализации периодической и непрерывной продувки.
8	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы Физические основы процессов деаэрирования. Колонковые и бесколонковые атмосферные деаэраторы. Принцип работы. Достоинства и недостатки.
9	Вакуумные деаэраторы	Вакуумные деаэраторы Основные конструктивные характеристики вакуумных деаэраторов. Принцип работы, сфера применения, достоинства и недостатки.
10	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы Виды насосов, инжекторов и теплообменников применяемых в котельных. Особенности конструкций. Методы установки.
11	Расширительные баки и запорная арматура	Расширительные баки и запорная арматура Расширительные баки и запорная арматура. Особенности конструкций. Методы установки в котельной. Методы выбора для систем.
14	Вводные сведения. Основная роль исследовательской работы на энергетических объектах. Основы методологии исследования	Вводные сведения. Основная роль исследовательской работы на энергетических объектах Вводные сведения. Основная роль исследовательской работы на энергетических объектах (котельных и ТЭЦ). Основы методологии исследования.
15	Особенности использования САЕ-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности. Основные направления развития. Преимущества математического анализа (численного моделирования, предварительного прогнозирования) хода физических процессов при анализе как систем в целом, так и отдельных их элементов	Особенности использования САЕ-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности. Основные направления развития. Задача исследовательской работы на энергетических объектах. Основы методологии исследования с использованием САЕ-систем. Математическое моделирование (численный анализ) как метод повышения культуры проектно-исследовательской работы. Роль САЕ-систем в исследовательской «предпроектной» деятельности конструкторских и проектных организаций, направления развития. Основные преимущества математического анализа (численного моделирования, предварительного прогнозирования) хода физических процессов при решении проблем теплоэнергетики. Основные критерии оценки правильности решения.
16	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки Назначение оболочки ANSYS Workbench. Методология создания

	исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создании проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	проекта ANSYS Workbench. Основные этапы создания проекта, а также приёмы работы с оболочкой и её настройка. Главное меню оболочки, панели инструментов, панель программных модулей Toolbox и окно-диаграмма проекта Project Schematic. Основы создания проекта для математического CFD анализа в оболочке
17	Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности	Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности. Этапы взаимодействия CAD, CAE и CAM-систем. Виды геометрических объектов. Методология создания пространственных и плоских объектов моделирования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов. Установка единиц измерения объектов.
18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	Основы работы в ANSYS Design Modeler Графический интерфейс, главная панель, панель инструментов, свойства команд и создаваемых с их помощью объектов. Создание пространственных объектов на основе примитивов. Создание пространственных объектов методом эскизирования. Применение команд Extrude, Revolve, Sweep, Skin/Loft. Использование команды построения геометрических массивов Pattern. Редактирование пространственных 3D объектов. Применение команд Boolean, Slice, Delete. Создание скруглений и фасок для 3D объектов. Применение команд Fixed Radius Blend, Variable Radius Blend, Chamfer. Технология создания вспомогательных 2D объектов с 3D объектов, а также на основе эскизов. Использование меню Concept. Методы создания вспомогательных построений 3D геометрий для CFD анализа с использованием набора инструментов меню Tools.
19	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler Технологии получения вспомогательной информации об объектах. Использование инструментов меню Analyses Tools. Методы построения параметрических геометрических объектов. Использование методов хранения и управления потоками данных. Использование таблицы Parameters
20	Основная роль сетки конечных объёмов. Введение в построение сеток.	Основная роль сетки конечных объёмов. Введение в построение сеток. Основная роль сетки конечных объёмов. Введение в построение сеток. Регулярные и нерегулярные сетки. Конформные и неконформные виды сеток. Основные геометрические элементы, используемые системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах. Достоинства и недостатки сеток различных сеток. Методология построения сеток на пространственных и плоских объектах моделирования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, определение именованных поверхностей и объектов для задания граничных условий. Влияние вида, формы и размера сеточных элементов на точность получаемых результатов.
21	Основы работы в ANSYS Meshing	Основы работы в ANSYS Meshing Основы работы в ANSYS Meshing. Графический интерфейс, главная панель, панель инструментов, свойства команд. Определение основных функций глобальных настроек построения сетки. Методы задания локальных настроек построения сетки. Выбор оптимального

		<p>метода построения сетки согласующегося с геометрическими особенностями модели и требуемой точностью получаемых после моделирования результатов. Особенности построения сетки в пристеночных зонах. Использование локальной настройки построения призматических слоёв Inflation. Основные методы и приёмы построения регулярной сетки на сложных геометрических объектах: цилиндрах, конусах и др. Основные методы расчёта построения. Критерии оценки качества построения расчётной сетки.</p>
22	<p>Основы работы в программном комплексе ANSYS Fluent. Интерфейс программы</p>	<p>Основы работы в программном комплексе ANSYS Fluent  Установка предпусковых параметров и запуск программы. Загрузка расчётной модели в программный комплекс ANSYS Fluent. Настройка программы ANSYS Fluent. Графический интерфейс, главная панель, панель инструментов, основные свойства команд. Установка параметров загруженной модели. Параметры отображения именованных границ и сетки. Установка параметров масштабирования загруженной сетки. Проверка качества сетки. Обзор основных расчётных возможностей ANSYS Fluent. Методы подключения выбранных моделей к расчёту. Методика задания материалов для расчётных моделей. Выбор материалов из стандартной базы, задание свойств. Методика задания материалов с расчётными свойствами, определёнными пользователем. Наложение граничных условий на именованные поверхности. Выбор типов граничных условий для моделей. Определение направления действия векторных величин. Настройки параметров. Настройка решателя ANSYS Fluent. Выбор схемы увязки математических уравнений и схемы дискретизации. Определение подрелаксационных факторов. Основные понятия работы с ними. Влияние подрелаксационных факторов и числа Куранта на сходимость решения и точность получаемых результатов. Мониторы невязок. Настройка мониторов. Создание пользовательских мониторов невязок. Процесс инициализации решения. Стандартная и гибридная инициализация. Запуск модели на решение. Настройка обработчика результатов встроенного в ANSYS Fluent. Создание плоскостей, настройка параметров отображения, построение по полученным результатам графических зависимостей</p>
23	<p>CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных</p>	<p>Настройки обработчика результатов CFD  Вывод результатов моделирования в обработчик CFD-Post. Графический интерфейс программы CFD-Post, главная панель, панель инструментов, основные свойства команд. Установка параметров загруженной расчётной базы, параметры отображения именованных границ модели и сетки, параметров отображения модели. Основные возможности визуализации результатов и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post. Методы совместного представления результатов из разных расчётных баз.</p>
24	<p>Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"</p>	<p>Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"  Основные понятия о сопряжённых задачах, особенности геометрического моделирования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в сопряжённых задачах. Особенности построения сеток в сопряжённых задачах. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в сопряжённых задачах. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования конвективного теплообмена.</p>

		Настройка программы и CFD-решателя. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent.
25	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	Моделирование конвективного пакета с шахматной схемой расположения труб водотрубного котлоагрегата "ДКВр" Основные понятия о задачах с периодическими границами, особенности геометрического моделирования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах с периодическими границами. Особенности построения сеток. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с периодическими границами. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования конвективного теплообмена. Настройка программы и CFD-решателя. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Аэродинамический расчёт котлоагрегата	Аэродинамический расчёт водотрубного парового котлоагрегата Внутрикотловая аэродинамика. Методика аэродинамического расчёта. Определение потерь давления в газоходах котлоагрегата
5	Продувка котлоагрегатов	Расчёт продувки Составление соляного баланса и определение величины продувки и расхода продувочной воды.
6	Системы подачи воздуха на горение	Системы подачи воздуха на горение Особенности проектирования системы подачи воздуха на горение. Аэродинамический расчёт системы. Выбор тягодутьевого оборудования.
7	Системы дымоудаления котельной	Системы дымоудаления котельной Основные подходы к проектированию системы дымоудаления. Конструкция системы. Аэродинамический расчёт системы дымоудаления. Выбор дымососа и дымовой трубы
8	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы	Подбор колонкового атмосферного деаэратора Подбор колонкового атмосферного деаэратора
10	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы Виды насосов, инжекторов и теплообменников применяемых в котельных. Особенности конструкций. Методы установки.
11	Расширительные баки и запорная арматура	Расширительные баки Подбор расширительного бака
16	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	Создание проекта ANSYS Workbench для CFD анализа Создание проекта ANSYS Workbench для CFD анализа. Освоение алгоритма построения проекта

18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	Освоение графического интерфейса ANSYS Design Modeler. Создание твёрдотельной модели кожухотрубного теплообменника для теплового и аэродинамического CFD анализа с использованием команд: Extrude, Revolve, Pattern и др. на основе эскизирования. Создание на основе построенной твёрдотельной модели, модели внутреннего объёма геометрии (жидкостного тела) для проведения многомерного CFD анализа.
18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	Освоение графического интерфейса ANSYS Design Modeler. Создание твёрдотельной модели вытяжного шкафа для теплового и аэродинамического CFD анализа с использованием команд: Extrude, Sweep, Skin/Loft и др. на основе эскизирования. Создание на основе построенной твёрдотельной модели, модели внутреннего объёма геометрии (жидкостного тела) для проведения многомерного CFD анализа.
19	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler Создание параметрического объекта геометрии теплообменника и вытяжного шкафа
21	Основы работы в ANSYS Meshing	Построение сетки для CFD-анализа воздухораспределителя Изучение видов сеток как массива данных. Освоение методологии построения и методов задания граничных условий. Запуск модуля построения сетки ANSYS Meshing. Передача геометрии в модуль. Назначение именованных поверхностей. Определение глобальных настроек построения сетки. Задание метода построения сетки, установка локальных настроек, назначение настроек построения призматических слоёв для моделирования пристеночных течений в многомерном CFD анализе.
21	Основы работы в ANSYS Meshing	Построение регулярных сеток для объектов сложных (в том числе и составных) геометрических форм Построение регулярной сетки в полой цилиндре и трубе Вентури Изучение методов оценки качества построенной сетки на объектах для CFD анализа
23	CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных	Моделирование элемента местного сопротивления систем подачи воздуха и дымоудаления Геометрическое моделирование смесительных аппаратов (смесительных систем) с использованием ANSYS Design Modeler. Создание геометрических объектов для двумерных и трёхмерных задач CFD-моделирования. Виды геометрических объектов, отражающих элементы систем. Методология создания пространственных и плоских объектов моделирования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов. Установка единиц измерения объектов. Построение конформной расчётной сетки конечных объёмов с использованием сеточного редактора ANSYS Meshing. Особенности построения сеток для задач гидрогазодинамики и теплообмена. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа. Достоинства и недостатки сеток различных сеток. Загрузка модели в ANSYS Fluent. Обзор основных моделей турбулентности используемых решателем, основные параметры их настройки. Настройка программы и CFD-решателя. Выполнение расчётов. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent
24	Моделирование кожухотрубного	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в

	теплообменника типа "труба в трубе"	трубе" Геометрическое моделирование теплообменных аппаратов с использованием ANSYS Design Modeler. Создание геометрических объектов для двумерных и трёхмерных задач CFD-моделирования. Установка единиц измерения объектов. Построение конформной расчётной сетки конечных объёмов для жидкостных тел и сетки конечных элементов для твёрдых тел в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели сопряжённой задачи в ANSYS Fluent. Настройка программы и CFD-решателя. Выполнение расчётов. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent. Вывод результатов моделирования в обработчик CFD-Post. Анализ полученных результатов.
25	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	Моделирование конвективного пакета с шахматной схемой расположения труб водотрубного котлоагрегата "ДКВр" Геометрическое моделирование конвективных пакетов с использованием ANSYS Design Modeler. Создание геометрических объектов для двумерных и трёхмерных задач CFD-моделирования с периодическими границами. Установка единиц измерения объектов. Построение конформной расчётной сетки конечных объёмов для жидкостных тел и сетки конечных элементов для твёрдых тел в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели сопряжённой задачи в ANSYS Fluent. Настройка программы и CFD-решателя. Выполнение расчётов. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent. Вывод результатов моделирования в обработчик CFD-Post. Анализ полученных результатов.

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Аэродинамический расчёт котлоагрегата	Аэродинамический расчёт водотрубного парового котлоагрегата Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
5	Продувка котлоагрегатов	Расчёт продувки Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
6	Системы подачи воздуха на горение	Системы подачи воздуха на горение Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
7	Системы дымоудаления котельной	Системы дымоудаления котельной Основные подходы к проектированию системы дымоудаления. Конструкция системы. Аэродинамический расчёт системы дымоудаления. Выбор дымососа и дымовой трубы
8	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы	Подбор колонкового атмосферного деаэратора Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
10	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
11	Расширительные баки и запорная арматура	Расширительные баки Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
16	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем.	Создание проекта ANSYS Workbench для CFD анализа Подготовка к практическому занятию

	Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	
18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	Освоение графического интерфейса ANSYS Design Modeler Подготовка к практическому занятию. Создание твёрдотельной модели кожухотрубного теплообменника для теплового и аэродинамического CFD анализа с использованием команд: Extrude, Revolve, Pattern и др. на основе эскизирования. Создание на основе построенной твёрдотельной модели, модели внутреннего объёма геометрии (жидкостного тела) для проведения многомерного CFD анализа.
18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	Освоение графического интерфейса ANSYS Design Modeler Подготовка к практическому занятию. Создание твёрдотельной модели вытяжного шкафа для теплового и аэродинамического CFD анализа с использованием команд: Extrude, Sweep, Skin/Loft и др. на основе эскизирования. Создание на основе построенной твёрдотельной модели, модели внутреннего объёма геометрии (жидкостного тела) для проведения многомерного CFD анализа.
19	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler Подготовка к практическому занятию. Создание параметрического объекта геометрии теплообменника и вытяжного шкафа.
21	Основы работы в ANSYS Meshing	Построение сетки для CFD-анализа воздухораспределителя Подготовка к практическому занятию. Изучение видов сеток как массива данных. Освоение методологии построения и методов задания граничных условий. Запуск модуля построения сетки ANSYS Meshing. Передача геометрии в модуль. Назначение именованных поверхностей. Определение глобальных настроек построения сетки. Задание метода построения сетки, установка локальных настроек, назначение настроек построения призматических слоёв для моделирования пристеночных течений в многомерном CFD анализе.
21	Основы работы в ANSYS Meshing	Построение регулярных сеток для объектов сложных (в том числе и составных) геометрических форм Подготовка к практическому занятию. Построение регулярной сетки в полой цилиндре и трубе Вентури Изучение методов оценки качества построенной сетки на объектах для CFD анализа
23	CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных	Моделирование элемента местного сопротивления систем подачи воздуха и дымоудаления Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов.
24	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе" Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов
25	Моделирование	Моделирование конвективного пакета с шахматной схемой

	конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	расположения труб водотрубного котлоагрегата "ДКВр" Подготовка к практическому занятию
--	---	---



## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к текущему контролю успеваемости студентов;
- выполнение курсовой работы;
- подготовка к экзаменам и зачёту с оценкой.

Самостоятельная работа над разделами курсового проекта выполняется с применением компьютерных программных комплексов либо в домашних условиях, либо (при их отсутствии) в компьютерных классах университета.

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых выдается основной систематизированный теоретический материал, практических занятий, предполагающих закрепление изученного теоретического материала на практике и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

Залогом успешного освоения дисциплины является обязательное посещение лекционных и практических занятий, так как пропуск одного (тем более, нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется в рамках выполнения практических заданий, реализации индивидуальных заданий и других форм, предусмотренных РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться с содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические задания в рамках изучаемой темы;
- ответить на контрольные вопросы по теме, используя материалы ФОС, либо групповые индивидуальные задания, подготовленные преподавателем;
- подготовиться к проверочной работе, предусмотренной в контрольных точках;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен. Экзамен проводится по расписанию сессии. Форма проведения экзамена – тестирование в moodle (теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся). Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Аэродинамический расчёт котлоагрегата	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
2	Утилизаторы теплоты уходящих газов.	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3,	Теоретические

	Поверхности нагрева котлов, пароперегреватели	ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
3	Обмуровка котлов. Взрывные и предохранительные клапана, лестницы, площадки, гарнитура котлоагрегата.	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
4	Барабаны котлоагрегатов	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
5	Продувка котлоагрегатов	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
6	Системы подачи воздуха на горение	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
7	Системы дымоудаления котельной	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Основные подходы к проектированию системы дымоудаления. Конструкция системы. Аэродинамический расчёт системы дымоудаления. Выбор дымососа и дымовой трубы
8	Атмосферные колонковые и бесколонковые деаэраторы	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
9	Вакуумные деаэраторы	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
10	Теплообменные аппараты, насосы и инжекторы	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
11	Расширительные баки и запорная арматура	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
12	Курсовой проект	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3,	Теоретические

		ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
13	Экзамен	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
14	Вводные сведения. Основная роль исследовательской работы на энергетических объектах. Основы методологии исследования	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
15	Особенности использования САЕ-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности. Основные направления развития. Преимущества математического анализа (численного моделирования, предварительного прогнозирования) хода физических процессов при анализе как систем в целом, так и отдельных их элементов	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
16	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
17	Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
18	Основы работы в ANSYS Design Modeler	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

19	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
20	Основная роль сетки конечных объёмов. Введение в построение сеток.	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
21	Основы работы в ANSYS Meshing	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
22	Основы работы в программном комплексе ANSYS Fluent. Интерфейс программы	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
23	CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
24	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
25	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6,	Теоретические вопросы для экспресс-

		ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
26	Контрольная работа	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся
27	Зачет с оценкой	ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-ОПРОСА

(для проверки сформированности индикаторов достижения компетенции (ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКР-4.1, ПКР-4.2, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3))

#### Тема 2: Элементы котлов

1. Что называется хвостовыми поверхностями нагрева?
2. Какой основной физической принцип работы экранных поверхностей нагрева топки?
3. Какой основной физической принцип работы конвективных поверхностей нагрева пучков?
4. Какая основная задача пароперегревателей?
5. Какая основная задача экономайзера?
6. Какая основная задача воздухоподогревателей?
7. Какая основная задача взрывных клапанов?
8. Какие существуют виды обмуровки котлоагрегатов?
9. Как подразделяются экономайзеры по уровню нагрева и назначению воды?
10. Какие элементы относятся к гарнитуре котлоагрегата?
11. Каких видов бывают взрывные клапана?
12. Для каких целей применяют обдувочные аппараты?
13. Для чего служат и где устанавливаются водоуказательные стёкла Клингера?
14. Какие мероприятия применяются для улавливания из насыщенного пара капель взвешенной влаги перед его поступлением в подающий паропровод?
15. Какие устройства для повышения уровня безопасности при эксплуатации должны устанавливаться на верхних барабанах котлоагрегатов?
16. Для чего применяются выносные паровые циклоны?
17. Какой пар называется сухим?
18. Какой пар называется насыщенным?
19. Какой пар называется влажным?

#### Тема 3: Системы дымоудаления и подачи воздуха на горение

1. Что называется шлаком и что входит в его состав?

2. Что называется золой и чем она отличается от шлака?
3. Какие условия необходимо учесть при выборе метода шлакозолоудаления для котлоагрегата?
4. Какие используются устройства для улавливания уноса в газоходах котельной?
5. Каковы основные отличия аппаратов мокрого уносоулавливания от сухого?
6. На основании каких условий принимается решения по установке аппаратов мокрого золоулавливания?
7. Какие устройства используются для подачи твёрдого топлива в котлоагрегат при организации его сжигания в слоевых топках?
8. Какие вредные основные вредные вещества могут содержаться в продуктах сгорания органического топлива и какие основные методы борьбы с ними?
9. Что означает проектное решение «комбинированное золоудаление»?
10. Какие вредные жидкие выбросы могут присутствовать в котельной?
11. Какие применяются основные методы для снижения сброса и утилизации сточных вод из котельных?
12. Какие решаются основные задачи при проектировании системы дымоудаления (газоходов) котельной?
13. Какие основные параметры определяются при аэродинамическом расчёте газоходов котельной? В чём заключается цель и задачи расчёта?
14. Каковы основные действия проектировщика, которые он выполняет при выборе тягодутьевого оборудования (подборе дымососа) системы дымоудаления котельной?
15. На основании каких условий выполняется определение высоты дымовой трубы котельной?

#### Тема 4: Оборудование деаэрирования питательной воды

1. Что называется деаэрацией? Какова основная роль данного процесса в системах теплоснабжения и в чём она заключается?
2. В чём заключается основное отличие атмосферных деаэраторов в сравнении с напорными и вакуумными?
3. Какие основные требования предъявляются к деаэраторам?
4. В чём заключается принцип работы деаэрационной колонки?
5. В чём заключается назначение барботажного листа или перфорированного трубопровода в деаэраторе?
6. Какие основные факторы влияют на эффективность работы деаэрационной колонки?
7. Какие меры применяются для повышения эффективности работы деаэратора в схеме котельной?
8. Каким образом реализуется процесс деаэрации в бесколонковых деаэраторах в сравнении с колонковыми?
9. В чём заключаются основные преимущества вакуумных деаэраторов в сравнении с напорными и атмосферными?
10. В чём основные отличия термического режима работы вакуумного деаэратора от изотермического?
11. В каких случаях в схемах теплоснабжения применяют вакуумные деаэраторы?

#### Тема 5: Вспомогательное оборудование котельной

1. Какие виды насосов могут применяться в котельной в качестве сетевых и питательных?
2. Каковы основные действия проектировщика, которые он выполняет при выборе насосов для систем котельной?
3. Какие виды насосов могут использоваться в системах подачи мазута и других видов жидкого топлива (дизеля) на сжигание?
4. Каковы основные принципы работы центробежных насосов?
5. Каковы основные принципы работы вихревых насосов?
6. Каковы основные принципы работы ротационных насосов?
7. Какие виды теплообменных аппаратов можно использовать в котельной в качестве сетевых

теплообменников?

8. Какие виды теплообменных аппаратов можно использовать в котельной в качестве подогревателей сырой воды?

9. Для чего в системах применяются расширительные баки (сосуды)?

10. Что необходимо знать для того, чтобы правильно выбрать объём расширительного бака для системы?

11. Какие виды запорной арматуры применяются в котельной?

Тема 6: Основы исследовательской работы на котельных и ТЭЦ. Роль энергоанализа в проектно-конструкторской деятельности

1. Что такое исследовательская работа?

2. В чём заключается основная роль исследовательской работы на котельных и ТЭЦ?

3. Какие существуют основные области применения CAE-систем для энергоанализа в котельных и ТЭЦ?

4. Какие существуют особенности использования CAE-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности на энергетических объектах?

5. Какие существуют основные направления развития проектно-исследовательской деятельности при проектировании современных энергетических объектов?

6. Какие источники энергии являются неисчерпаемыми?

7. Какие существуют основные преимущества численного анализа в ходе проектно-исследовательской деятельности?

8. Что такое ТЭЦ?

9. Что такое котельная?

10. Какие существуют возможности и пути эффективного использования возобновляемых источников энергии?

11. Какие существуют возможности и пути эффективного использования неисчерпаемых источников энергии?

Тема 7: Оболочка CAE-системы ANSYS Workbench. Этапы создания исследовательских расчётных проектов для анализа эффективности работы котельных

1. В чём заключается методология создания исследовательских проектов ANSYS Workbench для CFD-анализа?

2. Какие существуют основные этапы создания проекта?

3. В чём заключаются идеи создания исследовательского проекта?

4. Основная роль оболочки ANSYS Workbench при CFD-анализе?

5. Основные особенности настройки оболочки?

Тема 8: Геометрическое моделирование объектов и элементов инженерных систем котельных

1. Какую роль играет геометрическое моделирование в научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности?

2. Что такое CAD-система? Основное её назначение?

3. Что такое CAE-система? Основное её назначение?

4. Что такое CAM-система? Основное её назначение?

5. Какой порядок взаимодействия CAD и CAM с CAE-системами?

6. Какие виды геометрических объектов могут подвергаться моделированию?

7. В чём с физической точки зрения заключается разница задач в 2D и 3D постановках?

8. Что влияет на точность результатов моделирования?

9. Чем отличается создание моделей на основе эскизирования от создания моделей на основе примитивов?

10. Для чего используются команды Extrude, Revolve, Sweep?

11. Для чего используется команда Skin/Loft?

12. Для чего используется команда Boolean, Slice, Delete?

13. Для чего используется команда Pattern?

14. Для чего используется команда Fixed Radius Blend, Variable Radius Blend, Chamfer?
15. Для чего используется меню Concept?
16. Для чего используется меню Tools?
17. Для чего используется меню Analyses Tools?
18. Что такое параметрические объекты? Для чего они используются?

Тема 9: Построение расчётных сеток для CFD-анализа элементов инженерных систем котельных

1. Что такое расчётная сетка?
2. Чем отличается регулярная расчётная сетка от нерегулярной?
3. Чем отличается конформная расчётная сетка от неконформной?
4. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 2D задачах?
5. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 3D задачах?
6. Какие существуют методы построения сетки?
7. Как влияет форма и вид элементов на точность решаемой задачи? Какие основные приёмы повышения точности решения используя настройки построения сетки?
8. Что такое Глобальные настройки сетки и чем они отличаются от Локальных?
9. Для чего и когда необходимо выполнять построение призматических элементов, используя инструмент Inflation?
10. Какие методы используются для построения регулярных сеток на сложных геометриях?
11. По каким основным критериям производится оценка качества построенной расчётной сетки?

Тема 10: Основные настройки программного комплекса для математического моделирования ANSYS Fluent. Настройки импортированной модели

1. В чём заключается основное назначение модуля ANSYS Fluent?
2. Какие существуют основные этапы работы в программном комплексе ANSYS Fluent?
3. Каким образом производится установка предпусковых параметров запуска программы? В чём заключается основная их задача?
4. Каким образом производится загрузка расчётной модели в модуль ANSYS Fluent?
5. Какие существуют основные этапы настройки модуля ANSYS Fluent?
6. Как производится установка параметров загруженной модели?
7. Что такое именованные границы и для чего они служат?
8. Что такое расчётная сетка конечных объёмов и для чего она используется?
9. Что понимается под температурой вспышки топлива?
10. Для чего используют масштабирование сетки и когда эту операцию следует выполнять?
11. Какие существуют основные критерии проверки качества расчётной сетки?
12. Какие имеются основные расчётные возможности модуля ANSYS Fluent?
13. Как подключаются расчётные модели во Fluent?
14. Как производится выбор материалов для расчётной области?
15. Какие существуют схемы увязки математических уравнений, когда и какие рекомендуются использовать?
16. Какие существуют схемы дискретизации математических уравнений, когда и какие следует использовать?
17. Что такое подрелаксационные факторы и, как их используют?
18. Что такое число Куранта и, как оно влияет на сходимость решения и точность получаемых результатов моделирования?
19. Что такое мониторы невязок и, как они настраиваются?
20. Что такое «инициализация решения», и для чего она проводится?
21. Какие основные виды инициализации решения используются во Fluent и, как они реализуются?
22. Для чего используется обработчик результатов?



### 23. Какие основные параметры можно показать в обработчике результатов?

Тема 11: Моделирование процессов гидрогазодинамики в элементах инженерных систем котельных

1. Чем двумерная задача отличается от трёхмерных?
2. В каких случаях можно трёхмерную задачу без большой ошибки при CFD-моделировании подменить двумерной?
3. Какие существуют основные подходы постановки задач для CFD-анализа?
4. Основные принципы повышения точности получаемых решений при CFD-моделировании?
5. Чем отличается конформная сетка от неконформной и какую следует использовать при CFD-моделировании?
6. Какие существуют достоинства конформной сетки в сравнении с неконформной?
7. Какие существуют основные достоинства и недостатки тетраэдрической, гексагональной, призматической и гексагональной расчётных сеток при CFD-анализе?
8. Какие существуют модели турбулентности потока, в каких случаях какие следует использовать?
9. Что такое «пристеночные функции», в каких случаях какие следует использовать?
10. Какие существуют модификации модели турбулентности k-ε?
11. Какие существуют модификации модели турбулентности k-ω?
12. Для чего используется модуль CFD-Post?
13. Какие основные приёмы создания графического поля при выведении результатов на плоскость?
14. Какие основные приёмы создания векторного поля при выведении результатов на плоскость?
15. Какие имеются возможности визуализации результатов расчёта в постпроцессоре CFD-Post?
16. Какие существуют методы совместного представления нескольких расчётных баз в CFD-Post?

Тема 12: Моделирование процессов конвективного теплообмена

1. Что такое сопряжённая задача и в чём её основные особенности?
2. Какие существуют подходы к постановке сопряжённых исследовательских задач?
3. Какие существуют особенности построения расчётных сеток на границах расчётных областей при решении сопряжённых задач?
4. Какие существуют особенности загрузки сеток сопряжённых задач в ANSYS Fluent?
5. Какие существуют особенности настройки модуля при решении сопряжённых задач?
6. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?
7. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием обработчика результатов CFD-Post?

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:  - систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;  - точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;  - полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:  - умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</p> <p>навыки:  - высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;  - владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;  - применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;  - грамотно обосновывает ход решения задач;  - безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;  - творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</p>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:  - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;  - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения:  - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;  - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;  - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки:  - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;  - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;  - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;  - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

#### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Что такое производственно-отопительная котельная?
2. Какие существуют основные перспективные направления развития котельной техники?
3. Что такое теплогенерирующая установка?
4. Какие существуют основные способы получения тепловой энергии?
5. Какое существует основное оборудование котельной, дайте его краткую характеристику?
6. Какое используется основное оборудование в принципиальной тепловой схемы паровой котельной? Краткая его характеристика и назначение?
7. Назовите основные отличия тепловой схемы паровой котельной с подключением открытой водяной тепловой сети от схемы с подключением закрытой водяной тепловой сети? Дайте краткую характеристику принятым решениям?
8. Устройство принципиальной тепловой схемы водогрейной котельной?
9. Основные особенности и принцип работы топок кипящего слоя?
10. Методика определения КПД и расхода топлива. Составление тепловых балансов котлоагрегатов.
11. Методика определения составляющих приходной и расходной части статей теплового баланса котлоагрегата.

12. Потери теплоты с уходящими газами. Методика определения. Основные решения и методы их снижения.
13. Потери теплоты от химической и механической неполноты горения. Методика определения. Основные решения и методы их снижения.
14. Потери теплоты через наружные ограждения и с выгружаемым их топки шлаком. Методика определения. Основные решения и методы их снижения.
15. Основное назначение и принципы работы топочных устройств.
16. Классификация топочных устройств.
17. Основные характеристики топочных устройств.
18. Топка с ручной колосниковой решеткой. Её устройство и основные технические характеристики.
19. Полумеханическая топка с забрасывателем "ПМЗ-РПК". Её устройство и основные технические характеристики.
20. Топка с механической подачей топлива и неподвижным слоем. Её устройство и основные технические характеристики.
21. Топка с механической подачей топлива и подвижным слоем. Её устройство и основные технические характеристики.
22. Механические топки с шурующей планкой. Её устройство и основные технические характеристики.
23. Топка с механической подачей топлива и подвижным колосниковым полотном. Её устройство и основные технические характеристики.
24. Топка «кипящего» слоя для твердого топлива (угля). Её устройство и основные технические характеристики.
25. Что такое псевдоожиженный слой («кипящий слой») топлива, его образование?
26. Топки для сжигания пылевидного твердого топлива. Их устройство и основные технические характеристики.
27. Классификация котлоагрегатов.
28. Устройство котлоагрегата. Основные теплообменные элементы, входящие в его состав. Их назначение.
29. Какие типы экономайзеров применяются в котельной? Их основные конструктивные особенности.
30. Чугунный питательный экономайзер "ВТИ".
31. Контактные экономайзеры. Особенности их использования. Виды. Основные конструкции.
32. Скрубберы-теплоутилизаторы контактно-пенного типа. Особенности применения. Основные конструктивные особенности.
33. Трубчатый воздухоподогреватель. Особенности применения. Основные конструктивные особенности.
34. Пароперегреватели. Основные типы. Особенности применения. Конструктивные особенности.
35. Обмуровка котлоагрегатов. Основные типы. Элементы и материалы. Особенности применения. Основные конструктивные особенности.
36. Гарнитура котлоагрегата. Основные виды и назначение.
37. Предохранительные устройства котлоагрегата. Основные типы. Места установки. Назначение.
38. Взрывные клапана. Основные типы. Особенности конструкций. Места установки. Условия применения.
39. Регулировочная и запорная арматура котлоагрегата. Основные типы. Особенности конструкций. Места установки. Условия применения.
40. Контрольно-измерительные приборы. Основные виды. Особенности конструкций. Места установки. Условия применения.
41. Основные требования, предъявляемые к пружинным манометрам, устанавливаемым на котлоагрегате. Условия необходимости применения демпферной трубки.
42. Типы газогорелочных устройств. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.
43. Комбинированные горелочные устройства. Особенности конструкций. Места установки.

Принцип работы.

44. Газогорелочные автоматизированные блоки. Особенности конструкций. Места установки.

Принцип работы.

45. Горелки типа "ГМГ". Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

46. Горелки типа "ГМ". Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

47. Горелочное устройство "РГМГ". Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

48. Пылеугольные горелки больших котлоагрегатов. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

49. Типы форсунок. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

50. Центробежные форсунки. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

51. Парогидравлическая форсунка. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

52. Ротационная форсунка. Особенности конструкций. Места установки. Принцип работы.

53. Чугунные секционные котлы. Особенности конструкций. Принцип работы.

54. Водотрубные котлы малой мощности. Особенности конструкций. Принцип работы.

55. Водотрубные котлы средней мощности. Особенности конструкций. Принцип работы.

56. Водотрубные котлы большой мощности. Особенности конструкций. Принцип работы.

57. Жаротрубные котлы. Особенности конструкций. Принцип работы.

58. Парогенераторы типа "ДКВр". Особенности конструкций. Принцип работы.

59. Парогенераторы типа "ДЕ". Особенности конструкций. Принцип работы.

60. Парогенераторы типа "КЕ". Особенности конструкций. Принцип работы.

61. Парогенераторы типа "Е". Особенности конструкций. Принцип работы.

62. Парогенераторы типа "ТКЗ". Особенности конструкций. Принцип работы.

63. Комбинированные котлы типа "Братск-1". Особенности конструкций. Принцип работы.

64. Комбинированные котлы типа "Братск-1Г". Особенности конструкций. Принцип работы.

65. Отопительные котлы, использующие высшую теплоту сгорания топлива. Особенности конструкций. Принцип работы.

66. Котлы с двухсветными экранами. Особенности конструкций. Принцип работы.

67. Водогрейные котлы типа "ПТВМ". Особенности конструкций. Принцип работы.

68. Водогрейные котлы типа "КВ-ГМ". Особенности конструкций. Принцип работы.

69. Водогрейные котлы типа "КВ-ТС". Особенности конструкций. Принцип работы.

70. Топливные склады и системы топливоподачи котельных на твердом топливе. Особенности конструкций. Условия применения.

71. Особенности подготовки к сжиганию твердого топлива в слое.

72. Особенности конструкции системы топливоподачи при сжигании древесных отходов.

Принцип работы.

73. Особенности подготовки твердого топлива к камерному сжиганию пыли.

74. Основные механизмы и оборудование для приготовления угольной пыли. Особенности конструкций. Принцип работы.

75. Мельничный вентилятор. Особенности конструкций. Принцип работы.

76. Угольная зубчатая дробилка. Особенности конструкций. Принцип работы.

77. Угольная молотковая дробилка. Особенности конструкций. Принцип работы.

78. Барабанно-шаровая мельница. Особенности конструкций. Принцип работы.

79. Принципиальная схема пылеприготовления топлива. Основные особенности системы.

80. Мазутное хозяйство котельных. Основные особенности системы. Принцип работы.

81. Принципиальная схема мазутонасосной. Основные особенности системы. Принцип работы.

82. Классификация систем шлакозолоудаления (ШЗУ) котельных.

83. Механическая система шлакозолоудаления котельных. Основные особенности. Принцип работы.

84. Качественный и количественный состав вредных веществ в продуктах сгорания. Виды вредных веществ. Методика определения.

85. Экономия топлива и тепловой энергии. Основные мероприятия, позволяющие повысить эффективности использования топлива.

86. Схемы расположения контрольно-измерительных приборов (КИП) на парогенераторе.

Основные особенности схем.

87. Основные требования проектных норм к размещению основного и вспомогательного оборудования внутри здания котельной.

88. Организация ремонта котельных. Виды ремонтов. Их основные особенности.

89. Техничко-экономические показатели работы котельных.

90. Расход теплоты на собственные нужды котельной. Виды (статьи) расходов.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Какова основная задача исследовательской работы на энергетических объектах энергетики?

2. Для чего необходимо использование современных CAE-систем?

3. Что из себя представляет численный анализ?

4. Какова основная роль CAE-систем в исследовательской деятельности?

5. Какие существуют преимущества использования численного анализа?

6. Какие существуют основные критерии оценки правильности получившегося решения?

7. В чём заключается основная роль оболочки ANSYS Workbench?

8. Что такое расчётный модуль?

9. Какие существуют в программном комплексе ANSYS модули для CFD анализа?

10. Для чего используется модуль ANSYS Design Modeler?

11. Для чего используется модуль ANSYS Meshing?

12. Для чего используется модуль ANSYS Fluent?

13. Для чего используется модуль ANSYS CFD-Post?

14. Какую роль играет геометрическое моделирование в научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности?

15. Что такое CAD-система? Основное её назначение?

16. Что такое CAE-система? Основное её назначение?

17. Что такое САМ-система? Основное её назначение?

18. Какой порядок взаимодействия CAD и САМ с CAE-системами?

19. Какие виды геометрических объектов могут подвергаться моделированию?

20. В чём с физической точки зрения заключается разница задач в 2D и 3D постановках?

21. Что влияет на точность результатов моделирования?

22. Чем отличается создание моделей на основе эскизирования от создания моделей на основе примитивов?

23. Для чего используются команды Extrude, Revolve, Sweep?

24. Для чего используется команда Skin/Loft?

25. Для чего используется команда Boolean, Slice, Delete?

26. Для чего используется команда Pattern?

27. Для чего используется команда Fixed Radius Blend, Variable Radius Blend, Chamfer?

28. Для чего используется меню Concept?

29. Для чего используется меню Tools?

30. Для чего используется меню Analyses Tools?

31. Что такое параметрические объекты? Для чего они используются?

32. Что такое расчётная сетка?

33. Чем отличается регулярная расчётная сетка от нерегулярной?

34. Чем отличается конформная расчётная сетка от неконформной?

35. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 2D задачах?

36. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 3D задачах?

37. Какие существуют методы построения сетки?

38. Как влияет форма и вид элементов на точность решаемой задачи? Какие основные приёмы повышения точности решения используя настройки построения сетки?

39. Что такое Глобальные настройки сетки и чем они отличаются от Локальных?

40. Для чего и когда необходимо выполнять построение призматических элементов, используя инструмент Inflation?

41. Какие методы используются для построения регулярных сеток на сложных геометриях?
42. По каким основным критериям производится оценка качества построенной расчётной сетки?
43. Что такое сопряжённая задача и в чём её основные особенности?
44. Какие существуют подходы к постановке сопряжённых исследовательских задач?
45. Какие существуют особенности построения расчётных сеток на границах расчётных областей при решении сопряжённых задач?
46. Какие существуют особенности загрузки сеток сопряжённых задач в ANSYS Fluent?
47. Какие существуют особенности настройки модуля при решении сопряжённых задач?
48. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?
49. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием обработчика результатов CFD-Post?

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся размещены по адресу ЭИОС Moodle ([https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/322667/mod\\_resource/content/2/%D0%9F%D0%97\\_%D0%A2%D0%93%D0%A3.pdf](https://moodle.spbgasu.ru/pluginfile.php/322667/mod_resource/content/2/%D0%9F%D0%97_%D0%A2%D0%93%D0%A3.pdf))

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Тема курсовой работы: Исследование кожухотрубного теплообменника и элемента местного сопротивления системы подачи воздуха на горение отопительно-производственной котельной

Комплект заданий для курсовой работы содержит:

1. Технические характеристики элемента местного сопротивления и кожухотрубного теплообменника;
2. Режимные характеристик теплообменника;
3. Режимные характеристик элемента местного сопротивления;
4. Порядок выполнения задания.

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена в 2 и в форме зачета с оценкой 3 семестр.

Экзамен проводится по билетам. В экзаменационный билет включены теоретические вопросы и практические задания, соответствующие содержанию формируемых компетенций. Продолжительность экзаменационной проверки знаний составляет 90 минут.

Зачет с оценкой проводится по теоретическим вопросам для проведения промежуточной аттестации.

#### 7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		

	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>



<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.</p>
<p>владение навыками</p>	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Захарова Ю. В., Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0, Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68793.html">http://www.iprbookshop.ru/68793.html</a>
2	Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Захарова Ю. В., Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0, Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016	ЭБС
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В., Основы работы в ANSYS 17, Москва: ДМК Пресс, 2017	ЭБС
2	Делягин Г. Н., Лебедев В. И., Пермяков Б. А., Хаванов П. А., Теплогенерирующие установки, М.: Бастет, 2010	ЭБС
3	Делягин Г. Н., Лебедев В. И., Пермяков Б. А., Теплогенерирующие установки, М.: СТРОЙИЗДАТ, 1986	ЭБС
4	Шаманин А. Ю., Расчеты конструкций методом конечных элементов в ANSYS, Москва: Московская государственная академия водного транспорта, 2012	<a href="http://www.iprbookshop.ru/47951.html">http://www.iprbookshop.ru/47951.html</a>
1	Басов К. А., ANSYS, Саратов: Профобразование, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63588.html">http://www.iprbookshop.ru/63588.html</a>
2	Басов К. А., Графический интерфейс комплекса ANSYS, Саратов: Профобразование, 2019	ЭБС

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

### 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Теплогенерирующие установки	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=556">https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=556</a>

### 8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Электронная библиотека Ирбис 64	<a href="http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/">http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Электронно-библиотечная система издательства "Консультант студента"	<a href="https://www.studentlibrary.ru/">https://www.studentlibrary.ru/</a>

Российская государственная библиотека	www.rsl.ru
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации в области строительства и проектирования, безопасности и охраны труда, энергетики и нефтегаза, права.	http://docs.cntd.ru
Образовательные интернет-ресурсы СПбГАСУ	https://www.spbgasu.ru/Universitet/Biblioteka/Obrazovatelnye_internet-resursy/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Autodesk AutoCAD 2019/2020	Письмо о возможности бесплатной загрузки образовательных лицензий полнофункциональных версий программных продуктов Autodesk от 15.05.2012
Ansys	Ansys сублицензионный договор №1976-ПО/2017-СЗФО от 16.10.2017 с ЗАО "КАДФЕМ Си-Ай-Эс" бессрочный
Solid Works версия 2019	SolidWorks договор №Tr000660287 от 27.09.2021 с АО "СофтЛайн Трейд"

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения

25. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.
25. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016
25. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.