



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 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Энергообеспечение  
предприятий

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; выбору; 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-2 Способен участвовать в организации проектной деятельности	ПКР-2.3 Использует методы математического и физического моделирования технологических процессов	<b>знает</b> Методы математического и физического моделирования технологических процессов инженерных систем и устройств котельных <b>умеет</b> Применять методы математического и физического моделирования технологических процессов инженерных систем и устройств котельных <b>владеет навыками</b> Навыками использования методов математического и физического моделирования технологических процессов инженерных систем и устройств котельных
ПКР-2 Способен участвовать в организации проектной деятельности	ПКР-2.4 Осуществляет проектирование новых технологических процессов с учетом заданных требований	<b>знает</b> методы проектирования новых технологических процессов в котельных с учетом заданных требований <b>умеет</b> применять методы проектирования новых технологических процессов в котельных с учетом заданных требований <b>владеет навыками</b> навыками использования методов проектирования новых технологических процессов в котельных с учетом заданных требований

<p>ПКР-3 Способен организации производственной деятельности</p>	<p>к ПКР-3.1 Разрабатывает новые методы инженерных расчетов технологических параметров и оборудования</p>	<p><b>знает</b> методику разработки новых методов инженерных расчетов технологических параметров и оборудования котельных</p> <p><b>умеет</b> использовать методику разработки новых методов инженерных расчетов технологических параметров и оборудования котельных</p> <p><b>владеет навыками</b> навыками использования методики разработки новых методов инженерных расчетов технологических параметров и оборудования котельных</p>
<p>ПКР-3 Способен организации производственной деятельности</p>	<p>к ПКР-3.2 Анализирует инновационно-технологические риски при внедрении новых технологий?, осуществляет постоянный контроль за всеми изменениями в мировой практике с точки зрения инноваций</p>	<p><b>знает</b> методы анализа инновационно-технологических рисков на котельных объектах при внедрении новых технологий и осуществления постоянного контроля за всеми изменениями в мировой практике с точки зрения инноваций</p> <p><b>умеет</b> использовать методы анализа инновационно-технологических рисков на котельных объектах при внедрении новых технологий и осуществления постоянного контроля за всеми изменениями в мировой практике с точки зрения инноваций</p> <p><b>владеет навыками</b> навыками использования методов анализа инновационно-технологических рисков на котельных объектах при внедрении новых технологий и осуществления постоянного контроля за всеми изменениями в мировой практике с точки зрения инноваций</p>
<p>ПКР-3 Способен организации производственной деятельности</p>	<p>к ПКР-3.3 Владеет основами системы управления качеством, проводит сертификационные испытания и разрабатывает системы менеджмента качества</p>	<p><b>знает</b> основы системы управления качеством, проведения сертификационных испытаний и разработки системы менеджмента качества на котельных</p> <p><b>умеет</b> применять основы системы управления качеством, проведения сертификационных испытаний и разработки системы менеджмента качества на котельных</p> <p><b>владеет навыками</b> основами системы управления качеством, проведения сертификационных испытаний и разработки системы менеджмента качества на котельных</p>

<p>ПКР-3 Способен организации производственной деятельности</p>	<p>к ПКР-3.4 Самостоятельно разрабатывает схемы автоматизации процессов производства</p>	<p><b>знает</b> технологические основы разработки схемы автоматизации процессов производства тепловой энергии на котельных <b>умеет</b> применять технологические основы разработки схемы автоматизации процессов производства тепловой энергии на котельных <b>владеет навыками</b> навыками применения технологических основ разработки схемы автоматизации процессов производства тепловой энергии на котельных</p>
<p>ПКР-3 Способен организации производственной деятельности</p>	<p>к ПКР-3.8 Демонстрирует готовность к творческой адаптации к конкретным условиям выполняемых задач и их инновационным решениям</p>	<p><b>знает</b> условия выполнения конкретных задач на котельных и их инновационные решения <b>умеет</b> использовать условия выполнения конкретных задач на котельных и их инновационные решения <b>владеет навыками</b> навыками использования условий выполнения конкретных задач на котельных и их инновационные решения</p>
<p>ПКС-2 Способен организовать научную, проектную и производственную деятельность в области природоохранных технологий</p>	<p>ПКС-2.1 Владеет навыками научных исследований, проектирования, монтажа и эксплуатации современных энергоэффективных теплогенерирующих установок, систем теплогазоснабжения, отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха</p>	<p><b>знает</b> основы научных исследований, проектирования, монтажа и эксплуатации современных энергоэффективных теплогенерирующих установок, систем теплогазоснабжения, отопления и вентиляции на котельных <b>умеет</b> применять основы научных исследований, проектирования, монтажа и эксплуатации современных энергоэффективных теплогенерирующих установок, систем теплогазоснабжения, отопления и вентиляции на котельных <b>владеет навыками</b> навыками научных исследований, проектирования, монтажа и эксплуатации современных энергоэффективных теплогенерирующих установок, систем теплогазоснабжения, отопления и вентиляции на котельных</p>

ПКС-2 организовать проектную производственную деятельность в области природоохранных технологий	Способен научную, и деятельности в области	ПКС-2.2 Использует профессиональной деятельности методы расчета и проектирования систем и установок на основе альтернативных источников энергии	в <b>знает</b> методы расчета и проектирования систем и установок на основе альтернативных источников энергии <b>умеет</b> применять методы расчета и проектирования систем и установок на основе альтернативных источников энергии <b>владеет навыками</b> навыками использования методов расчета и проектирования систем и установок на основе альтернативных источников энергии
ПКС-2 организовать проектную производственную деятельность в области природоохранных технологий	Способен научную, и деятельности в области	ПКС-2.3 Использует профессиональной деятельности методы снижения загрязнения окружающей среды	в <b>знает</b> методы снижения загрязнения окружающей среды <b>умеет</b> использовать методы снижения загрязнения окружающей среды <b>владеет навыками</b> методами снижения загрязнения окружающей среды

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.2.01 основной профессиональной образовательной программы 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

Для изучения дисциплины необходимо знать материал из курсов дисциплин бакалавриата:

Водоподготовка котельных и тепловых электростанций;

Котельные установки и парогенераторы;

Нагнетатели и тепловые двигатели;

Источники и системы теплоснабжения;

Проектирование систем теплогазоснабжения и вентиляции.

№ 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-2.1, УК-3.1, УК-3.2, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-5.1, УК-5.2, УК-6.1, УК-6.2, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК- 1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ПКР-1.1, ПКР-1.2, ПКР-1.3, ПКР- 1.4, ПКР-2.1, ПКР-2.2, ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-2.5, ПКР-3.1, ПКР- 3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.5, ПКР-3.6, ПКР-3.7, ПКР-3.8, ПКС- 1.1, ПКС-1.2, ПКС-1.3, ПКС-1.4, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3, ПК(Ц) -1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)- 1.4, ПК(Ц)-1.5

2	Проектная практика	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-6.1, УК-6.2, ПКР-1.1, ПКР-1.2, ПКР- 1.3, ПКР-1.4, ПКР-2.1, ПКР-2.2, ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-2.5, ПКС- 2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
3	Ресурсо и энергосбережение в теплоэнергетике	ПКР-2.4, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
4	Теплоснабжение	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
5	Охрана воздушного бассейна	ПКР-2.4, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
6	Обеспечение теплового режима помещений	ПКР-2.3, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
7	Нестационарный режим зданий и климатизация помещений	ПКР-2.3, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
8	Теория и практика инженерного исследования	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3
9	Основы научно-профессиональной коммуникации	УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3
10	Управление проектами теплоэнергетических систем	УК-2.1

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			1
<b>Контактная работа</b>	82		82
Лекционные занятия (Лек)	34	0	34
Практические занятия (Пр)	48	0	48
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача экзамена)	1,25		1,25
<b>Часы на контроль</b>	34,75		34,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	132,75		132,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	252		252
<b>зачетные единицы:</b>	7		7

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по разделам (темам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

5.1. Тематический план дисциплины (модуля)









7.1.	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	1	1		4				14	19	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
7.2.	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	1	1		2				8	11	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
8.	8 раздел. Моделирование процессов радиационного теплообмена										
8.1.	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления	1	1		9				2	12	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
9.	9 раздел. Моделирование многофазных течений										
9.1.	Моделирование свободного течения жидкости в паровой паровой (газообразной) фазе	1	2		2				8	12	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
9.2.	Моделирование работы тепловых труб (термосифонов) в задачах с процессами "испарение- конденсация"	1	1		4				8	13	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3

9.3.	Моделирование процессов кавитации	1	1		3				1	5	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
9.4.	Моделирование процессов движения частиц в системах золоудаления и пневмотранспорта в задачах с дискретными фазами	1	2		4				7,15	13,15	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
10.	10 раздел. Моделирование процессов плавления и кристаллизации										
10.1	Моделирование процессов замерзания воды в закрытых ёмкостях	1	1		1				8	10	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
11.	11 раздел. Моделирование процессов смесеобразования и химических реакций										
11.1.	Моделирования процессов образования газовых смесей	1	2		3				8	13	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3

11.2.	Моделирование процесса диффузионного сжигания газа	1	4	3				8	15	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
11.3.	Моделирование процессов смешенного (диффузионно-кинетического) и кинетического сжигания газа	1	2	2				6,75	10,75	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
12.	12 раздел. Иная контактная работа									
12.1	Курсовой проект	1							1,25	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3
13.	13 раздел. Контроль									
13.1	Экзамен	1							36	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3

#### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	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.

2	<p>Особенности использования CAE-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности.</p> <p>Основные направления развития.</p> <p>Преимущества математического анализа (численного моделирования, предварительного прогнозирования) хода физических процессов при анализе как систем в целом, так и отдельных их элементов</p>	<p>Особенности использования CAE-систем в современной проектно-конструкторской и научно-исследовательской деятельности. Основные направления развития.</p> <p>Задача исследовательской работы на энергетических объектах. Основы методологии исследования с использованием CAE-систем. Математическое моделирование (численный анализ) как метод повышения культуры проектно-исследовательской работы. Роль CAE-систем в исследовательской «предпроектной» деятельности конструкторских и проектных организаций, направления развития.</p> <p>Основные преимущества математического анализа (численного моделирования, предварительного прогнозирования) хода физических процессов при решении проблем теплоэнергетики. Основные критерии оценки правильности решения.</p>
3	<p>Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки</p>	<p>Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создания проекта для CFD-анализа, особенности его настройки</p> <p>Назначение оболочки ANSYS Workbench. Методология создания 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</p>
4	<p>Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности</p>	<p>Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности</p> <p>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.</p>
5	<p>Основы работы в ANSYS Design Modeler</p>	<p>Основы работы в ANSYS Design Modeler</p> <p>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</p>

		также на основе эскизов. Использование меню Concept. Методы создания вспомогательных построений 3D геометрий для CFD анализа с использованием набора инструментов меню Tools.
6	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
7	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.
8	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 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.
9	Основы работы в программном комплексе ANSYS Fluent. Интерфейс программы	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
10	CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных	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.
11	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	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. Настройка программы и CFD-решателя. Вывод полученных результатов во встроенный обработчик в ANSYS Fluent.
12	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.
13	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления Геометрическое моделирование систем лучистого отопления помещений с использованием ANSYS Design Modeler. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах радиационного теплообмена. Особенности построения сеток в задачах с радиационным теплообменом. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с радиационным теплообменом. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования радиационного теплообмена. Настройка программы и CFD-решателя. Основные возможности визуализации результатов задач

		радиационного теплообмена и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
14	Моделирование свободного течения жидкости в паровой паровой (газообразной) фазе	Моделирование свободного течения жидкости в канале Теоретические основы многофазных течений. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах с многофазным течением. Особенности построения сеток в задачах с многофазным течением. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с многофазным течением. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования многофазных потоков. Настройка программы и CFD- решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с многофазным течением и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
15	Моделирование работы тепловых труб (термосифонов) в задачах с процессами "испарение-конденсация"	Моделирование работы термосифона с применением в качестве хладагента дистиллированной воды Теоретические основы многофазных течений протекающих в термосифонах. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах с многофазным течением осложнённых фазовым переходом. Особенности построения сеток в задачах моделирования процессов фазового перехода. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с фазовым переходом. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования многофазных потоков с фазовым переходом. Настройка программы и CFD-решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с фазовым переходом и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
16	Моделирование процессов кавитации	Моделирование элемента системы с кавитационным эффектом Теоретические основы кавитации. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах кавитационным эффектом. Особенности построения сеток в задачах с кавитацией. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с эффектом кавитации. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования явления кавитации. Основные возможности визуализации результатов задач с кавитационным эффектом и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
17	Моделирование процессов движения частиц в системах золоудаления и пневмотранспорта в задачах с дискретными фазами	Моделирование элемента системы пневмотранспорта Теоретические основы работы системы пневмотранспорта. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах с дискретными фазами. Особенности построения сеток в задачах с дискретными фазами. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с дискретными фазами. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования траекторий движения частиц. Основные возможности визуализации результатов задач с дискретными фазами и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
18	Моделирование	Моделирование процесса замерзания воды в сосуде сложной формы



	процессов замерзания воды в закрытых ёмкостях	Теоретические основы процессов плавления и кристаллизации. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах с плавлением и кристаллизацией. Особенности построения сеток в задачах с плавлением и кристаллизацией. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с процессами плавления и кристаллизации. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования плавления и кристаллизации. Настройка программы и CFD-решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с плавлением и кристаллизацией и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
19	Моделирования процессов образования газовых смесей	Моделирование газового смесителя Теоретические основы процессов смесеобразования. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах со смесеобразованием. Особенности построения сеток в задачах со смесеобразованием. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с процессами смесеобразования. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования смесеобразования. Настройка программы и CFD- решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с процессом смесеобразования и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
20	Моделирование процесса диффузионного принципа сжигания газа	Моделирование диффузионной газовой горелки Теоретические основы процессов диффузионного сжигания газов. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах со смесеобразованием. Особенности построения сеток в задачах моделирования диффузионного горения. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с процессами диффузионного горения. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования диффузионного горения. Настройка программы и CFD-решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с процессом диффузионного горения и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.
21	Моделирование процессов смешенного (диффузионно-кинетического) и кинетического принципов сжигания газа	Моделирование горелки с частичным предварительным смешением Теоретические основы процессов смешенного сжигания газов. Основные подходы к постановке исследовательских задач, влияние их на точность получаемых результатов в задачах со смешенным сжиганием газов. Особенности построения сеток в задачах моделирования смешенного горения. Особенности предпочтения геометрических элементов, используемых системой для построения сеток в пространственных и плоских объектах для CFD-анализа в задачах с процессами смешенного горения. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования смешенного горения. Настройка программы и CFD-решателя. Основные возможности визуализации результатов задач с процессом смешенного горения и построения отчётов в постпроцессоре ANSYS CFD-Post.

## 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
3	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
5	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.
5	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.
6	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler Создание параметрического объекта геометрии теплообменника и вытяжного шкафа
8	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.
8	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
10	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

		<p>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</p>
11	<p>Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"</p>	<p>Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в 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.</p>
12	<p>Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"</p>	<p>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.</p>
13	<p>Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления</p>	<p>Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления          Создание геометрических объектов для двумерных и трёхмерных задач CFD-моделирования. Установка единиц измерения объектов. Построение конформной расчётной сетки конечных объёмов в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели в ANSYS Fluent. Обзор основных приёмов настройки моделей, используемых для моделирования радиационного теплообмена. 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.</p>
14	<p>Моделирование свободного течения жидкости в паровой</p>	<p>Моделирование свободного течения жидкости в канале          Геометрическое моделирование элемента системы с жидкостно- паровой фазой с использованием ANSYS Design Modeler. Создание</p>

	паровой (газообразной) фазе	геометрических объектов для двумерных и трёхмерных задач CFD-моделирования. Установка единиц измерения объектов. Построение конформной расчётной сетки конечных объёмов в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.
15	Моделирование работы тепловых труб (термосифонов) в задачах с процессами "испарение-конденсация"	Моделирование работы термосифона с применением в качестве хладагента дистиллированной воды Геометрическое моделирование элемента системы с жидкостно- паровой фазой 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели в ANSYS Fluent. Теоретические основы многофазных течений. 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.
16	Моделирование процессов кавитации	Моделирование элемента системы с кавитационным эффектом Геометрическое моделирование элемента системы с вероятным образованием эффекта кавитации (образования паровой фазы) 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.
17	Моделирование процессов движения частиц в системах золоудаления и пневмотранспорта в задачах с дискретными фазами	Моделирование элемента системы пневмотранспорта Геометрическое моделирование элемента системы с пневмотранспорта 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.
18	Моделирование процессов замерзания воды в закрытых ёмкостях	Моделирование процесса замерзания воды в сосуде сложной формы Геометрическое моделирование элемента системы с жидкостно- твёрдой фазой 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.

19	Моделирования процессов образования газовых смесей	<p>Моделирование газового смесителя</p> <p>Геометрическое моделирование смесителя 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.</p>
20	Моделирование процесса диффузионного принципа сжигания газа	<p>Моделирование диффузионной газовой горелки</p> <p>Геометрическое моделирование диффузионной горелки 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.</p>
21	Моделирование процессов смешенного (диффузионно-кинетического) и кинетического принципов сжигания газа	<p>Моделирование горелки с частичным предварительным смешением</p> <p>Геометрическое моделирование горелки с частичным предварительным смешением 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 в редакторе ANSYS Meshing. Загрузка модели 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.</p>

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
3	Методология создания проекта ANSYS Workbench для анализа работы исследуемых систем. Основные этапы и идеи, закладываемые в создании проекта для CFD-анализа, особенности его настройки	<p>Создание проекта ANSYS Workbench для CFD анализа</p> <p>Подготовка к практическому занятию</p>
5	Основы работы в ANSYS Design Modeler	<p>Освоение графического интерфейса ANSYS Design Modeler</p> <p>Подготовка к практическому занятию.</p> <p>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</p>

		многомерного CFD анализа.
5	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.
6	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.
8	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.
8	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 полом цилиндре и трубе Вентури Изучение методов оценки качества построенной сетки на объектах для CFD анализа
10	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.
11	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе" Подготовка к практическому занятию, выполнение расчётов
12	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	Моделирование конвективного пакета с шахматной схемой расположения труб водотрубного котлоагрегата "ДКВр" Подготовка к практическому занятию
13	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления Подготовка к практическому занятию
14	Моделирование свободного течения жидкости в паровой паровой (газообразной) фазе	Моделирование свободного течения жидкости в канале Подготовка к практическому занятию
15	Моделирование	Моделирование работы термосифона с применением в качестве

	работы тепловых труб (термосифонов) в задачах с процессами "испарение-конденсация"	хладагента дистиллированной воды Подготовка к практическому занятию
16	Моделирование процессов кавитации	Моделирование элемента системы с кавитационным эффектом Подготовка к практическому занятию
17	Моделирование процессов движения частиц в системах золоудаления и пневмотранспорта в задачах с дискретными фазами	Моделирование элемента системы пневмотранспорта Подготовка к практическому занятию
18	Моделирование процессов замерзания воды в закрытых ёмкостях	Моделирование процесса замерзания воды в сосуде сложной формы Подготовка к практическому занятию
19	Моделирования процессов образования газовых смесей	Моделирование газового смесителя Подготовка к практическому занятию
20	Моделирование процесса диффузионного принципа сжигания газа	Моделирование диффузионной газовой горелки Подготовка к практическому занятию
21	Моделирование процессов смешенного (диффузионно-кинетического) и кинетического принципов сжигания газа	Моделирование горелки с частичным предварительным смешением 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 курсового проекта;
- подготовка к экзамену.

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	Вводные сведения. Основная роль исследовательской работы на энергетических объектах. Основы методологии исследования	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
2	Особенности использования САЕ-систем	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1,	Теоретические



	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-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
3	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-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
4	Основная роль геометрического моделирования в программных комплексах для научно- исследовательской и проектно-конструкторской деятельности	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
5	Основы работы в ANSYS Design Modeler	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
6	Параметризация геометрических объектов в ANSYS Design Modeler	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
7	Основная роль сетки конечных объёмов. Введение в построение сеток.	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
8	Основы работы в ANSYS Meshing	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
9	Основы работы в программном комплексе ANSYS Fluent. Интерфейс программы	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
10	CFD-моделирование процессов смешения элементов аэродинамических сопротивлений инженерных систем котельных	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
11	Моделирование кожухотрубного теплообменника типа "труба в трубе"	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену

12	Моделирование конвективного пакета котлоагрегата "ДКВр"	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
13	Моделирование радиационного линзового излучателя системы лучистого отопления	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
14	Моделирование свободного течения жидкости в паровой паровой (газообразной) фазе	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
15	Моделирование работы тепловых труб (термосифонов) в задачах с процессами "испарение-конденсация"	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
16	Моделирование процессов кавитации	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
17	Моделирование процессов движения частиц в системах золоудаления и пневмотранспорта в задачах с дискретными фазами	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
18	Моделирование процессов замерзания воды в закрытых ёмкостях	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
19	Моделирования процессов образования газовых смесей	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
20	Моделирование процесса диффузионного принципа сжигания газа	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
21	Моделирование процессов смешенного (диффузионно-кинетического) и кинетического принципов сжигания газа	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
22	Курсовой проект	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	Теоретические вопросы для экспресс- опроса Теоретические вопросы к экзамену
23	Экзамен	ПКР-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1,	Теоретические

		ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3	вопросы для экспресс-опроса Теоретические вопросы к экзамену
--	--	---	---

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-2.3, ПКР-2.4, ПКР-3.1, ПКР-3.2, ПКР-3.3, ПКР-3.4, ПКР-3.8, ПКС-2.1, ПКС-2.2, ПКС-2.3))

Тема 1: 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 САЕ-систем для энергоанализа в котельных и ТЭЦ?
4. Какие существуют особенности использования САЕ-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 2: Оболочка САЕ-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 3: Геометрическое моделирование объектов и элементов инженерных систем котельных

1. Какую роль играет геометрическое моделирование в научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности?
2. Что такое САД-система? Основное её назначение?
3. Что такое САЕ-система? Основное её назначение?
4. Что такое САМ-система? Основное её назначение?
5. Какой порядок взаимодействия САД и САМ с САЕ-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 4: 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 5: 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 6: 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 7: 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?

Тема 8: Моделирование процессов радиационного теплообмена

1. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа с применением моделей лучистого теплообмена?

2. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании лучистого теплообмена?

3. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании лучистого теплообмена?

4. Какие существуют основные модели лучистого теплообмена, какие, когда следует использовать?

5. Какие существуют особенности построения сеток в моделях лучистого теплообмена?
6. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании теплообмена излучением?
7. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач лучистого теплообмена с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?
8. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач лучистого теплообмена с использованием обработчика результатов CFD-Post?

#### Тема 9: Моделирование многофазных течений

1. Что называется кавитацией и какие у этого физического явления основные особенности?
2. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа явления кавитации?
3. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании кавитации?
4. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании кавитации?
5. Как задаются условия кавитации?
6. Какие существуют особенности построения сеток в моделях с кавитацией?
7. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании кавитации?
8. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с кавитацией с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?
9. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с кавитацией с использованием обработчика результатов CFD-Post?
10. Какие среды называются многофазными?
11. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа при моделировании задач с многофазными средами?
12. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании многофазного течения?
13. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании многофазных течений?
14. Как задаются условия многофазности?
15. Какие существуют особенности построения сеток в моделях с многофазными средами?
16. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании многофазных течений?
17. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с многофазными средами с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?
18. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с многофазными средами с использованием обработчика результатов CFD-Post?

#### Тема 10: Моделирование процессов плавления и кристаллизации

1. Основной подход к созданию моделей для задач плавления и кристаллизации?
2. Каким образом задаёт процесс перехода жидкой фазы в твёрдую?
3. Какие особенности построения сетки для задач плавления и кристаллизации?
4. Какую модель турбулентности следует использовать для задач с кристаллизацией?
5. Каким образом осуществляется вывод результатов?

#### Тема 11: Моделирование процессов смесеобразования и химических реакций

1. Какие основные подходы к моделированию горения?
2. Что такое расчётная сетка конечных объёмов?
3. Каким образом выполняется настройка модуля для расчёта концентраций?
4. Каким образом выполняется настройка модуля для моделирования горения?
5. Как настраивается модель Non-Premixed Combustion?

6. Что такое pdf-таблица?
7. Как задаётся состав газового топлива в программный комплекс?
8. Каким образом осуществляется вывод результатов?
9. Каким образом осуществляется построение графических зависимостей концентраций веществ входящих в продукты полного сгорания газа?
10. Необходимо ли учитывать лучистый теплообмен при моделировании горения?

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. Какие существуют методы использования основных источников энергии в промышленной и малой теплоэнергетике?
2. По каким критериям сравниваются показатели работы централизованных и индивидуальных систем теплоснабжения?
3. Какие существуют основные проблемы переоснащения и совершенствования основного оборудования котельных и ТЭЦ?
4. Какие методы могут быть использованы в повышении тепловой эффективности схемы отопительно-производственной паровой котельной?
5. Какие методы могут быть использованы в повышении тепловой эффективности схемы отопительной водогрейной котельной?
6. Какие методы могут быть использованы в повышении тепловой эффективности схемы ТЭЦ?
7. Какие методы могут быть использованы в повышении тепловой эффективности совместной выработки тепловой и электрической энергии на мини-ТЭЦ?
8. Какие методы могут быть использованы в повышении тепловой эффективности



использования вторичных энергоресурсов?

9. Какие существуют основные проблемы использования вторичных энергоресурсов?
10. Какие существуют современные передовые технологии зарубежных и отечественных фирм для изготовления оборудования котельных и ТЭЦ?
11. Какие методы могут быть использованы в повышении эффективности использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии?
12. Какие существуют современные технологии использования солнечной энергии?
13. Какие методы могут быть использованы в повышении эффективности использования геотермальных вод в промышленной и коммунальной теплоэнергетике?
14. Каков основной принцип работы солнечной батареи?
15. Какие существуют особенности проектирования и эксплуатации автоматизированных котельных в коммунальной и промышленной теплоэнергетике повышающие эффективность их работы?
16. Какова основная задача исследовательской работы на энергетических объектах энергетики?
17. Для чего необходимо использование современных CAE-систем?
18. Что из себя представляет численный анализ?
19. Какова основная роль CAE-систем в исследовательской деятельности?
20. Какие существуют преимущества использования численного анализа?
21. Какие существуют основные критерии оценки правильности полученного решения?
22. В чём заключается основная роль оболочки ANSYS Workbench?
23. Что такое расчётный модуль?
24. Какие существуют в программном комплексе ANSYS модули для CFD анализа?
25. Для чего используется модуль ANSYS Design Modeler?
26. Для чего используется модуль ANSYS Meshing?
27. Для чего используется модуль ANSYS Fluent?
28. Для чего используется модуль ANSYS CFD-Post?
29. Какую роль играет геометрическое моделирование в научно-исследовательской и проектно-конструкторской деятельности?
30. Что такое CAD-система? Основное её назначение?
31. Что такое CAE-система? Основное её назначение?
32. Что такое CAM-система? Основное её назначение?
33. Какой порядок взаимодействия CAD и CAM с CAE-системами?
34. Какие виды геометрических объектов могут подвергаться моделированию?
35. В чём с физической точки зрения заключается разница задач в 2D и 3D постановках?
36. Что влияет на точность результатов моделирования?
37. Чем отличается создание моделей на основе эскизирования от создания моделей на основе примитивов?
38. Для чего используются команды Extrude, Revolve, Sweep?
39. Для чего используется команда Skin/Loft?
40. Для чего используется команда Boolean, Slice, Delete?
41. Для чего используется команда Pattern?
42. Для чего используется команда Fixed Radius Blend, Variable Radius Blend, Chamfer?
43. Для чего используется меню Concept?
44. Для чего используется меню Tools?
45. Для чего используется меню Analyses Tools?
46. Что такое параметрические объекты? Для чего они используются?
47. Что такое расчётная сетка?
48. Чем отличается регулярная расчётная сетка от нерегулярной?
49. Чем отличается конформная расчётная сетка от неконформной?
50. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 2D задачах?
51. Какие математические элементы используются для построения расчётной сетки в 3D задачах?
52. Какие существуют методы построения сетки?
53. Как влияет форма и вид элементов на точность решаемой задачи? Какие основные

приёмы повышения точности решения используя настройки построения сетки?

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

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

56. Какие методы используются для построения регулярных сеток на сложных геометриях?

57. По каким основным критериям производится оценка качества построенной расчётной сетки?

58. Что такое сопряжённая задача и в чём её основные особенности?

59. Какие существуют подходы к постановке сопряжённых исследовательских задач?

60. Какие существуют особенности построения расчётных сеток на границах расчётных областей при решении сопряжённых задач?

61. Какие существуют особенности загрузки сеток сопряжённых задач в ANSYS Fluent?

62. Какие существуют особенности настройки модуля при решении сопряжённых задач?

63. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?

64. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении сопряжённых задач с использованием обработчика результатов CFD-Post?

65. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа с применением моделей лучистого теплообмена?

66. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании лучистого теплообмена?

67. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании лучистого теплообмена?

68. Какие существуют основные модели лучистого теплообмена, какие, когда следует использовать?

69. Какие существуют особенности построения сеток в моделях лучистого теплообмена?

70. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании теплообмена излучением?

71. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач лучистого теплообмена с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?

72. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач лучистого теплообмена с использованием обработчика результатов CFD-Post?

73. Что называется кавитацией и какие у этого физического явления основные особенности?

74. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа явления кавитации?

75. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании кавитации?

76. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании кавитации?

77. Как задаются условия кавитации?

78. Какие существуют особенности построения сеток в моделях с кавитацией?

79. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании кавитации?

80. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с кавитацией с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?

81. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с кавитацией с использованием обработчика результатов CFD-Post?

82. Какие среды называются многофазными?

83. Какие особенности создания геометрических моделей для CFD-анализа при моделировании задач с многофазными средами?

84. Какие особенности замены пространственных моделей двумерными при моделировании многофазного течения?

85. Какие существуют приёмы повышения точности получаемых результатов при моделировании многофазных течений?

86. Как задаются условия многофазности?

87. Какие существуют особенности построения сеток в моделях с многофазными средами?

88. Какие существуют основные особенности настройки решателя при моделировании многофазных течений?

89. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с многофазными средами с использованием встроенного обработчика результатов ANSYS Fluent?

90. Какие существуют особенности визуализации расчётных данных при решении задач с многофазными средами с использованием обработчика результатов CFD-Post?

91. Какие основные подходы к моделированию горения?

92. Что такое расчётная сетка конечных объёмов?

93. Каким образом выполняется настройка модуля для расчёта концентраций?

94. Каким образом выполняется настройка модуля для моделирования горения?

5. Как настраивается модель Non-Premixed Combustion?

6. Что такое pdf-таблица?

7. Как задаётся состав газового топлива в программный комплекс?

8. Каким образом осуществляется вывод результатов?

9. Каким образом осуществляется построение графических зависимостей концентраций веществ входящих в продукты полного сгорания газа?

10. Необходимо ли учитывать лучистый теплообмен при моделировании горения?

#### 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 курсового проекта 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 1 семестре.

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

#### 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>Основная литература</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	ЭБС
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	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68793.html">http://www.iprbookshop.ru/68793.html</a>
<b>Дополнительная литература</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	Басов К. А., Графический интерфейс комплекса ANSYS, Саратов: Профобразование, 2019	ЭБС
3	Делягин Г. Н., Лебедев В. И., Пермяков Б. А., Хаванов П. А., Теплогенерирующие установки, М.: Бастет, 2010	ЭБС
4	Басов К. А., ANSYS, Саратов: Профобразование, 2017	<a href="http://www.iprbookshop.ru/63588.html">http://www.iprbookshop.ru/63588.html</a>
1	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>

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	<a href="http://www.rsl.ru">www.rsl.ru</a>

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/Univer sitet/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 №Tr000528632 от 14.09.2020 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.