

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научно-педагогической работе



А.Б. Бирюков

(подпись)

2020 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В5 Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов тепловых электрических станций

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника
(код и наименование направления / специальности)
Магистерская программа: Тепловые электрические станции
(наименование профиля / магистерской программы / специализации)
Программа: магистратура
(бакалавриат, магистратура, специалитет)
Форма обучения: очная, заочная
(очная, заочная, очно-заочная)

Форма обучения:	Очная	Заочная
Семестр(ы)	2	2
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	3/108	3/108
Контактная работа (час.)	70	16
Лекции (час.)	34	4
Практические (семинарские) занятия (час.)	34	6
Лабораторные работы (час.)	-	-
Самостоятельная работа (час.), в том числе	40	98
Курсовой проект(работа) (семестр/час.)	-	-
Индивидуальное задание (кол./час.)	-	1/16
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2020 г.

Рабочая программа дисциплины «Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов тепловых электрических станций» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» магистерская программа «Тепловые электрические станции» для 2020 года приёма.

доцент кафедры промышленной
теплоэнергетики, к.т.н., доц. _____ Гридин Сергей Васильевич

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры промышленной теплоэнергетики.

Протокол от «31» 08 2020 года № 1

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ Сафьянц С.М.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Протокол от «31» 08 2020 года № 1

Председатель _____
(подпись) _____ Сафьянц С.М.
(Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры промышленной теплоэнергетики.

Протокол от «_____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры промышленной теплоэнергетики.

Протокол от «_____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры промышленной теплоэнергетики.

Протокол от «_____» _____ 20__ года № _____

Заведующий кафедрой _____
(подпись) _____ (Ф.И.О.)

1. ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает вопросы разработки и использования методов математического моделирования реальных процессов, происходящих в элементах систем теплотехнического и теплотехнологического оборудования.

Целью дисциплины является: изучение методик составления математических моделей теплоэнергетических объектов, установок, систем и процессов, принципов, методов и особенностей физического и математического моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологиях для использования в профессиональной деятельности.

Задачи изучения дисциплины: дать представление об общих принципах, этапах и условиях создания математических моделей, вычислительных алгоритмах их реализации, о методах и приемах математического моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии, аппаратов и систем теплоэнергетики для решения задач энерго- и ресурсосбережения.

В результате освоения дисциплины магистр должен:

знать: основы теории, принципы и вычислительные методы математического моделирования тепловых и гидродинамических процессов в теплоэнергетических объектах, установках, системах и процессах; научные основы классификации моделей, их свойства, принципы и способы построения с использованием методов конечно-разностного анализа; приведение математических моделей к критериальной форме; особенности моделирования стационарных и динамических режимов; основные тепловые, термодинамические, технологические и экономические параметры, влияющие на работу теплоэнергетических установок и систем; законы и основные физико-математические модели переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам; основы алгоритмизации задач современной теплоэнергетики; возможности новейших компьютерных технологий для решения задач моделирования сложных теплоэнергетических процессов и систем; возможные варианты представления и оформления полученных результатов математического моделирования;

уметь: разрабатывать математические модели гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии и находить решения при заданных условиях; обосновать на основе критериев подобия выбор математической модели исследуемого теплоэнергетического объекта; составлять и выполнять расчеты топливного, энергетического и материального балансов с их предварительным структурным анализом; самостоятельно моделировать гидродинамические и тепловые процессы в элементах конструкции тепловых и теплотехнических установок; использовать современные компьютерные методы и средства одной из программных сред для реализации и исследования математических моделей;

владеть: навыками обобщения и анализа математических моделей; основами расчета процессов гидродинамики и теплообмена в элементах теплотехнического оборудования путем создания их моделей; математическими

методами расчета, анализа и оценки энергетических потерь, потенциала энергоснабжения и резервов экономии топлива на предприятиях энергетики, промышленности и жилищно- коммунального хозяйства; методами построения математических моделей для задач, возникающих в инженерной практике и численными методами их решения; навыками проведения технологических расчетов на основе математических методов моделирования.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик оборудования, повышению экологической безопасности, улучшению условий труда, экономии ресурсов (ПК-1);
- готовность к проведению технических расчетов по типовым методикам и проектам, технико- экономического анализа эффективности проектных решений, выбора и разработки нового теплоэнергетического и теплотехнического оборудования, систем и сетей (ПК-2);
- готовность к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, энергетических сетей и систем (ПК-4);
- способность планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, обрабатывать и анализировать результаты научных исследований, интерпретировать и представлять их в виде обзоров, отчетов, научных публикаций (ПК-6);
- готовность использовать знания теоретических и экспериментальных методов научных исследований, принципов организации научно-исследовательской деятельности и современные достижения науки и передовой технологии в научно- исследовательских работах (ПК-7);
- способность использовать знания фундаментальных разделов для понимания и описания физической сущности процессов, протекающих в оборудовании тепловых электрических станций, в системах генерации, транспорта и потребления тепловой и электрической энергии (ПСК-1);
- готовность участвовать в опытно- промышленных испытаниях оборудования тепловых электрических станций, в мероприятиях по освоению, разработке, модернизации и эксплуатации оборудования с учетом экологических требований и безопасности эксплуатации (ПСК-2).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет» подготовки магистра по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», магистерская программа «Тепловые электрические станции».

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: учебного плана программы бакалавриата: «Высшая математика», «Физика», «Информатика», «Химия», «Теоретическая механика», «Техническая термодинамика», «Тепломассообмен», «Гидрогазодинамика», «Техническая механика жидкости и газа», «Инженерные методы эксперимента и САПР», «Материаловедение и технологии металлов», «Теория сжигания и горелочные устройства», «Котельные установки промышленных предприятий», «Источники и системы теплоснабжения», «Физико-химические процессы в теплоэнергетике», «Автоматизация энергетических установок», «Теплотехнические процессы и установки», «Технологии генерации электрической и тепловой энергии», «Математические методы и модели», «Математические задачи энергетики», а также учебного плана программы магистратуры: «Методология и методы научных исследований», «Методы обработки и представления результатов исследования гидродинамических и тепловых процессов в теплоэнергетике», «Современные технологии в топливно-энергетическом комплексе».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при выполнении курсового проекта по дисциплине «Энергосбережение при транспорте и распределении теплоты», изучении дисциплины «Теоретические основы энергетики возобновляемых источников», прохождении производственной практики: научно-исследовательская работа; производственной практики: технологическая; производственной практики: преддипломная практика и государственной итоговой аттестации при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ.	Лабор.	СР
Тема 1. Общая характеристика целей и задач математического моделирования теплотехнологических процессов, установок и систем.	4/4	2/0	0/0	0/0	2/4
Тема 2. Виды и классы математических моделей.	6/6	2/0	2/0	0/0	2/6
Тема 3. Этапы разработки математических моделей.	8/8	2/0	2/0	0/0	4/8
Тема 4. Этапы численного моделирования.	10/8	4/0	2/0	0/0	4/8
Тема 5. Классификация погрешностей численного решения.	6/6	2/0	2/0	0/0	2/6
Тема 6. Математическое описание гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии.	14/11	4/1	4/0	0/0	6/10

Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ.	Лабор.	СР
Тема 7. Математические модели теплоэнергетики.	12/11	4/1	4/2	0/0	4/8
Тема 8. Математическая модель перевода парового котла на непроектное топливо	24/22	6/2	10/4	0/0	8/16
Тема 9. Математическая модель теплового состояния здания.	24/16	8/0	8/0	0/0	8/16
Индивидуальное задание	0/16				0/16
Курсовая работа (проект)	0/0				0/0
Итого по видам занятий	108/108	34/4	34/6	0/0	40/98
Контроль	0/0				
ИТОГО	108/108				

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-1	Тема 1, 2, 6, 7, 8
ПК-2	Темы 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9
ПК-4	Тема 1, 7, 8, 9
ПК-6	Тема 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
ПК-7	Тема 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
ПСК-1	Тема 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9
ПСК-2	Тема 1, 3, 7, 8, 9

3.2. Лекции

Тема 1. **Общая характеристика целей и задач математического моделирования теплотехнологических процессов, установок и систем.**

Содержание темы 1:

Введение. Общая характеристика целей и задач математического моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии.

Литература к теме 1: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)]

Тема 2. **Виды и классы математических моделей.**

Содержание темы 2:

Понятие математической модели. Виды и классы математических моделей, общие принципы построения. Преимущества теории и эксперимента в математическом моделировании. Историческое развитие математического моделирования.

Литература к теме 2: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [6](#)]

Тема 3. Этапы разработки математических моделей.

Содержание темы 3:

Этапы математического моделирования. Физическая постановка задачи исследования. Построение математической модели. Разработка блок-схемы алгоритма реализации модели на компьютере.

Литература к теме 3: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#), [5](#), [6](#)]

Тема 4. Этапы численного моделирования.

Содержание темы 4:

Основные этапы вычислительного эксперимента. Выбор численного метода реализации математической модели. Разработка вычислительного алгоритма решения задачи; составление программы. Составление программы на языке программирования высокого уровня. Тестирование и отладка программы. Счет по отлаженной программе. Анализ и обработка результатов счета.

Литература к теме 4: [[1](#), [2](#), [3](#), [4](#)]

Тема 5. Классификация погрешностей численного решения.

Содержание темы 5:

Классификация погрешностей численного решения. Неустраняемая погрешность. Погрешность математической модели. Погрешность входных данных. Погрешность численного метода. Погрешность округления.

Литература к теме 5: [[2](#), [4](#), [6](#)]

Тема 6. Математическое описание гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии.

Содержание темы 6:

Математическое описание закономерностей явлений переноса тепловой энергии. Математическое описание закономерностей явлений переноса вещества. Математическое описание закономерностей явлений переноса количества движения.

Литература к теме 6: [[2](#), [3](#), [5](#)]

Тема 7 Математические модели теплоэнергетики.

Содержание темы 7:

Основные виды математических моделей гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологиях теплоэнергетики. Математическое моделирование потребления топлива тепловыми электростанциями.

Литература к теме 7: [[2](#), [3](#), [5](#), [6](#)].

Тема 8 Математическая модель перевода парового котла на непроектное топливо.

Содержание темы 8:

Математическое моделирование перевода пылеугольного котла на непроектное топливо. Цель, алгоритм и допущения математической модели.

Уравнения математической модели: уравнение изменения массы массовых компонент газовой смеси; уравнение движения газовой смеси; уравнение состояния газовой смеси; нагрев и сушка частицы; уравнение теплового баланса при догорании коксового остатка; уравнение сохранения энергии газовой смеси. Анализ результатов исследований.

Литература к теме 7: [2, 3].

Тема 9 Математическая модель теплового состояния здания.

Содержание темы 9:

Математическая модель теплового состояния здания. Тепловой баланс помещения. Математические модели расчета: массового расхода теплоносителя системы отопления здания; массового расхода воздуха на инфильтрацию и вентиляцию помещения; теплоотдачи внутренних и наружных поверхностей ограждающих конструкций здания; коэффициента теплопередачи остекленных проемов.

Литература к теме 7: [2, 5, 7].

3.3. Практические (семинарские) занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Основные понятия математического моделирования.	2/0	[1, 2, 5]
2	Математическая модель конвективного теплообмена.	4/0	[2, 3]
3	Расчет потребления топлива тепловыми электростанциями.	4/1	[2, 5]
4	Расчет процесса нагрева и сушки частицы твердого топлива.	6/1	[2, 4]
5	Расчет процесса горения частицы твердого топлива.	6/2	[2, 5]
6	Расчет параметров процесса теплоотдачи внутренних и наружных поверхностей ограждающих конструкций здания.	6/1	[2, 7]
7	Расчет коэффициента теплопередачи остекленных проемов.	6/1	[2, 7]
Итого:		34/6	

3.4. Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час.	Литература
1	Лабораторные занятия не планируются.	0	

3.5. Самостоятельная работа магистранта

№ п/п	Виды самостоятельной работы магистранта	Объем, час.
1	Изучение лекционного материала	20/42
2	Подготовка к практическим занятиям	20/40
3	Подготовка к лабораторным работам	0/0
4	Выполнение курсового проекта (36 часов)	0/0
5	Выполнение курсовой работы (27 часов)	0/0
6	Выполнение индивидуального задания (не менее 9 часов)	0/16
Итого:		40/98

3.6. Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) по дисциплине учебным планом не предусмотрен.

Предусмотрено выполнение индивидуального задания по дисциплине учебным планом для заочной формы обучения. Тематика индивидуального задания связана с самостоятельным выполнением расчетной работы по темам дисциплины, которые не рассматриваются на лекциях и практических занятиях и изучаются студентом самостоятельно в соответствии с [6] и с учетом специфики программ подготовки магистров. Работа, выполняемая студентом в соответствии с методическими указаниями [6] по индивидуальной работе, предназначена для использования приобретенных знаний при решении задач расчета процессов стационарной теплопроводности и конвективного теплообмена при нахождении совместного решения уравнений теплопередачи и теплового баланса регенеративного поверхностного подогревателя ТЭС приближенными методами инженерных расчетов (графоаналитическим методом и методом половинного деления отрезка).

Объем учебной нагрузки при выполнении одного индивидуального задания – не менее 16 часов.

Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – не более 12 страниц формата А4 (210×297 мм). Отчет по РДР должен содержать: титульный лист с названием работы, фамилией студента и номером варианта; задание; исходные данные; расчетную часть; графики и выводы.

4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

Составляющая компетенции – полнота знаний

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы/ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;
- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;
- средний уровень: даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;
- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

Составляющая компетенции – умения

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;
- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;

- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

4.2 Пример контрольного опроса на практических занятиях.

Вопросы контрольного опроса на примере темы 2 «Виды и классы математических моделей»:

1. Какие цели преследует математическое моделирование в общем случае?
2. Перечислите основные классы математических моделей тепловых процессов в теплоэнергетике.
3. Дайте характеристику детерминированных, стохастических и комбинированных математических моделей.
4. К какому типу относится математическая модель горения угольной частицы?
5. Возможно ли на основе математической модели горения угольной частицы определить ресурсо- или энергосберегающие режимы технологии выработки тепловой энергии?
6. Перечислите преимущества математического моделирования в сравнении с натурным экспериментом.
7. Какие достоинства математического моделирования по сравнению с опытно-промышленными исследованиями технологии Вы знаете?
8. В каком случае математическая модель считается адекватной реальному технологическому процессу?

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.3. Критерии оценивания результатов обучения

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов тепловых электрических станций» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

Текущий контроль знаний студентов предназначен для контроля и оценки: качества усвоения студентами теоретических разделов дисциплины; знаний,

умений и навыков, полученных на практических занятиях по дисциплине; самостоятельной работы студентов.

Текущий контроль знаний студента осуществляется по результатам:

а) активности и систематической работы студента на занятиях и правильных ответов на вопросы, адресованные преподавателем студентам в ходе проведения лекционных и практических занятий,

б) контрольных опросов и самостоятельного решения типовых задач по разделам курса в ходе проведения практических занятий.

При пропуске практического занятия соответствующее задание должно быть выполнено дома и по нему должен быть представлен отдельный отчет, который подлежит защите в ходе собеседования.

Распределение баллов текущего контроля работы студентов на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1

Наименование вида работ	Количество баллов		Примечание
	за каждое занятие	за семестр	
Для студентов очной формы обучения			
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	0-1	0-17	Зависит от активности студента (из расчёта 17 лекционных занятий) и правильности его ответов на вопросы преподавателя.
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	0-2	0-34	Зависит от активности студента (из расчёта 17 аудиторных занятий). Оценивается каждое занятие.
Контрольные опросы (работа на практических занятиях)	0-4	0-8	В зависимости от правильности и полноты ответов.
Решение типовых задач (работа на практических занятиях)	0-4	0-24	В зависимости от правильности и полноты решения задачи.
Текущая самостоятельная работа (подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий)	0-1	0-17	Зависит от степени готовности студента к аудиторным занятиям и качества выполнения домашних заданий
Итого:		100	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения			
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	0-1	0-2	Зависит от активности студента и правильности его ответов на вопросы преподавателя.
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	0-2	0-6	Зависит от активности студента на аудиторных занятиях
Текущая самостоятельная работа (подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий)	0-1	0-8	Зависит от степени готовности студента к аудиторным занятиям и качества выполнения домашних заданий
Итого:		16	Максимально возможное

Промежуточный контроль усвоения студентом учебного материала по учебной дисциплине проводится для студентов заочной формы обучения на основе результатов выполненного индивидуального задания. Форма промежуточной аттестации студентов заочной формы обучения в процессе обучения дисциплине: защита отчета по индивидуальному заданию.

При защите отчета используются контрольные типовые задания, которые могут включать: вопросы, требующие письменного или устного ответа; тесты, проводимые в письменной или электронной форме.

Индивидуальное задание и отчет о его выполнении, содержащий результаты расчетов, измерений, построенные графики и др., оформляется по установленным правилам для допуска к защите. Процесс защиты предполагает:

1. Проверку преподавателем правильности и полноты выполнения отчета о выполнении индивидуального задания.

2. Выдачу студенту индивидуальных вопросов или заданий для подготовки к защите индивидуального задания.

3. Устную защиту студентом работы, включающую ответ на поставленный вопрос (задачу) и дополнительные вопросы по теме защищаемого индивидуального задания.

Индивидуальное задание защищается студентом индивидуально. При проведении защиты уровень его выполнения окончательно оценивается следующим образом:

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального задания
63-84	Представлен отчет, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению, и знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный и дополнительные вопросы, оцениваются как отличные (с незначительным количеством неточностей) или хорошие (в случае в целом правильно выполненной работы с незначительным количеством ошибок от 10% до 15%).
59-62	Представлен отчет, соответствующий установленным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат не принципиальные ошибки. Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как удовлетворительные или неплохие. При ответах на дополнительные вопросы допущены серьезные ошибки (до 30%) или результаты ответов оцениваются как удовлетворительно.
50-58	Представлен отчет, соответствующий установленным минимальным требованиям к его содержанию и оформлению. Вместе с тем, отдельные из выполненных разделов заданий содержат не принципиальные ошибки. Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный и на дополнительные вопросы, оцениваются как достаточные (при проценте допущенных серьезных ошибок – не более 40%).
29-49	Представлен отчет, не соответствующий минимальным установленным требованиям к его содержанию и оформлению. Большинство заданий индивидуального задания и/или их разделов не выполнено либо выполнено с грубыми ошибками (более 40%). Знания студента, продемонстрированные в ходе ответа на обязательный вопрос, оцениваются как неудовлетворительные или

Возможное количество баллов	Характеристика требований к результатам защиты индивидуального задания
	защита отчета студентом не проводилась (отказ от защиты). Индивидуальное задание считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.
0-28	По содержанию и/или оформлению отчет по индивидуальному заданию в целом не соответствует установленным требованиям. Индивидуальное задание считается невыполненным и возвращается на доработку для повторной сдачи на проверку.

Итоговая аттестация по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме **семестрового зачета**.

Семестровый зачет выставляется по результатам текущего и промежуточного контроля, как правило, на последнем занятии семестра по дисциплине при обязательном присутствии студента.

Студент допускается к семестровому зачету по конкретной учебной дисциплине независимо от текущей успеваемости и посещения занятий, если он выполнил и защитил все задания, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины и, при обучении за счет физических и (или) юридических лиц, не имеет финансовой задолженности перед университетом.

Студенту, который не выполнил и (или) не защитил все задания, предусмотренные рабочей программой учебной дисциплины, в зачетную ведомость ставится запись «не допущен».

Студентам, которые были допущены к сдаче зачета, но не явились на него, в ведомость ставится запись «не явился».

Индивидуальное консультирование осуществляется каждую неделю по графику, который доводится до студентов в начале семестра. Групповые консультации осуществляются перед сдачей семестрового зачета.

Итоговая за семестр оценка успешности студента по учебной дисциплине формируется суммированием оценок успешности студента по каждому виду работы студента:

Виды работы студента	Возможное количество баллов	
	Для студентов очной формы обучения	Для студентов заочной формы обучения
Текущая учебная работа (работа на лекциях)	17	2
Текущая учебная работа (работа на практических занятиях)	34	6
Контрольные опросы (работа на практических занятиях)	8	не предусмотрено
Решение типовых задач (работа на практических занятиях)	24	не предусмотрено
Текущая самостоятельная работа (подготовка к аудиторным занятиям; выполнение домашних заданий)	17	8
Индивидуальное задание	не предусмотрено	84
Всего	100	100

Перевод итоговой оценки из 100-балльной шкалы в оценку по национальной шкале и по шкале ECTS осуществляется в соответствии со шкалой соответствия, приведенной в «Положении об организации учебного процесса в Донецком национальном техническом университете», утвержденном приказом ДОННТУ от 02.05.2018 г. №337-14:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Зачтено
80-89	B	
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	
35-59	FX	Не зачтено
0-34	F*	

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

4.4 Пример контрольного опроса на практических занятиях

Вопросы контрольного опроса на примере темы 2 «Виды и классы математических моделей»:

9. Какие цели преследует математическое моделирование в общем случае?
10. Перечислите основные классы математических моделей тепловых процессов в теплоэнергетике.
11. Дайте характеристику детерминированных, стохастических и комбинированных математических моделей.
12. К какому типу относится математическая модель горения угольной частицы?
13. Возможно ли на основе математической модели горения угольной частицы определить ресурсо- или энергосберегающие режимы технологии выработки тепловой энергии?
14. Перечислите преимущества математического моделирования в сравнении с натурным экспериментом.
15. Какие достоинства математического моделирования по сравнению с опытно-промышленными исследованиями технологии Вы знаете?
16. В каком случае математическая модель считается адекватной реальному технологическому процессу?

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

4.5 Курсовое проектирование

Выполнение курсовой работы (проекта) в учебном плане не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I Основная литература

1. Ячиков И.М. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов / И.М. Ячиков ; ФГБОУ ВПО "Магнитогор. гос. техн. ун-т им. Г.И. Носова". - 1 Мб. - Магнитогорск : Изд-во МАИ, 2012. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/17/cd6874.pdf> — Загл. с титула экрана.

II Дополнительная литература

2. Захаров, Н.И. Математические модели и методы численного моделирования теплофизических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Н.И. Захаров, С.В. Гридин. -2,27Мб - Донецк : Цифровая типография, 2017. - 120 с. – 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: http://ea.donntu.org:8080/jspui/bitstream/123456789/34239/1/Матмодели_и_методы_Захаров_Гридин.pdf — Загл. с титула экрана.
3. Основы современных энерготехнологий [Электронный ресурс] : математическое моделирование тепломассообменных процессов и горения в энергетических устройствах : учебно-методическое пособие / Сиб. федер. ун-т; сост.: М.Ю. Чернецкий, А.А. Дектерев. - 1 Мб. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2013. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. — Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/cd5244.pdf> — Загл. с титула экрана.
4. Алексеев, Г. В. Математические методы в инженерии [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Г. В. Алексеев // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — Электрон. дан. - Санкт-Петербург : Ун-т ИТМО, 2014. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/67259.html> – Загл. с титула экрана.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

5. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии» [Электронный ресурс] : для обучающихся уровня профессионального образования «магистратура» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерские программы «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции, «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Кафедра промышленной теплоэнергетики; сост.: С. В. Гридин – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2020. – 23 с. – Систем. требования Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.org/sites/default/files/10_b1v4_p_svmgitpvt.pdf
6. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий по дисциплине «Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии» [Электронный ресурс] :

для обучающихся уровня профессионального образования «магистратура» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерские программы «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции, «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Кафедра промышленной теплоэнергетики; сост.: С. В. Гридин – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2020. – 16 с. – Систем. требования Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.org/sites/default/files/10_b1v4_r_svmgitpvt.pdf

7. Методические рекомендации к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Специальные вопросы моделирования гидродинамических и тепловых процессов в теплотехнологии» [Электронный ресурс] : для обучающихся уровня профессионального образования «магистратура» по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (магистерские программы «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции, «Энергетический менеджмент») всех форм обучения / ГОУВПО «ДОННТУ», Кафедра промышленной теплоэнергетики; сост.: С. В. Гридин – Электрон. дан. (1 файл). – Донецк : ДОННТУ, 2020. – 23 с. – Систем. требования Acrobat Reader. http://kpt.fmt.donntu.org/sites/default/files/10_b1v4_s_svmgitpvt.pdf
8. Методические указания для выполнения самостоятельных работ по курсу «Математические методы и модели в расчетах на ЭВМ» : для студентов специальностей «Теплоэнергетика», «Тепловые электрические станции» и «Энергетический менеджмент» (дневной и заочной формы обучения) / ГВУЗ «ДонНТУ», каф. промышленной теплоэнергетики; сост. С.В. Гридин. – Донецк: ГВУЗ «ДОННТУ», 2013. - Систем. требования: Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://ed.donntu.org/books/k750.zip> — Загл. с титула экрана.

Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДОННТУ – <http://donntu.org/library>

Internet-ресурсы

- И1. Курс лекций по методам приближенных расчетов - <http://elib.ispu.ru/library/math/>
- И2. Перечень ссылок на литературные источники по вычислительным методам механики жидкости и газа. Раздел «Fluid mechanics and CFD literature» - <http://www.ucoz.ru/>
- И3. Моделирование процессов горения в камере дожига когенерационной установки в ANSYS CFD - <http://www.cfd-blog.ru/modeling-of-combustion/>
- И4. Сайт Техноцентра компьютерного инжиниринга при кафедре теоретической физики Уральского государственного технического университета (УПИ) - <http://cae.ustu.ru>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Учебная аудитория (лаборатория) №5151 учебный корпус 5 для проведения занятий **лекционного типа**, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля (специализированная мебель: доска аудиторная, столы преподавателя и аудиторные, стулья преподавателя и аудиторные, шкафы; мультимедийное оборудование: переносной компьютер (notebook) HP ProBook6560B (операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) Toshiba Sattelite 1805 (операционная система Linux Xubuntu 12.04.1 LTS (GNU GPL), Abiword 2.9.2 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) ASUS X-51L (операционная система Linux Ubuntu 10.04 LTS (GNU GPL), OpenOffice.org 2.4 (GNU GPL)), аудиокolonки F&D, аудиокolonки Teac 80W, кодоскоп ПОЛИЛЮКС (2 шт.), переносной мультимедийный проектор OPTOMA EP774, переносной экран (2 шт.); оборудование: вольтметр М-381, компрессор универсальный УК-2, кондиционер воздуха Азербайджан-4м (макет), лабораторная установка для изучения процессов теплопередачи, лабораторная установка «Исследование коэффициента теплоотдачи», лабораторная установка исследования теплопроводности, лабораторная установка «Исследование теплопроводности - ТМО 1б», лабораторная установка ТМО 2А, лабораторная установка ТМО 2б, лабораторная установка ТМО 3А, микровольт-микроамперметр Ф 116/2, потенциометр КСП-4/ЭПП-09 (3 шт.), прибор определения коэффициента теплопроводности ИТ-3, пылесос Буран-3, регулятор напряжения РНШ Э-378 (4 шт.), сетевой фильтр удлинитель, трансформатор «Латр-2М», электроплатенце; комплект переносного оборудования (газоанализатор МАК-2000М; газоанализатор W-TEST-8200, толщиномер ультразвуковой ТТ 100, комплект расходомериста Лебедь КР 01, комплект для поиска скрытых коммуникаций LKZ-700, токоизмерительные клещи ВМ 151, дальномер лазерный Disto D3а, термометр контактный ТК-5.11 с зондом, толщиномер ультразвуковой ТУЗ-1, люксметр ТЕС 0693, пирометр ЭПиR-632, шумомер DB 100, прибор многофункциональный АМІ 300 CLA (определение параметров окружающей среды), фотоаппарат CANON EOS-450D в комплекте, фотоштатив Continent B1 Н=420-1300 мм.); учебно-наглядные пособия: комплект информационных учебно-наглядных пособий в соответствии с видом учебной деятельности; набор учебных видеофильмов в цифровом формате по моделированию процессов и явлений в системе ANSYS: «Моделирование теплового состояния помещения», «Моделирование теплообменника», «Основные принципы моделирования горения», «Численное решение задач гидродинамики», «Численное моделирование вихревого течения жидкой среды», «Численное моделирование процесса перемешивания жидкости», «Численное моделирование структуры турбулентного пограничного слоя» и др.).

2. Учебная аудитория (компьютерный класс) №5153 учебный корпус 5 для проведения **практических занятий** (специализированная мебель: доска аудиторная, столы преподавателя и аудиторные, стулья преподавателя и аудиторные, шкафы; мультимедийное оборудование: экран стационарный ЭЛ-4; переносной компьютер (notebook) HP ProBook6560B (операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) Toshiba Sattelite 1805 (операционная система Linux Xubuntu 12.04.1 LTS (GNU GPL), Abiword 2.9.2

(GNU GPL)), переносной компьютер (notebook) ASUS X-51L (операционная система Linux Ubuntu 10.04 LTS (GNU GPL), OpenOffice.org 2.4 (GNU GPL)), аудиокolonки F&D, аудиокolonки Teac 80W, кодоскоп Полилюкс (2 шт.), переносной мультимедийный проектор OPTOMA EP774, переносной экран (2 шт.); оборудование: HUB TP 1008C; стационарные компьютеры: на базе IntelCore 2Duo (Dual Core) – 2 шт.; на базе Intel Celeron – 4 шт. (программное обеспечение: операционная система Linux Ubuntu 12.04 LTS (18.04 LTS) (GNU GPL), LibreOffice 3.4.3 (LibreOffice 5.3.4) (GNU GPL), GIMP (GNU GPL), AVIDEMUX (GNU GPL), GNU PSPP (GNU GPL)), копировальный аппарат Canon FC-224/226, принтер HP LJ 1200, принтер Canon LBP 810; комплект переносного оборудования (газоанализатор MAK-2000M; газоанализатор W-TEST-8200, толщиномер ультразвуковой ТТ 100, комплект расходомериста Лебедь КР 01, комплект для поиска скрытых коммуникаций LKZ-700, токоизмерительные клещи ВМ 151, дальномер лазерный Disto D3a, термометр контактный ТК-5.11 с зондом, толщиномер ультразвуковой ТУЗ-1, люксметр ТЕС 0693, пирометр ЭПиR-632, шумомер DB 100, прибор многофункциональный АМІ 300 CLA (определение параметров окружающей среды), фотоаппарат CANON EOS-450D в комплекте, фотоштатив Continent B1 Н=420-1300 мм.); учебно-наглядные пособия: комплект информационных учебно-наглядных пособий в соответствии с видом учебной деятельности).

3. Помещения для **самостоятельной работы** с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 – общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.