

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

А.А. Каракозов

(подпись)

« 31 » 03 2023 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.04 Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов

Направление подготовки:
Направленность (профиль):
Программа:
Форма обучения:

22.04.02 Металлургия
Промышленная теплотехника
магистратура
очная, заочная

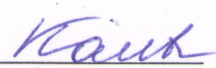
Форма обучения	Очная	Заочная
Семестр(ы)	3	3
Общая трудоёмкость в з.е./часах	5/180	5/180
Контактная работа (час.), в том числе:	72	14
лекции (час.)	34	4
лабораторные работы (час.)	-	-
практические (семинарские) занятия (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе	72	130
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	-	-
Контроль (экзамен, час./зачёт)	экзамен, 36	экзамен, 36

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «**Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов**» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия» (направленность профиль: «Промышленная теплотехника») для 2023 года приёма по очной и заочной формам обучения.

Составитель:


доцент кафедры
«Техническая теплофизика»
к.т.н., доцент


(подпись)

Кашаев В.В.
(Ф.И.О.)

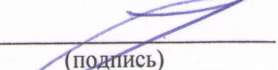
Рабочая программа **рассмотрена и утверждена** на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

Протокол от «10» марта 2023 года № 12

Заведующий кафедрой  Бирюков А.Б.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена учебно-методической комиссией** ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 22.04.02 «Металлургия».

Протокол от «29» марта 2023 года № 2

Председатель  Снитко С.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

Протокол от «__» _____ 20__ года № _____
Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

Протокол от «__» _____ 20__ года № _____
Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

Протокол от «__» _____ 20__ года № _____
Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20__ года приёма на заседании кафедры «Техническая теплофизика».

Протокол от «__» _____ 20__ года № _____
Заведующий кафедрой _____
(подпись) (Ф.И.О.)

1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина рассматривает современные методики проведения экспериментальных исследований теплотехнических процессов в металлургии.

Целью преподавания дисциплины является: изучение методов проведения экспериментальных исследований и теплотехнических испытаний на высокотемпературных теплотехнологических установок и процессов; приобретение способности магистрантом самостоятельно выполнять экспериментальные исследования теплотехнологических процессов в лабораторных и промышленных условиях.

В результате освоения дисциплины студент должен знать:

- классификацию методов экспериментальных исследований и теплофизических свойств;
- общие принципы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, плотности и концентрации;
- методы экспериментального исследования конвективного тепло- и массообмена;
- системные методы экспериментального определения теплофизических свойств;
- современные подходы по оптимизации теплофизического эксперимента.

уметь:

- использовать углубленные знания в области проведения экспериментальных исследований и теплотехнических испытаний высокотемпературных теплотехнологических установок и процессов;
- применять современные методы исследования, проводить теплотехнические испытания и научные эксперименты, оценивать результаты выполненной работы;
- планировать и ставить задачи исследования, грамотно выбирать методы экспериментальных исследований теплотехнологических процессов с целью повышения энергоэффективности тепловых агрегатов в металлургии;
- производить анализ теплофизических процессов на тепловых агрегатах на основе полученных знаний по оптимизации теплофизического эксперимента.

владеть:

- методикой экспериментального определения температуры (термопарный способ);
- методикой экспериментального исследования конвективного теплообмена при поперечном обдуве осесимметричного диска нагретым воздухом;
- методикой экспериментального исследования излучения от нагретых тел;
- методикой экспериментального определения удельной теплоемкости твердых тел;
- методикой экспериментального определения коэффициента излучения твердых тел и их температуры с применением методов термографии.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

ПК-1. Способен разрабатывать предложения по совершенствованию технологических процессов и оборудования тепловой обработки материалов;

ПК-2. Способен разрабатывать предложения по повышению качества заданного вида металлопродукции при его тепловой обработке;

ПК-3. Способен планировать и выполнять исследования в актуальных направлениях развития металлургических процессов.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 дисциплин (модулей) учебного плана.

Базируется на знаниях, умениях и навыках, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: теплотехника, тепломассообмен, конструкции теплотехнологических агрегатов, инновационные и ресурсосберегающие технологии в металлургии и сертификация металлопродукции, гидрогазодинамика, термодинамика, тепломассообменные процессы и установки, автоматизация производственных процессов, микропроцессорная техника.

Знания, умения и навыки, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при изучении последующих дисциплин учебного плана (инновационные решения в производстве и обработке металлов, интенсификация тепломассообменных процессов в технологических агрегатах, современные проблемы металлургической теплотехники, моделирование теплотехнических процессов в стандартных инженерных пакетах, спецвопросы проектирования тепловых режимов печных агрегатов), прохождении государственной итоговой аттестации.

3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

Наименование темы (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
	Всего	В том числе			
		Лекции	Практ. (Семин.)	Лабор.	СРС
третий семестр					
Тема 1. Основные понятия и определения в теплотметрии.	8/8	1/0	0/0	-	7/8
Тема 2. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости и плотности.	31/20	10/1	9/1	-	12/18
Тема 3. Методы экспериментального исследования тепло- и массообмена.	13/17	2/0	4/1	-	7/16
Тема 4. Современные экспериментальные динамические методы определения теплофизических свойств.	15/15	4/1	4/0	-	7/14
Тема 5. Экспериментальные методы и устройства для измерения теплового потока.	23/17	6/1	8/0	-	9/16

Тема 6. Экспериментальные методы и средства измерения температур активной зоны тепловых агрегатов.	15/15	4/0	4/1	-	7/14
Тема 7. Анализ источников погрешностей измерения температур в проходных печах.	8/14	1/0	0/0	-	7/14
Тема 8. Экспериментальные исследования процессов нагрева стальных заготовок в методических печах.	17/17	4/1	4/0	-	9/16
Тема 9. Методы экспериментального анализа газов в сталях и сплавах.	10/15	2/0	1/1	-	7/14
Контактная работа (дополнительная)	4/6				
Индивидуальное задание	-				
Курсовая работа (проект)	-				
Итого по видам занятий	38/40				
Контроль	36/36				
ИТОГО:	180	34/4	34/4	-	72/130

Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

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

3.2 Лекции

Тема 1. *Основные понятия и определения в теплотехнике.*

Содержание темы 1:

Теплотехника. Теплообмен. Массообмен. Температурное поле. Градиент температуры. Плотность теплового потока. Основные виды теплообмена и теплового потока. Основные составляющие потока теплового излучения в зависимости от физического процесса взаимодействия излучения и вещества.

Литература к теме 1: [1, 2, 3]

Тема 2. *Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости и плотности.*

Содержание темы 2:

Измерение полей температуры в потоках жидкости и газа. Измерение температуры твердых тел. Термоиндикаторные покрытия. Зондовые методы измерения полей давления в потоках жидкости и газа. Зондовые методы измерения полей скорости. Измерение скорости с помощью термоанемометров. Волоконно-оптические преобразователи скорости. Бесконтактные методы измерения полей скорости. Методы исследования полей плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков.

Литература к теме 2: [1, 2, 3]

Тема 3. *Методы экспериментального исследования тепло- и массообмена.*

Содержание темы 3:

Создание стационарных тепловых потоков. Измерение стационарных тепловых потоков. Источники погрешностей при измерении тепловых потоков и способы их устранения. Определение тепловых потоков по методу регулярного теплового режима. Измерение нестационарных тепловых потоков. Особенности исследования теплопроводности жидкостей и газов. Определение характеристик массообмена.

Литература к теме 3: [1, 2, 3]

Тема 4. *Современные экспериментальные динамические методы определения теплофизических свойств.*

Содержание темы 4:

Метод нагрева образца импульсом электрического тока. Метод лазерной вспышки. Метод ударного сжатия.

Литература к теме 4: [1, 2, 3]

Тема 5. *Экспериментальные методы и устройства для измерения теплового потока.*

Содержание темы 5:

Аналитический метод. Экспериментальный метод. Классификация методов получения информации о тепловом потоке и его плотности. Энтальпийный метод. Термография. Эвапорография. Тепловидение. Классификационная схема тепловизоров. Электротепловая аналогия. Диффузионно-тепловая аналогия.

Литература к теме 5: [1, 2, 3]

Тема 6. *Экспериментальные методы и средства измерения температур активной зоны тепловых агрегатов.*

Содержание темы 6:

Метод на основе термопреобразователей сопротивления. Метод на основе термоэлектрических преобразователей (термопар). Конструктивное оформление термопар. Варианты подключения термопар. Способы установки термопары на своде печи. Метод на основе пирометрии. Определение температуры рабочего пространства теплового агрегата. Определение температуры нагреваемого тела.

Литература к теме 6: [1, 2, 3]

Тема 7. *Анализ источников погрешностей измерения температур в проходных печах.*

Содержание темы 7:

Граф составляющих погрешности измерений методом непосредственной оценки. Возмущающие факторы, оказывающие влияние на результат измерений температур активной зоны печи. Составляющие конечного результата измерения температур в пространстве проходных печей.

Литература к теме 7: [1, 3]

Тема 8. *Экспериментальные исследования процессов нагрева стальных заготовок в методических печах.*

Содержание темы 8:

Экспериментальные исследования тепловой работы методических толкательных печей. Экспериментальные исследования технологии нагрева стали в пе-

чах с шагающими балками и шагающим подом. Экспериментальные исследования технологии нагрева стали в кольцевых печах.

Литература к теме 8: [1, 3]

Тема 9. *Методы экспериментального анализа газов в стали и сплавах.*

Содержание темы 9:

Метод восстановительного плавления в вакууме и в потоке газа-носителя. Химические методы анализа. Спектральный анализ. Активационные методы анализа. Определение содержания кислорода в жидком металле методом ЭДС.

Литература к теме 9: [1]

3.3 Практические занятия

№ п/п	Тема занятия	Объем, час. очн/заочн	Литера- тура
1	Роль и место экспериментальных исследований при создании, доводке и эксплуатации теплотехнического и теплоэнергетического оборудования.	2/1	[1, 2, 4]
2	Рандомизация как средство повышения точности результатов эксперимента.	3/0	[1, 2, 4]
3	Особенности планирования эксперимента и графический анализ результатов измерений.	3/1	[1, 2, 4]
4	Сглаживание экспериментальных данных.	2/0	[1, 2, 4]
5	Метод наименьших квадратов при обработке опытных данных.	2/0	[1, 2, 4]
6	Приемы аппроксимации результатов эксперимента.	2/0	[1, 2, 4]
7	Двухуровневые многофакторные эксперименты.	2/0	[1, 2, 4]
8	Статистические оценки результатов при оптимальном планировании эксперимента.	4/0	[1, 4]
9	Состав и структура автоматизированной системы научных исследований.	2/1	[1, 4]
10	Два способа обработки исходной измерительной информации.	2/1	[1, 4]
11	Пакет LabVIEW как основа для разработки ИВС.	2/0	[1, 4]
12	Семинар «Теплотехнические измерения».	4/0	[3, 4]
13	Семинар «Практика создания виртуальных теплотехнических приборов».	4/0	[3, 4]
ИТОГО:		34/4	

3.4 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала.	45/71
2	Подготовка к практическим занятиям.	27/50
3	Выполнение индивидуального задания.	-/9
ИТОГО:		72/130

3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

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

Цель индивидуального задания – закрепление, углубление и обобщение знаний, приобретенных при изучении теории данной дисциплины. Индивидуаль-

ное задание оказывает содействие развитию навыков самостоятельного решения технических и/или технологических задач. Развивает конструктивное отношение к методам расчетов, совершенствует навыки ведения и оформление проектной документации. О выполнении индивидуального задания сообщается студентам в начале семестра, а условия к заданию предоставляется в течение месяца после начала учебного семестра после изучения соответствующего лекционного материала и/или изучения материала, который не рассматривается на лекциях. Объем учебной нагрузки при выполнении индивидуального задания – не менее 9 часов. Сдача индивидуального задания осуществляется не позднее чем за две недели до окончания учебного семестра. Выполнение индивидуального задания в виде реферата осуществляется в часы СРС. Рекомендуемый объем пояснительной записки по индивидуальному заданию – 6-16 стр. формата А4 (210×297 мм).

Тематика индивидуальных заданий по дисциплине «Современные проблемы металлургической теплотехники» следующая:

- Практика создания виртуальных теплотехнических приборов.
- Теплотехнические измерения температуры (манометрические термометры).
- Теплотехнические измерения температуры (термопреобразователи сопротивления).
- Теплотехнические измерения температуры (термоэлектрические термометры).
- Средства измерения температуры по излучению.
- Жидкостные приборы для измерения давления.
- Деформационные приборы для измерения давления.
- Приборы для измерения вакуума.
- Измерение расхода по перепаду давления в сужающем устройстве.
- Расходомеры постоянного перепада давления.
- Электромагнитные расходомеры.
- Тахометрические расходомеры и счетчики количества.
- Измерение уровня жидкостей.
- Измерение состава газовых смесей и концентрации растворов.

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. Уровень знаний ниже минимальных требований;
- минимальный уровень: даны неполные, неточные и неаргументированные ответы на вопросы. Допущено много грубых ошибок. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- 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;
- 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;
- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу;
- высокий уровень: понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой опыт.

Составляющая компетенции – владение навыками

- нулевой уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Не может выполнить задания;
- минимальный уровень: не демонстрирует владение навыками выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач на пороговом уровне. Задания выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет навыками выполнения профессиональных задач. Задания выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;

- продвинутый уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, иногда допуская незначительные погрешности;

- высокий уровень: владеет уверенными навыками выполнения профессиональных задач. Быстро и качественно выполняет задания, при необходимости демонстрируя творческий подход.

Обобщенная оценка сформированности компетенций

- нулевой уровень: на нулевом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- минимальный уровень: на минимальном уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- пороговый уровень: на пороговом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- средний уровень: на среднем уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на более высоком уровне;

- продвинутый уровень: на продвинутом уровне сформированы: все составляющие; одна или две из трёх, остальные – на высоком уровне;

- высокий уровень: на высоком уровне сформированы все составляющие компетенций.

4.2 Вопросы к экзамену и пример экзаменационного билета

1. Какими способами осуществляется перенос теплоты в пространстве? Охарактеризуйте их особенности.

2. Приведите и охарактеризуйте составляющие компоненты величины потока теплового излучения.

3. Каким образом измеряются поля температуры в потоках жидкости и газа? И чем обеспечивается требуемая точность измерения температуры?

4. Каким образом измеряется температура твердых тел и какие теплотехнические вопросы при этом нужно решать?

5. Приведите схемы способы заделки термоэлектрических преобразователей для измерения температуры в твердом теле при экспериментальных исследованиях. Подробно опишите эти способы.

6. Какие основные источники ошибок при измерении температуры твердых тел при экспериментальных исследованиях? Приведите характер искажения температурного поля при выполнении паза для размещения датчика температуры в твердом теле.

7. Как проводятся измерения полей давления в потоках жидкости и газа с помощью зондовых методов? Приведите схемы методов измерения полей давления.

8. Чем обусловлены погрешности при измерении полного давления трубками Пито?

9. Как определяют скорость потока по показаниям трубок полного и статического давления при экспериментальных исследованиях?

10. На чем основан метод измерения скорости потока с помощью термоанемометров при экспериментальных исследованиях? Приведите схемы приборов.
11. Как можно измерить две компоненты скорости в газах и капельных жидкостях? Приведите схемы приборов.
12. Приведите бесконтактные методы измерения полей скорости и объясните, используя схему методов, принцип измерения с помощью этих методов.
13. Как исследуются поля плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков с помощью оптических и теневых методов? Приведите схемы методов.
14. Как исследуются поля плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков с помощью голографической интерферометрии?
15. Как исследуются поля плотности в потоках жидкости и газа и структуры двухфазных потоков с помощью спекл-фотографии, радиоактивного излучения, томограмм и волоконных световодов?
16. Какие методы существуют для создания стационарных тепловых потоков при экспериментальных исследованиях? Охарактеризуйте методы и приведите их схемы.
17. Как определить стационарный тепловой поток по измеренным полям температуры и скорости в движущейся среде при экспериментальных исследованиях?
18. Какие основные источники ошибок и погрешностей при измерении тепловых потоков и что можно предпринять для их устранения?
19. Как подсчитать тепловой поток по методу регулярного теплового режима? Приведите пример схемы выполнения тела с калориметрическими вставками и для чего вставки нужны?
20. Каким образом можно измерить нестационарный тепловой поток?
21. Охарактеризуйте все особенности исследования теплопроводности жидкостей и газов и приведите связь между измеряемым и истинным значениями теплопроводности.
22. Опишите суть методики нагрева образца импульсом электрического тока и приведите схему измерений теплофизических свойств данной методикой.
23. Какие параметры можно определить методом нагрева образца импульсом электротока? Приведите структурные схемы скоростного пирометра и регистрирующей системы, а также значения погрешностей при определении теплофизических параметров.
24. На чем основан метод лазерной вспышки и укажите по каким формулам определяется комплекс теплофизических параметров при этом методе? Приведите схему экспериментальной установки для измерения теплопроводности и теплоемкости твердых диэлектрических материалов с использованием лазерного нагрева.
25. Опишите суть метода ударного сжатия для определения теплофизических свойств.
26. Как реализуется энтальпийный метод и в чем его суть? Приведите схему энтальпийного тепломера для измерения нестационарного теплового потока.
27. Что такое термография? Объясните по схеме принцип работы тепловизора с системой оптико-механического сканирования.

28. Приведите классификационную схему тепловизоров. Объясните по схеме принцип работы тепловизора с фокальной матрицей.

29. Что такое электротепловая аналогия и какие задачи решает? Приведите электрические аналоги тепловых величин.

30. Как реализуется диффузионно-тепловая аналогия? Приведите схему электродиффузионной модели.

31. На чем основан метод измерения температуры на основе термопреобразователей сопротивления? Какие термопреобразователи сопротивления существуют и дайте краткую характеристику каждому типу.

32. На каких физических принципах и явлениях основан метод на основе термоэлектрических преобразователей?

33. Объясните специфику установки термоэлектрических преобразователей на своде и стенках для измерения температуры рабочего пространства печи. Приведите схемы.

34. Опишите суть метода на основе пирометрии. Как реализуется и с помощью чего этот метод при экспериментальных исследованиях?

35. Объясните, как можно найти температуры рабочего пространства теплового агрегата при экспериментальных исследованиях?

36. Объясните, как можно определить температуры нагреваемой заготовки в печи при экспериментальных исследованиях? Приведите схему фурмы с установленным радиационным пирометром.

37. Как производились экспериментальные исследования тепловой работы методических толкательных печей? Приведите схему закрепления датчиков в заготовке.

38. Как проводились экспериментальные исследования технологии нагрева стали в печах с шагающими балками и шагающим подом? Приведите схему расположения отверстий для термопар в заготовке.

39. Как проводились экспериментальные исследования технологии нагрева стали в кольцевых печах? Каковы особенности размещения и крепления термодатчиков в заготовке при экспериментальных исследованиях технологии нагрева стали в печах с шагающими балками и шагающим подом? Приведите схему расположения термодатчиков в заготовке.

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Программа:

Магистратура

Направление подготовки (специальность):

(бакалавриат, специалитет, магистратура)

22.04.02 Металлургия

(код, название)

Профиль (магистерская программа, специализация):

Промышленная теплотехника

(название)

Семестр:

четвертый семестр

Учебная дисциплина:

Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов

БИЛЕТ № 3

1. Как производились экспериментальные исследования тепловой работы методических толкательных печей? Приведите схему закрепления датчиков в заготовке.

2. На чем основан метод измерения температуры на основе термопреобразователей сопротивления? Какие термопреобразователи сопротивления существуют и дайте краткую характеристику каждому типу.

3. Какие основные источники ошибок при измерении температуры твердых тел при экспериментальных исследованиях? Приведите характер искажения температурного поля при выполнении паза для размещения датчика температуры в твердом теле.

Каждому заданию в экзаменационном билете (как теоретическим вопросам, так и задачам) присваивается весовой коэффициент. Сумма весовых коэффициентов по всем заданиям билета равна 1. Ответ на каждое задание оценивается по 100-бальной шкале.

В случае теоретического задания оценка «100» ставится в случае полного системного раскрытия вопроса без каких-либо неточностей. Баллы снимаются, если в ответе упущены какие-либо второстепенные моменты (до 10 баллов), допущены несущественные неточности (до 10 баллов), допущены существенные неточности при правильном ответе в целом (до 25 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости).

В случае задачи оценка «100» ставится в случае представления полного решения с правильным ходом и точным ответом, при верном указании единиц измерения всех физических величин и выполненном полном анализе результатов (если требуется). Баллы снимаются, если в решении есть несущественные неточности, не повлиявшие на результат (до 15 баллов), неверно указаны или не указаны единицы измерения физических величин (до 15 баллов), допущены отдельные неточности в ходе решения, не искажившие ход решения в целом (до 25 баллов), неточность численных результатов (до 15 баллов), ошибки в анализе результатов (до 20 баллов).

Итоговая оценка за экзамен рассчитывается как сумма произведений оценок за каждое задание на их весовой коэффициент.

Пример расчета итоговой оценки по экзамену.

В билете имеется три задания с весовыми коэффициентами 0,3, 0,35 и 0,35. Пусть оценки за каждое задание по 100-бальной шкале составили: 90, 70 и 85 соответственно. Тогда итоговая оценка за билет составляет: $0,3 \cdot 90 + 0,35 \cdot 70 + 0,35 \cdot 85 = 81,25 \approx 81$ балл.

Полученная оценка по 100-бальной шкале определяет оценку по национальной шкале и шкале ESTS.

Утверждено на заседании кафедры	Техническая теплофизика		
Протокол	№	от	202 г.
Зав. кафедрой	Бирюков А.Б.		
	(подпись) (Ф.И.О.)		
Экзаменатор	Кашаев В.В.		
	(подпись) (Ф.И.О.)		

4.3 Критерии оценивания

Каждому заданию в экзаменационном билете (как теоретическим вопросам, так и задачам) присваивается весовой коэффициент. Сумма весовых коэффициентов по всем заданиям билета равна 1. Ответ на каждое задание оценивается по 100-бальной шкале.

В случае теоретического задания оценка «100» ставится в случае полного системного раскрытия вопроса без каких-либо неточностей. Баллы снимаются, если в ответе упущены какие-либо второстепенные моменты (до 10 баллов), допущены несущественные неточности (до 10 баллов), допущены существенные неточности при правильном ответе в целом (до 25 баллов), при недостаточном представлении материалов (баллы снимаются как процент недостающего материала с учетом его значимости).

В случае задачи оценка «100» ставится в случае представления полного решения с правильным ходом и точным ответом, при верном указании единиц измерения всех физических величин и выполненном полном анализе результатов (если требуется). Баллы снимаются, если в решении есть несущественные неточности, не повлиявшие на результат (до 15 баллов), неверно указаны или не указа-

ны единицы измерения физических величин (до 15 баллов), допущены отдельные неточности в ходе решения, не искажившие ход решения в целом (до 25 баллов), неточность численных результатов (до 15 баллов), ошибки в анализе результатов (до 20 баллов).

Итоговая оценка за экзамен рассчитывается как сумма произведений оценок за каждое задание на их весовой коэффициент.

Пример расчета итоговой оценки по экзамену.

В билете имеется три задания с весовыми коэффициентами 0,3, 0,35 и 0,35. Пусть оценки за каждое задание по 100-балльной шкале составили: 90, 70 и 85 соответственно. Тогда итоговая оценка за билет составляет: $0,3 \cdot 90 + 0,35 \cdot 70 + 0,35 \cdot 85 = 81,25 \approx 81$ балл.

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по национальной шкале и шкале ECTS:

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

* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

Текущий контроль знаний студентов производится по результатам практических (семинарских) занятий, индивидуального задания, во время контрольных опросов в ходе проведения занятий.

4.4 Пример текущего опроса на практических (семинарских) занятиях

Примерная тематика вопросов для устного текущего опроса:

1. От чего зависит коэффициент теплопроводности любого вещества?
2. Чем характеризуется кондуктивный тепловой поток?
3. Как происходит конвективный теплообмен?
4. Что такое радиационный тепловой поток и каковы особенности этого вида теплопереноса?
5. Перечислите составляющие потока теплового излучения в зависимости от физического процесса взаимодействия излучения и вещества.
6. Что называют полусферическим и сферическим потоком излучения?
7. Что такое абсолютно черное тело?
8. Что такое серое тело?
9. Аргументированно объясните различия между прозрачным, полупрозрачным и непрозрачным телом для теплового излучения.
10. Для чего используется при экспериментальных исследованиях модельная жидкость?

11. Каким образом измеряются поля температуры в потоках жидкости и газа?
12. Приведите формулу для оценки допустимой погрешности при измерении полей температуры в потоках жидкости и газа.
13. Чем обеспечивается требуемая точность измерения температуры в потоках жидкости и газа?
14. Для чего нужно оценивать параметры газового потока в зависимости от значения числа Маха?
15. С помощью каких измерительных средств можно проводить экспериментальные исследования полей температуры в топочных камерах котлов?

4.5 Курсовое проектирование

Учебным планом курсовое проектирование не запланировано.

5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

I. Основная литература

1. Кашаев, В. В. Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов : учеб. пособие / В. В. Кашаев ; ГОУВПО «ДОННТУ». – Донецк : ДОННТУ, 2020. – 253 с. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/20/cd10212.pdf>.
2. Теплотрия: теория, метрология, практика. Монография : в 3-х книгах. Кн. 1 : Методы и средства измерения теплового потока / Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша, Л. И. Воробьев [и др.] ; под ред. д-р техн. наук Т. Г. Грищенко. – Киев : Институт технической теплофизики НАНУ, 2017. – 438 с. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9340.pdf>.

II. Дополнительная литература

3. Лобода, Е. Л. Экспериментальные методы исследования процессов теплопереноса и ИК-диагностики / Е. Л. Лобода. – Томск : Издательский Дом Томского государственного университета, 2017. – 41 с. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9338.pdf>.
4. Инженерный эксперимент [Электронный ресурс] : учеб. пособие для студентов магистратуры, обучающихся по направлению 140100.68 "Теплоэнергетика и теплотехника" / В. И. Ляшков; В. И. Ляшков; ФГБОУ ВПО "Тамбов. гос. техн. ун-т", Фак. "Магистратура". – 1 Мб. – Тамбов : ТГТУ, 2014. – Режим доступа: <http://ed.donntu.ru/books/19/cd9339.pdf>.

6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебно-методические издания, разработанные в ДОННТУ:

5. Кашаев, В. В. Конспект лекций по дисциплине «Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов» ((для студентов очной и заочной форм обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Промышленная теплотехника») / Кашаев В. В. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 76 с. (доступ через личный кабинет студента).

6. Кашаев, В. В. Методические указания к проведению практических занятий по дисциплине «Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов» для студентов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. технической теплофизики, сост. Кашаев В. В. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 36 с. (доступ через личный кабинет студента).

7. Кашаев, В. В. Методические указания к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов» для студентов направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. технической теплофизики, сост. Кашаев В. В. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 18 с. (доступ через личный кабинет студента).

8. Кашаев, В. В. Методические указания к индивидуальным заданиям по дисциплине «Методы экспериментального исследования теплотехнологических процессов» для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 22.04.02 «Металлургия», магистерской программы «Промышленная теплотехника» / ГОУВПО «ДОННТУ», каф. технической теплофизики, сост. Кашаев В. В. – Донецк : ДОННТУ, 2019. – 16 с. (доступ через личный кабинет студента).

Электронно-информационные ресурсы:

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

ЭБС IPR SMART – <https://www.iprbookshop.ru/>

7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

1. **Учебная лаборатория №5.013** учебный корпус 5 для проведения занятий лекционного типа. (Компьютер, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015); специализированная мебель: доска аудиторная, парты, стенды и плакаты. Лабораторная работа по определению конвективного теплообмена на поверхности горизонтальной трубы; лабораторная работа по изучению истечения газа низкого давления через отверстия и насадки; лабораторная работа по определению коэффициента теплопроводности разнородных металлов; лабораторная работа исследования теплопередачи при вынужденном движении воздуха в трубе; лабораторная работа по построению пьезометрической и напорной линии для трубопровода переменного сечения; лабораторная работа по определению потерь давления и трения на местных сопротивлениях; лабораторная работа исследования аэродинамики свободной струи; выставка лопаток паровых турбин; выставка огнеупорных изделий; нагревательные печи для исследования нестационарного теплового состояния различных тел; макеты металлургических печей с одной верхней горелкой; макеты теплоизоляции трубопроводов; макет камеры печи для исследования аэродинамической картины течения газов; физическая модель установки кипящего слоя; демонстрационный образец современной газовой горелки; макет зонтового отсоса; амперметры и другие приборы для измерения различных электрических параметров).

2. Учебная лаборатория №5.013 учебный корпус 5 для проведения практических занятий. (Компьютер, операционная система Linux Ubuntu 16.04 (2016), LibreOffice 4.3.0 (2015); специализированная мебель: доска аудиторная, парты, стенды и плакаты. Лабораторная работа по определению конвективного теплообмена на поверхности горизонтальной трубы; лабораторная работа по изучению истечения газа низкого давления через отверстия и насадки; лабораторная работа по определению коэффициента теплопроводности разнородных металлов; лабораторная работа исследования теплопередачи при вынужденном движении воздуха в трубе; лабораторная работа по построению пьезометрической и напорной линии для трубопровода переменного сечения; лабораторная работа по определению потерь давления и трения на местных сопротивлениях; лабораторная работа исследования аэродинамики свободной струи; выставка лопаток паровых турбин; выставка огнеупорных изделий; нагревательные печи для исследования нестационарного теплового состояния различных тел; макеты металлургических печей с одной верхней горелкой; макеты теплоизоляции трубопроводов; макет камеры печи для исследования аэродинамической картины течения газов; физическая модель установки кипящего слоя; демонстрационный образец современной газовой горелки; макет зонтового отсоса; амперметры и другие приборы для измерения различных электрических параметров).

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.