

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

**Электростальский институт (филиал)
Московского политехнического университета**



Рабочая программа дисциплины

«ТЕПЛОФИЗИКА»

Направление подготовки
22.03.02 «Металлургия»

Профиль
«Обработка металлов и сплавов давлением»
(набор 2026 года)

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная, очно-заочная

Электросталь 2026

Разработчик:

Доцент, кандидат технических наук



/И.М. Таупек/

Согласовано:

Зав. Кафедрой «Машиностроительные
и металлургические технологии»

Доцент, кандидат технических наук



/Н.Г. Синельникова/

Содержание

1	Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине	4
2	Место дисциплины в структуре образовательной программы	4
3	Структура и содержание дисциплины	4
3.1	Виды учебной работы и трудоемкость	4
3.2	Тематический план изучения дисциплины	6
3.3	Содержание дисциплины	7
3.4	Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий	7
3.5	Тематика курсовых проектов (курсовых работ)	7
4	Учебно-методическое и информационное обеспечение	7
4.1	Нормативные документы и ГОСТы	7
4.2	Основная литература	7
4.3	Дополнительная литература	7
4.4	Электронные образовательные ресурсы	8
4.5	Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение	8
4.6	Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы	8
5	Материально-техническое обеспечение	8
6	Методические рекомендации	8

6.1	Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения	8
6.2	Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	8
7	Фонд оценочных средств	9
7.1	Методы контроля и оценивания результатов обучения	9
7.2	Шкала и критерии оценивания результатов обучения	9
7.3	Оценочные средства	9

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Теплофизика» является формирование у студентов знаний о физической природе и основных закономерностях процессов тепломассопереноса, методах исследования и анализа указанных процессов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Теплофизика» следует отнести:
 ознакомление студентов с основными процессами нагрева перед пластической деформацией и термической обработкой металла;

формирование знаний технологических схем производства черных металлов. В области металлургического производства курс охватывает круг вопросов, связанных с качеством металлопродукции. Рассматриваются вопросы качественного нагрева металла. Отдельно уделяется внимание новому оборудованию (системе отопления печей), обеспечивающему быстрый и равномерный нагрев металлопродукции перед обработкой давлением и с целью проведения термической обработки, и производится сравнение его с оборудованием, известным в металлургии;

освоение методик расчета нагрева металлопродукции сложной формы и умение их практического применения к реальным металлургическим процессам;

подготовка студентов к производственной, проектно-конструкторской и исследовательской деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой бакалавра по данному направлению.

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-4 Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ИОПК-4.1. Умеет самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее ИОПК-4.2. Знает основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности ИОПК-4.3. Владеет техникой экспериментирования с использованием пакетов программ, владеет навыками работы с электротехнической аппаратурой, электронными устройствами, контрольно-измерительным и испытательным оборудованием

2Место

дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теплофизика» относится к обязательной части (Б.1.1) основной образовательной программы бакалавриата направления подготовки 22.03.02 «Металлургия».

Дисциплина «Теплофизика» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами:

- математика,
- физика,
- химия;
- металлургическая теплотехника.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(е) единиц(ы) (144 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4	
1	Аудиторные занятия	36	36	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	10	10	
1.3	Лабораторные занятия	8	8	
2	Самостоятельная работа	108	108	
3	Промежуточная аттестация			

	Зачет/диф.зачет/экзамен	Э	Э	
	Итого	144	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.2 Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лек- ции	Семи- нарские/ практи- ческие занятия	Лабо- ратор- ные за- нятия	Прак- тиче- ская подгот- овка	
1.	Общая характеристика и основные задачи теории теплопроводности	36	5	2	2		27
2.	Конвективный тепло- массообмен	36	4	3	2		27
3.	Радиационный теплообмен	36	5	2	2		27
4.	Сложный теплообмен	36	4	3	2		27
Итого		144	18	10	8		108

3.3 Содержание дисциплины

№ темы	№ лекции	Основное содержание
1	1-4	Общая характеристика и основные задачи <i>теории теплопроводности</i>. Дифференциальное уравнение теплопроводности и постановка задачи теплопроводности. Теплопроводность при стационарном и нестационарном режиме. Передача тепла теплопроводностью через одно- и многослойные стенки при граничных условиях I и III-его рода. Кондуктивный теплообмен Режимы теплопроводности. Основные задачи теплопроводности. Поле температур, тепловой поток, градиент температуры. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Стационарная теплопроводность одно- и многослойных пластин при граничных условиях 1 рода. Термическое сопротивление и термическая проводимость. Нестационарная теплопроводность. Скорость, продолжительность и количество переданной теплоты

2	5-8	Конвективный тепло- массообмен Основные понятия конвективного тепло- массообмена. Закон Фурье. Коэффициент теплоотдачи. Свободная и вынужденная конвекция. Обобщенные переменные величины. Подобие тепловых процессов. Теорема подобия. Числа и критерии подобия. Критериальные уравнения. Моделирование тепловых процессов. Обобщение опытных данных на основе теории подобия. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Теплоотдача жидких металлов.
3	9-12	Радиационный теплообмен Природа радиационного теплообмена. Виды радиационных потоков. Собственное и эффективное излучение. Закон Планка, Стефана- Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Степень черноты. Условные коэффициенты излучения. Радиационный теплообмен тел с окружающей средой и между телами. Радиационный теплообмен между поверхностями, образующими замкнутую область. Радиационное излучение газов. Защита от радиационного теплового излучения.
4	13-18	Сложный теплообмен Теплопередача через плоскую стенку. Коэффициент теплопередачи. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция. Радиационно-конвективный теплообмен. Радиационно-кондуктивный теплообмен. Нестационарный теплообмен Нестационарная теплопроводность. Скорость, продолжительность и количество переданной теплоты. Регулярный тепловой режим. Теплопроводность пластин при граничных условиях 1 рода. Использование автограмм для расчета процессов нестандартного теплообмена.

3.4. Практические занятия

№ темы	№ п/з	основное содержание
1	1-2	Расчет стационарной теплопроводности пластин при граничных условиях 1 рода. Рассматриваются одно- и двухслойные стенки из металла и огнеупоров. Определяется количество переданной теплоты, термические сопротивления слоёв и температуры на поверхности их контакта. Исходные данные указывает преподаватель. Обсуждаются возможности интенсификации и демпфирования теплообмена
2	3-4	Расчёт конвективного тепло- и массообмена Выполняются расчеты естественной конвекции в ограниченном пространстве, теплоотдачи расплавленных металлов и вынужденной конвекции при турбулентном движении в длинных трубах. Определяется коэффициент теплоотдачи и количество передаваемой теплоты. Обсуждаются возможности интенсификации и демпфирования теплоотдачи
3	5-6	Расчёты радиационного теплообмена Рассматриваются параллельные поверхности и тела в замкнутом пространстве; потери теплоты в окружающую среду с поверхностей тел. Определяются приведенная степень черноты системы тел, расчётным и графическим путем, а так же количество переданной теплоты. Обсуждается зависимость степени черноты от природы тел и температуры и эффективность экранирования

4	7-9	Расчеты теплопередачи Выполняются расчёты теплопередачи через однослойные и многослойные плоские стенки, газовые и жидкостные прослойки. Обсуждаются вопросы интенсификации теплопередачи и тепловой изоляции. Расчёты нестационарной теплопроводности Выполняются расчеты нагрева и охлаждения плоских и цилиндрических стенок с помощью номограмм. Определяются температуры в центре, на поверхности стенок, температурные перепады по толщине стенки и количество переданной теплоты. Выполняется расчёт темпа и продолжительности регулярного режима.
---	-----	---

3.5. Лабораторные занятия

№ тем	№ л/р	основное содержание
2	1-2	Исследование стационарного теплового режима однослойной и двухслойной стенки. 4 час.
3	3-4	Исследование теплоотдачи при обтекании пластин воздухом. 4 час.
4	5-7	Исследование радиационного теплообмена тел. 6 час.
4	8-9	Исследование охлаждения термически тонкого тела на воздухе. 4 час.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями).
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (уровень бакалавриата) по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия (с изменениями и дополнениями от 27 февраля 2023г.), утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 28.06.2020 №702.
3. Приказ Министерства науки и высшего образования РФ от 6 апреля 2021 г. N 245 "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры"

4.2 Основная литература

1. Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. 3-е изд. – М.: Изд-во «БАСТЕТ». 2010. – 344с.
2. Апкармян, А. С. Теплофизика : учебник для вузов / А. С. Апкармян. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 191 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-21826-8. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/590493> (дата обращения: 02.02.2026).

4.3Дополнительная литература

1. Теплотехника металлургического производства. Теоретические основы т. 1/ под ред. Кривандина В.А - М.: МИСиС, 2002. – 608с.
2. Зальцман Э.С. Андреев Э.И. Теплофизика. Лабораторный практикум. 2004г. – 63с.
3. Зальцман Э.С. Андреев Э.И. Нестационарный теплообмен. Лабор. практикум. – ЭПИ МИСиС ТУ: 1998. – 50с.
4. Лисиенко, В. Г. Теплофизика металлургических процессов : учебник для вузов / В. Г. Лисиенко, В. И. Лобанов, Б. И. Китаев. — Москва : Издательство Юрайт, 2026. — 220 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13292-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/587614> (дата обращения: 02.02.2026).

4.4Электронные образовательные ресурсы

1. Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте www.mami.ru в разделе «Библиотека Московский Политех» (<http://lib.mami.ru/ebooks/>).
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» (<https://biblioclub.ru>);

4.5Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. Операционная система Windows 7 DreamSpark № 9d0e9d49-31d1-494a-b303-612508131616 Офисные приложения, Microsoft Office 2013 (или ниже) – Microsoft Open License. Лицензия № 61984042
2. Microsoft Project 2013 Standart 32- bit/x64 Russian. Антивирусное ПО Avast (бесплатная версия)

4.6Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Справочно-правовая системы «КонсультантПлюс: Некоммерческая интернет-версия» <https://www.consultant.ru/online/>
2. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>
3. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru>
4. ЭБС «IPR» <https://www.iprbookshop.ru/>
5. ЭБС "Лань" <https://e.lanbook.com/>
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Федеральный портал http://window.edu.ru](http://window.edu.ru)
7. Научная электронная библиотека <http://www.elibrary.ru>
8. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>
9. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <https://biblioclub.ru/index.php>
10. ЭБС Юрайт <https://urait.ru/>

5 Материально-техническое обеспечение

№ п\п	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
	Учебная аудитория лекционного типа № 1508, учебно-лабораторный корпус, 144000, Московская область, г.Электросталь, ул.Первомайская, д.7	Комплект мебели, переносной мультимедийный комплекс (проекционный экран, проектор, ноутбук)

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Взаимодействие преподавателя со студентами можно разделить на несколько составляющих – лекционные, практические и лабораторные занятия и консультирование.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомиться с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только четко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность и содержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного практического или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к практическому занятию или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на занятии с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

Цель практических и лабораторных занятий - обеспечить контроль усвоения учебного материала студентами, расширение и углубление знаний, полученных ими на лекциях и в ходе самостоятельной работы. Повышение эффективности практических занятий достигается посредством создания творческой обстановки, располагающей студентов к высказыванию собственных взглядов и суждений по обсуждаемым вопросам, желанию у студентов поработать у доски при решении задач.

После каждого лекционного, лабораторного и практического занятия сделать соответствующую запись в журналах учета посещаемости занятий студентами, выяснить у старост учебных групп причины отсутствия студентов на занятиях. Проводить групповые и индивидуальные консультации студентов по вопросам, возникающим у студентов в ходе их подготовки к текущей и промежуточной аттестации по учебной дисциплине, рекомендовать в помощь учебные и другие материалы, а также справочную литературу.

Экзамен или зачет по дисциплине проводится в форме устного ответа с последующей индивидуальной беседой со студентом на основе контрольных вопросов. Оценка выставляется преподавателем и объявляется после ответа. Преподаватель, принимающий зачет или экзамен, лично несет ответственность за правильность выставления оценки.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В ходе лекционных занятий обучающимся рекомендуется выполнять следующие действия: вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

При подготовке к практическим занятиям обучающимся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо освоить основные понятия и методики расчета показателей, ответить на контрольные вопросы.

В течение практического занятия студенту необходимо выполнить задания, выданные преподавателем, что зачитывается как текущая работа студента.

Для закрепления практических навыков студентам могут быть выданы типовые индивидуальные задания, которые должны быть сданы в установленный преподавателем срок. Выполненные задания оцениваются на оценку.

Цель выполнения индивидуальной контрольной работы: проверка умений и навыков самостоятельного решения конкретных задач по данному разделу дисциплины, проверка логического обоснования решения, умений применение теоретических знаний к решению задач.

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Самостоятельная работа направлена на самостоятельное изучение отдельной темы учебной дисциплины и является обязательной для каждого обучающегося, ее объем определяется учебным планом. Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию. Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к зачету/экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к семинарам и практическим занятиям;
- оформление отчетов по выполненным лабораторным работам и подготовка к их защите;
- выполнение расчетно-графической работы.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;

7Фонд оценочных средств

71Методы контроля и оценивания результатов обучения

Код компетенции	Наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Форма контроля	Этапы формирования (разделы дисциплины)
-----------------	--------------------------	-----------------------------------	----------------	---

ОПК-4	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ИОПК-4.1. Умеет самостоятельно искать, анализировать и отбирать необходимую информацию, организовывать, преобразовывать, сохранять и передавать ее ИОПК-4.2. Знает основные правила поиска и отбора информации, методы использования информации для подготовки и принятия решений в научных исследованиях и в практической технической деятельности ИОПК-4.3. Владеет техникой экспериментирования с использованием пакетов программ, владеет навыками работы с электротехнической аппаратурой, электронными устройствами, контрольно-измерительным и испытательным оборудованием	КР УО Э	Темы 1-4
-------	---	---	---------------	----------

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине.

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учеб-

	ным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Критерии оценки устного опроса (собеседования)

Оценка «отлично» выставляется студенту, если студент ориентируется в теоретическом материале; имеет представление об основных подходах к излагаемому материалу; знает определения основных теоретических понятий излагаемой темы, умеет применять теоретические сведения для анализа практического материала, в основном демонстрирует готовность применять теоретические знания в практической деятельности и освоение большинства показателей формируемых компетенций.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если студент ориентируется в теоретическом материале; имеет представление об основных подходах к излагаемому материалу, но затрудняется в ответах на некоторые вопросы; знает определения основных теоретических понятий излагаемой темы, но не в полной мере отражает суть рассматриваемой проблемы, в основном умеет применять теоретические сведения для анализа практического материала, в основном демонстрирует готовность применять теоретические знания в практической деятельности и освоение большинства показателей формируемых компетенций.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если показаны недостаточные знания теоретического материала, основных понятий излагаемой темы, не всегда с правильным и необходимым применением специальных терминов, понятий и категорий; анализ практического материала был нечёткий.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случаях, когда не выполнены условия, позволяющие выставить оценку «удовлетворительно».

Критерии оценки контрольной работы

Оценка	Критерий оценки
Отлично	полное, правильное выполнение заданий с отдельными недочётами; выполнение от 90% и более.
Хорошо	правильное выполнение заданий с незначительным количеством ошибок; выполнение более 75% менее 90 %.
Удовлетворительно	выполнение основной части заданий с ошибкам; выполнение более 50% менее 75 %.
Неудовлетворительно	частичное выполнение заданий (менее половины); допущение значительного количества ошибок; выполнение менее 50%.

Критерии оценки лабораторной работы

«5» (отлично): выполнены все задания лабораторной работы, студент четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.

«4» (хорошо): выполнены все задания лабораторной работы; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«3» (удовлетворительно): выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; студент ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.

«2» (неудовлетворительно): студент не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

7.3 Оценочные средства

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
2	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
3	Экзамен (Э)	Итоговая форма оценки знаний. В высших учебных заведениях проводится во время сессии.	Вопросы к экзамену

**Контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации
(экзамен)**

№ п/п	Текст вопросов
1	Механизм процесса теплопроводности. Основные задачи изучения
2	Закон Фурье, градиент температуры. Стадии процесса теплопроводности
3	Коэффициент теплопроводности, его определение
4	Термическое сопротивление, термическая проводимость
5	Понятие «электротепловая аналогия»
6	Механизм процесса конвективного теплопереноса
7	Закон Ньютона - Рихмана. Теплоотдача
8	Понятие об обобщённых переменных величинах
9	Теорема подобия
10	Свободная и вынужденная конвекция
11	Радиационный теплообмен на поверхности тела
12	Степень черноты, её определение
13	Радиационный теплообмен между параллельными поверхностями. Интенсификация и демпфирование теплообмена.
14	Радиационный теплообмен тела с окружающей газообразной средой. Интенсификация и демпфирование теплообмена
15	Сложный теплообмен. Методика расчета
16	Теплопередача через постоянную стенку. Коэффициент теплопередачи и факторы, влияющие на его величину
17	Нестационарная теплопроводность. Практические задачи нагрева и охлаждения тел
18	Уравнение теплопроводности Фурье. Понятия о температуропроводности и тепловой аккумуляции материалов
19	Условия однозначности процессов теплообмена
20	Моделирование процессов теплопроводности
21	Регулярный тепловой режим. Условия возникновения и течения
22	Определить средние значения коэффициента теплоотдачи и количество переданной теплоты при течении воды в горизонтальной трубе диаметром d , длиной l , если скорость течения W , температура воды $T_{ж}$, температуре окружающей среды T_c . Значения коэффициента кинематической вязкости и коэффициента теплопроводности заданы
23	Рассчитать радиационный тепловой поток от стальной окисленной трубы наружным диаметром d , длиной l . Труба используется для отопления помещения с температурой $T_{ж}$. Температура стенки трубы T_c .
24	Труба, в которой протекает горячая вода имеет размеры: наружный диаметр d , длину l . Температура стенки трубы T_c , воздуха в помещении $T_{ж}$. Определить коэффициент теплоотдачи при естественной конвекции и конвективный тепловой поток

25	Рассчитать полный тепловой поток и суммарный коэффициент теплоотдачи от трубопровода. Наружный диаметр d , длина l и температура T_c теплоносителя заданы. Трубопровод используется для отопления помещения с температурой воздуха $T_{ж}$ и стен $T_{ст}$
----	--

Текущий контроль

Контрольная работа

1. Определить плотность теплового потока через плоскую шамотную стенку толщиной $\delta=0,5$ м и найти действительное распределение температуры, если на наружных поверхностях температуры соответственно $t_1=1000^\circ\text{C}$, $t_2=0^\circ\text{C}$ и коэффициент теплопроводности шамота $\lambda=1,0 \cdot (1+0,001t)$ Вт/(м * °C).
2. Определить значение эквивалентного коэффициента теплопроводности пакета листового трансформаторного железа из n листов, если толщина каждого листа $\delta_1=0,5$ мм и между ними проложена бумага толщиной $\delta_2=0,05$ мм. Коэффициент теплопроводности железа $\lambda_1=60$ и бумаги $\lambda_2=0,15$ Вт/(м * °C).
3. Паропровод диаметром 160/170 мм покрыт двухслойной изоляцией. Толщина первого слоя $\delta_2=30$ мм и второго $\delta_3=50$ мм. Коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции соответственно равны: $\lambda_1=50$, $\lambda_2=0,15$, $\lambda_3=0,08$ Вт/(м * °C). Температура внутренней поверхности паропровода $t_1=300^\circ\text{C}$ и внешней поверхности изоляции $t_4=50^\circ\text{C}$. Определить линейную плотность теплового потока и температуры на поверхности раздела отдельного слоя.
4. Через трубу диаметром $d=50$ мм и длиной $l=3$ м со скоростью $w=0,8$ м/с протекает вода. Определить средний коэффициент теплоотдачи, если средняя температура воды $=50^\circ\text{C}$, а температура стенки $=70^\circ\text{C}$.
5. Определить потерю теплоты путем конвекции вертикальным неизолированным паропроводом диаметром $d=100$ мм и высотой $h=4$ м, если температура наружной стенки $t_c=170^\circ\text{C}$, а температура среды (воздуха) $t_{ж}=30^\circ\text{C}$.
6. Определить коэффициент теплоотдачи при конденсации водяного пара атмосферного давления на поверхности горизонтальной трубы диаметром $D=16$ мм, если температура поверхности трубы $t_c=80^\circ\text{C}$.
7. Определить потерю теплоты путем излучения с поверхности стальной трубы диаметром $d=70$ мм, и длиной $l=3$ м при температуре поверхности $t_1=277^\circ\text{C}$, если эта труба находится: а) в большом кирпичном помещении, температура стенок которого $t_2=27^\circ\text{C}$; б) в кирпичном канале, площадь которого равна $0,3 \times 0,3$ м при температуре стенок $t_2=27^\circ\text{C}$.
8. Паропровод диаметром 200/216 мм покрыт слоем соевитовой изоляции толщиной 120 мм, коэффициент теплопроводности которой $\lambda_2=0,1$ Вт/(м * °C). Температура пара $t_{ж1}=300^\circ\text{C}$ и окружающего воздуха $t_{ж2}=25^\circ\text{C}$. Кроме того, заданы коэффициент теплопроводности стенки $\lambda_1=40$ Вт/(м * °C), $\alpha_1=100$ и $\alpha_2=8,5$ Вт/(м²*°C). Требуется определить линейный коэффициент теплопередачи, линейную плотность теплового потока и температуру в месте соприкосновения паропровода с изоляцией.
9. Трубопровод с внешним диаметром $d_2=15$ мм необходимо покрыть тепловой изоляцией. Целесообразно ли использовать в качестве изоляции асбест, коэффициент теплопро-

водности которого $\lambda_{\text{из}}=0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$. Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляции в окружающую среду $\alpha_2=8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

10. В холодильной установке необходимо охладить жидкость, расход которой $G_1=275 \text{ кг/ч}$, от $t_1=120 \text{ °C}$ до $t_2=50 \text{ °C}$. Теплоемкость жидкости $c_{p1}=3,05 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$. Для охлаждения используется вода с $t_3=10 \text{ °C}$. Расход охлаждающей воды $G_2=2200 \text{ кг/ч}$. Теплоемкость воды $c_{p2}=4,19 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°C)}$. Определить площадь поверхности нагрева при прямотоке и противотоке, если коэффициент теплопередачи $k=1000 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$.

Устный опрос

1. Термодинамическая система, термодинамические параметры.
2. Уравнение состояния газов.
3. Обратимые и необратимые процессы. 4. Первое начало термодинамики.
5. Круговые процессы.
6. Второе начало термодинамики.
7. Термодинамические процессы и циклы.
8. Цикл Карно.
9. Поршневые двигатели внутреннего сгорания.
10. Передача тепла теплопроводностью Основные понятия теплопроводности: температурное поле, градиент температуры, вектор плотности теплового потока, коэффициент теплопроводности.
11. Дайте определение понятию «теплоотдача». Понятию «теплопередача». Размерность величин и их физический смысл. Дайте определение понятию «плотность теплового потока». Сформулируйте постулат Фурье.
12. С какой целью формулируются условия однозначности и какие группы величин задают в них? Начальные и граничные условия. Что задается в граничных условиях 1-ого, 2-ого и 3-его рода?
13. Как изменяется температура по толщине бесконечной пластины при стационарном режиме теплопроводности? Привести математическую запись распределения температуры по толщине стенки.
14. Что такое суммарное тепловое сопротивление многослойной стенки и чему оно равно?
15. Тепловой поток через бесконечную пластину при стационарных условиях при задании граничных условий 1-го и 3-его рода.
16. Как изменяется температура в стенке длинной трубы при стационарном режиме теплопроводности?
17. Критический диаметр изоляции. Объясните его существование для цилиндрической стенки.
18. Нагрев и охлаждение металла. Прогреваемая толщина металла. Термически «тонкие» и термически «массивные» тела.
19. Чему равен критерий Био? Физический смысл этого критерия; его роль в расчетах нестационарной теплопроводности.
- 20.. Вынужденная и свободная конвекция.
21. Основы теории подобия. Теоремы подобия.
22. Физический смысл коэффициента теплоотдачи конвекцией. Какой критерий содержит эту величину?
23. Каковы особенности свободной конвекции в ограниченном и неограниченном пространстве?
24. Каковы особенности течения жидкости (газа) в трубах.
25. Критериальные уравнения, описывающие свободную и вынужденную конвекцию. принципиальная разница между обеими группами уравнений?
26. Основы теории подобия Теоремы подобия.
27. Вынужденная конвекция и уравнения, описывающие этот процесс. 28. Критерии

подобия и способы их получения. Привести пример.

29. Теплоотдача конвекцией при омывании газом пучка труб.

30. Тепловое излучение. Свойства излучения. Виды лучистых потоков. Угловая плотность излучения. Яркость излучения.

31. Закон сохранения энергии для плотностей лучистых потоков.

32. Степень черноты тела. В каком случае степень черноты тела равна его поглощательной способности?

33. Законы теплового излучения: закон Планка, закон смещения Вина, закон Кирхгофа и следствия из него, закон косинусов Ламберта.

34. Теплообмен излучением в системе двух бесконечных плоскопараллельных тел, разделенных диатермической средой. Теплообмен излучением при наличии экранов. 35. Геометрические свойства лучистых потоков. Элементарный, локальный и средний угловой коэффициент

36. Излучение газов. Расчет степени черноты газового слоя. 37. Закон Бугера-Бера.

38. Коэффициент теплоотдачи излучением и способы его определения.

39. Теплопередача излучением в системе тел, разделенных лучепрозрачной средой. 40. Эффективная толщина излучающего газового слоя и способ ее определения.

41. Графический метод определения степени черноты излучающего газового слоя.

Тематика лабораторных работ

1. Исследование стационарного теплового режима однослойной и двухслойной стенки.
2. Исследование теплоотдачи при обтекании пластин воздухом.
3. Исследование радиационного теплообмена.
4. Исследование охлаждения термически тонкого тела на воздухе.

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает требования к знаниям и умениям обучающегося и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и обучающихся направления подготовки 22.03.02 Металлургия.

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ от 28.06.2020 №702;
- Образовательной программой высшего образования по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия;
- учебным планом по направлению подготовки 22.03.02 Металлургия, профиль Обработка металлов и сплавов давлением.