

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Ивановский государственный политехнический университет"**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Тепломассоперенос в технологических процессах

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	ЕНиТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)		
Учебный план	15.04.02 Технологические машины и оборудование		
Программа магистратуры	Передовые инженерно-технические системы		
Квалификация	магистр		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	3 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	96	Виды контроля в семестрах: зачет с оценкой, 2 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	36		
самостоятельная работа	60		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	2		Итого	
	УП	РП	УП	РП
Вид занятий				
Лекции	14	14	14	14
Лабораторные	22	22	22	22
Итого ауд.	36	36	36	36
Контактная работа	36	36	36	36
Сам. работа	60	60	60	60
Часы на контроль				
Итого	96	96	96	96

Программу составил(и):

Красильников И.В., профессор, _____

Рецензент(ы):

Румянцева В.Е., профессор, _____

Рабочая программа дисциплины

Тепломассоперенос в технологических процессах

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - магистратура по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование. Утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 14 августа 2020 г. N 1026

составлена на основании учебного плана

15.04.02 Технологические машины и оборудование

утвержденного ученым советом вуза от 26.03.2026 протокол №6

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

ЕНиТБ (Естественных наук и техносферной безопасности)

Зав. кафедрой И.В. Красильников _____

Согласовано

Зав. выпускающей кафедрой ЕНиТБ Красильников И.В. _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цели:	формирование у обучающихся системных знаний о физических закономерностях и математических моделях процессов переноса теплоты и массы в пространстве и времени, а также развитие практических навыков расчёта температурных и концентрационных полей, тепловых потоков и потоков массы для решения инженерных задач в области строительства, энергетики и технологических процессов
Задачи:	изучение фундаментальных физических механизмов и законов переноса теплоты и массы, освоение методов математического моделирования процессов через дифференциальные уравнения и теорию подобия, а также формирование навыков решения краевых задач стационарной и нестационарной теплопроводности для тел простой формы аналитическими и численными методами; кроме того, дисциплина направлена на развитие компетенций в расчёте теплопередачи через одно- и многослойные стенки различной геометрии, применении методов аналогии для переноса решений между тепло- и массообменом, и подготовке обучающихся к решению практических инженерных задач по определению температурных и концентрационных полей, оценке термических режимов оборудования и обоснованию оптимальных конструктивных и технологических параметров процессов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.В.ДВ.01.02
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Обучающийся должен: Знать: основные законы теории тепломассообмена Уметь: применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования процессов тепломассообмена;
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	Передовые методы и технологии защиты от коррозии, Учебная практика (экспериментально-исследовательская), Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

ПК-4: Способен проводить научные исследования, прогнозирование и диагностику коррозионных разрушений, оценивать коррозионные процессы основных конструкционных материалов, разрабатывать математические модели исследуемых процессов и явлений, применять различные способы защиты от коррозии, выбирать конструкционные материалы при разработке инженерно-технических систем	
ПК-4.2. Устанавливает механизмы и общие закономерности физико-химического процесса взаимодействия металла с окружающей средой	
ПК-4.6. Умеет выбирать конструкционные материалы при разработке инженерно-технических систем	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	физические основы тепломассопереноса, виды тепломассообмена, методы и результаты решения стационарных и нестационарных задач тепломассопереноса; экспериментальные и математические методы определения рационального режима работы оборудования; основные параметры, обеспечивающие эксплуатационные характеристики технологических процессов
Уметь:	формулировать физическую и математическую постановку конкретных задач тепломассопереноса (систему уравнений и граничных условий), находить точные и (или) приближенные решения этих задач, выполнять теплофизические расчеты по определению плотности теплового потока, термического сопротивления и коэффициента конвективного теплообмена, использовать способы, приемы и методологии исследования тепловых и массообменных процессов в технологических аппаратах и технологических схемах
Владеть:	навыками решения важнейших стационарных и нестационарных задач тепломассопереноса, а также экспериментального определения важнейших теплофизических параметров: теплопроводности и теплоемкости

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основные понятия и законы тепломассопереноса. Температурные и концентрационные поля Температурное и концентрационное поля, градиенты, виды тепловых и массовых потоков, элементарные способы переноса, теплоотдача, теплопередача, базовые законы (Фурье, Ньютона, Фика)			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	2	
/СР/	2	5	
Раздел 2. Классификация задач тепломассопереноса и математическое моделирование процессов Виды задач (внутренние, внешние, сопряжённые, прямые/обратные), условия однозначности, начальные и граничные условия I–IV родов, метод теории подобия, безразмерные критерии (Bi, Nu, Fo, Pr и др.)			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	2	
/СР/	2	5	
Раздел 3. Стационарная теплопередача через непроницаемые стенки Расчёт теплового потока и температурных полей через плоские, цилиндрические и сферические стенки, многослойные конструкции, термические сопротивления, интенсификация теплопередачи, критический диаметр и выбор тепловой изоляции			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	2	
/СР/	2	10	
Раздел 4. Нестационарная теплопроводность в телах простой формы без внутренних источников Дифференциальное уравнение Фурье, аналитическое решение при ГУ III рода, регулярный режим нагрева/охлаждения, темп нагрева, расчёт по номограммам, термически тонкие и массивные тела			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	4	
/СР/	2	10	
Раздел 5. Теплопроводность с внутренними источниками теплоты. Расчёт тепловыделяющих элементов Стационарные температурные поля при равномерном тепловыделении, аналитические решения для пластин, цилиндров, шаров и цилиндрических стенок, расчёт температурного поля			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	4	
/СР/	2	10	
Раздел 6. Основы массообмена и аналогия процессов переноса теплоты и массы Диффузионный и конвективный массоперенос, закон Фика, коэффициент диффузии, массоотдача, электротепловая и гидротепловая аналогии, использование аналогии для инженерных расчётов			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	4	
/СР/	2	10	
Раздел 7. Численные методы решения краевых задач тепломассопереноса Метод конечных разностей (метод сеток), разностные схемы (явная, чисто неявная, Кранка–Николсона), условия устойчивости и сходимости, алгоритмы расчёта температурных полей для тел простой формы			
/Лек/	2	2	
/Лаб/	2	4	
/СР/	2	10	
/ЗаО/	2	0	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В рамках внутренней системы оценки качества подготовки для текущего контроля и промежуточной аттестации в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся (очной формы обучения). Для проведения аудиторной и внеаудиторной контактной работы используются технологии видеоконференцсвязи. Для проведения всех видов занятий используется электронная информационно-образовательная среда вуза. При реализации учебной работы по дисциплине используются образовательные технологии: лекции с использованием методов проблемного изложения материала; Для пробуждения у обучающихся интереса и эффективного усвоения учебного материала используются следующие методы активного обучения:

- презентации с использованием различных вспомогательных средств: видео, слайдов, компьютеров;
- мини-лекция: эффективная форма преподнесения теоретического материала;
- тестирование: определение уровня информированности обучающихся или их отношение к обсуждаемой теме;
- обратная связь: позволяет выяснить реакцию участников на обсуждаемые темы, увидеть достоинства и недостатки организации и проведения обучения, оценить результат;
- дискуссии: позволяют выявить индивидуальное мнение обучающихся по определенной теме.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Вопросы к зачету с оценкой

1. Температурное поле и изотермическая поверхность. Свойства изотермических поверхностей
2. Закон Фурье для теплопроводности. Физический смысл коэффициентов теплопроводности и температуропроводности
3. Элементарные способы переноса теплоты. Сложный теплообмен
4. Классификация задач тепломассообмена. Прямые и обратные задачи. Условия однозначности. Виды граничных условий и их математическая формулировка
5. Метод теории подобия. Определяемые и определяющие критерии
6. Расчет теплового потока через однослойную и многослойную стенки. Термическое сопротивление
7. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Особенности расчета и упрощенный метод
8. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор изоляции для трубопроводов
9. Дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье. Частные случаи для тел простой формы
10. Регулярный режим нагрева и охлаждения. Темп нагрева и его экспериментальное определение. Расчет температурного поля в телах сложной формы методом суперпозиции
11. Уравнение Пуассона для стационарной теплопроводности с внутренними источниками теплоты
12. Температурное поле в бесконечной пластине с равномерно распределенными источниками теплоты
13. Расчет температурного поля тепловыделяющего элемента ядерного реактора
14. Закон Фика для диффузии. Аналогия между законами Фурье и Фика
15. Массоотдача и закон массоотдачи. Связь коэффициентов тепло- и массоотдачи
16. Электротепловая и гидротепловая аналогии. Практическое применение методов аналогии
17. Метод сеток и разностные схемы. Основные свойства разностных схем
18. Явная разностная схема для уравнения теплопроводности. Условие устойчивости
19. Сравнительная характеристика явной, чисто неявной разностных схем и схемы Кранка–Николсона
20. Закон теплоотдачи Ньютона. Параметры, влияющие на коэффициент теплоотдачи
21. Пограничный слой. Структура теплового и гидродинамического пограничных слоев. Расчет коэффициента теплопередачи через плоскую стенку
22. Алгоритм решения обратной задачи нестационарной теплопроводности по номограммам
23. Термически тонкое тело. Критерий Био и область его применения
24. Перепад температур по сечению тела при наличии внутренних источников теплоты. Теплопередача через цилиндрическую стенку при двустороннем отводе теплоты
25. Метод регулярного режима для экспериментального определения теплофизических характеристик. Учет внутренних источников теплоты в разностных схемах численного решения

Темы рефератов

1. Физическая сущность температурного и концентрационного полей. Свойства изотермических и изокоцентрационных поверхностей
2. Историческое развитие и современная интерпретация основных законов переноса: Фурье, Ньютона и Фика
3. Прямые и обратные задачи тепломассопереноса: постановка, методы решения и практическое значение
4. Условия однозначности краевых задач теплопроводности: физический смысл и математическая формулировка граничных условий I–IV родов
5. Теория подобия в тепломассообмене: критерии Био, Нуссельта, Фурье, их физический смысл и применение в инженерных расчетах
6. Расчет стационарной теплопередачи через многослойные ограждающие конструкции: методы сложения термических сопротивлений
7. Критический диаметр тепловой изоляции: теоретическое обоснование, графическая интерпретация и практические рекомендации
8. Интенсификация теплопередачи через непроницаемые стенки: конструктивные (оребрение) и режимные методы
9. Регулярный режим нагрева и охлаждения тел: физическая сущность, темп нагрева и его экспериментальное определение
10. Температурные поля в телах сложной формы: метод суперпозиции и его инженерное применение
11. Термически тонкие и массивные тела: условия применимости, математические модели и особенности расчета
12. Стационарная теплопроводность с внутренними источниками теплоты: распределение температур в пластинах, цилиндрах и сферах
13. Тепловой расчет тепловыделяющих элементов: конструкция, температурные поля и обеспечение температурной безопасности
14. Аналогия процессов переноса теплоты и массы: электротепловая и гидротепловая аналогии в инженерном моделировании
15. Численные методы решения задач нестационарной теплопроводности: сравнительный анализ явной, чисто неявной

разностных схем и схемы Кранка–Николсона

ФОС по дисциплине представлен в ПРИЛОЖЕНИИ к РГД.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л1.1	Рудобашта, С.П.	Диффузия в химико-технологических процессах: (Гриф МО РФ) / С.П. Рудобашта, Э.М. Карташов. - 2-е изд., перераб. и доп. - 478с. ,	М. : КолоС, 2010,
Л1.2	Федосов С.В., Анисимова Н.К.	Тепломассообмен: учеб. пособие, ,	Иван.гос.архит.- строит.акад., Иваново, 2004,
Л1.3	Цирельман, Н.М.	Тепломассоперенос. Теория и прикладные задачи: учебное пособие для вузов, ,	Санкт-Петербург: Лань, 2025,
Л1.4	Шабаров А.Б., Кислицын А.А., Григорьев Б.В., Михайлов П.Ю.,	Тепломассоперенос в нефтегазовых и строительных технологиях: учебное пособие, ,	Тюмень: ТюмГУ, 2014.,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Федосов, С.В.	Тепломассоперенос в технологических процессах строительной индустрии / С.В. Федосов. – Иваново: ИПК «ПресСто», 2010. , ,	,
Л2.2	Федосов С.В., Елин Н.Н., Мизонов В.Е.	Моделирование и расчет систем утилизации теплоты уходящих газов в высокотемпературных процессах строительной индустрии, ,	Иваново: ИГАСА, 2010,

7.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

E-learning Портал электронного образования ИВГПУ: <https://moodle.ivgpu.ru/>

7.3. Информационное обеспечение дисциплины

7.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

	Лицензионное программное обеспечение вуза: Microsoft Windows, Microsoft Office. Свободно распространяемое: программный пакет Moodle. Прикладное программное обеспечение: Google Chrome, Opera, Mozilla Firefox и др.
--	--

7.3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

7.3.2.1	ЭБС издательства "Лань", https://e.lanbook.com/
7.3.2.2	Электронная библиотека ИВГПУ, https://lib.ivgpu.ru/
7.3.2.3	ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн", https://biblioclub.ru

8. МТО (ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ)

Для проведения занятий по дисциплине имеются аудитории для лекционных и практических занятий, оснащенные ученической доской; комплектом учебной мебели.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Обучающимся необходимо ознакомиться:

- с содержанием рабочей программы изучаемой дисциплины (далее - РГД), с целями и задачами дисциплины, ее связями с другими дисциплинами образовательной программы, с основной и дополнительной литературой, в частности с методическими разработками по данной дисциплине. Для успешного усвоения теоретического материала необходимо регулярно посещать лекции, активно работать на практических занятиях и лабораторных работах, перечитывать лекционный материал, значительное внимание уделять самостоятельному изучению дисциплины.

Основными видами аудиторной работы обучающихся являются лекционные занятия. В ходе лекций преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы. В ходе лекционных занятий необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в изучении проблем. Конспектирование лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы, предполагающий интенсивную умственную деятельность студента.

Целью самостоятельной работы является освоение фундаментальных знаний, развитие ответственности и организованности, умений самостоятельно работать с учебным материалом и приобретение навыков поиска и реферирования доступной научной информации. Самостоятельная работа во внеаудиторное время подразумевает: повторение лекционного материала; изучения учебной и научной литературы; подготовки к контрольным работам, тестированию, рубежному контролю.

10. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ООП ВО ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Преподавание дисциплины должно учитывать особенности познавательной деятельности и личностной особенности обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов (по возможности на лекциях, семинарах, лабораторных работах и т.д.). Учет особенностей обучающихся с инвалидностью в полной мере проявляется на предусмотренных для таких обучающихся индивидуальных консультациях по дисциплине.

Необходимо во время преподавания в общей группе учитывать реальные возможности лиц с ОВЗ и инвалидов. Коррекция методики преподавания для данной группы лиц возможна на индивидуальных занятиях. Преподаватель должен учитывать физиологические особенности обучаемого и разработать рекомендации и приемы выполнения поставленной задачи индивидуально. Возможен подбор индивидуального задания с коррекцией уровня сложности выполняемого задания.

Специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение и дистанционные образовательные технологии должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Необходимо учитывать тот факт, что обучающиеся не всегда имеют физическую возможность посещать занятия. Поэтому целесообразно разрабатывать дистанционную информационную поддержку процесса обучения. Таким средством могут являться обучающие компьютерные фильмы по данной дисциплине, презентации, которые обучающийся может просматривать дома в комфортной среде и без лимита времени.

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

При проведении занятий в компьютерных лабораториях целесообразно использовать проектор для наиболее удобного размещения обучающегося с ОВЗ при изложении материала занятия.