

рабочая программа утверждена  
решением Ученого совета  
НИТУ «МИСиС»  
от «31» августа 2020 г.  
протокол № 1-20

## **Рабочая программа дисциплины**

### **Тепломассообмен**

Закрепленная кафедра **Кафедра горного дела**  
Направление подготовки 21.05.04 Горное дело  
Специализация Подземная разработка рудных месторождений  
Квалификация **Горный инженер (специалист)**  
Форма обучения **Очная**  
Общая трудоемкость **3 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 72  
в том числе:  
аудиторные занятия 34  
самостоятельная работа 38  
часов на контроль -  
Семестр(ы) изучения 7

Формы контроля в семестре:

зачет в 7 семестре

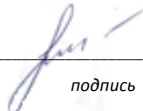
#### **Распределение часов дисциплины по семестрам**

Семестр	7		Итого
Вид занятий	УП	РП	
Лекции	17	17	17
Лабораторные	17	17	17
Контактная работа	34	34	34
Сам. работа	38	38	38
Часы на контроль	-	-	-
Итого:	72	72	72

Год набора 2016.

В редакции 2020 года.

Программу составил:  
Королькова Лариса Николаевна, доцент, к.т.н.  
*Должность, уч.ст., уч.зв. ФИО полностью*

  
подпись

Рабочая программа дисциплины  
Тепломассообмен

разработана в соответствии с ОС ВО:  
Самостоятельно устанавливаемый образовательный стандарт высшего образования – уровень специалитета  
федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» по специальности 21.05.04  
Горное дело (приказ от «02» декабря 2015 г. № 602 о.в.)

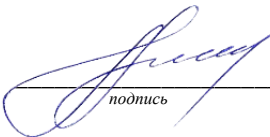
Выпуск 2:  
от 2 декабря 2015 г. № 602 о.в.

Составлена на основании учебного плана 2016 года набора:  
21.05.04 Горное дело, Подземная разработка рудных месторождений, утвержденного Ученым советом  
НИТУ «МИСиС» 22.02.2018 г., протокол № 6.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Горного дела  
*наименование кафедры*

Протокол от «23» апреля 2020 г. № 9-20

Зав. кафедрой ГД  
*аббревиатура наименования кафедры*  
«23» апреля 2020 г.

  
подпись

А.А. Кожухов  
*И.О. Фамилия*

Руководитель ОПОП ВО  
Зав. кафедрой ГД, д.т.н., доцент  
*должность, уч.ст., уч.зв. – при наличии*

  
подпись

А.А. Кожухов  
*И.О. Фамилия*

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
<p><b>Цель дисциплины</b> – приобретение студентами способности к использованию основных понятий, законов и моделей переноса теплоты и массы для расчета тепломассообмена в оборудовании и процессах горного дела.</p> <p><b>Задачи дисциплины:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. научить обучающихся основам физических положений теории переноса теплоты теплопроводностью, конвекцией и излучением;</li> <li>2. научить обучающихся методам расчета процессов тепломассообмена и применения теории подобия;</li> <li>3. научить обучающихся оценивать параметры, анализировать эффективность и находить рациональные условия реализации тепломассообменных процессов.</li> </ol>	

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Часть ОПОП ВО (базовая, вариативная)	
Вариативная	
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающихся – предшествующие дисциплины (модули), практики и НИР
2.1.1	Математика
2.1.2	Физика
2.1.3	Химия
2.1.4	Теплотехника
2.2	Дисциплины (модули), практики и НИР, для которых необходимо освоение данной дисциплины – последующие дисциплины (модули), практики и НИР
2.2.1	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 2
2.2.2	Производственная практика по получению профессиональных умений и навыков - 3
2.2.3	Преддипломная практика для выполнения выпускной квалификационной работы

3. ИНДИКАТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ, СОВМЕЩЕННЫЕ С РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	
ПК-3.5: Владение навыками организации научно-исследовательских работ.	
Знать:	3-1. Методы расчета процессов тепломассообмена. 3-2. Процессы и законы переноса теплоты и массы вещества.
Уметь:	У-1. Использовать основные законы переноса теплоты и массы вещества.
Владеть навыком:	Н-1. Анализа процессов переноса теплоты и массы вещества. Н-2. Выполнения расчётов тепломассообменных процессов.
УК-7.3: Умение ставить и решать нестандартные задачи в условиях неопределенности и альтернативных решений с использованием соответствующих аналитических, вычислительных и экспериментальных методов.	
Знать:	3-1. Методику выполнения расчетов процессов тепломассообмена с привлечением соответствующего математического аппарата.
Уметь:	У-1. Обосновывать практические инженерные решения по нахождению рациональных условий реализации процессов тепломассообмена в горном деле.
Владеть навыком:	Н-1. Выполнения инженерных расчетов процессов тепломассообмена в различных задачах горного дела.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ						
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр	Кол-во часов	Компетенции	Литература	Примечание
<b>1</b>	<b>Раздел 1. Тепло- и массообмен. Виды теплопередачи. Теплопроводность. Теплопередача.</b>	<b>7</b>	<b>10</b>			
1.1	Введение. Основные понятия тепломассообмена. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
1.2	Основные понятия, определения и законы теории теплопроводности. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	

1.3	Теплопроводность при стационарном режиме. /лекция/	7	2	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.2, Л 2.3	
1.4	Теплопроводность при нестационарном режиме. /лекция/	7	2	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
1.5	Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима. /лабораторная работа/	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
1.6	Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима. /лабораторная работа/	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
<b>2</b>	<b>Раздел 2. Теплоотдача. Конвективный тепло- и массообмен.</b>	<b>7</b>	<b>18</b>			
2.1	Основные понятия, определения и законы теории конвективного тепло- и массообмена. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
2.2	Применение теории подобия для исследования процессов конвективной тепло- и массоотдачи. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
2.3	Основные уравнения конвективного тепло- и массообмена. Тепловой и диффузионный пограничные слои. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
2.4	Тепло- и массоотдача при свободной конвекции. /лекция/	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
2.5	Тепло- и массоотдача при вынужденной конвекции. /лекция/	7	2	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
2.6	Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции на обогреваемом цилиндре. /лабораторная работа/	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
2.7	Изучение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении нагретой жидкости в трубе круглого сечения в условиях естественной конвекции. /лабораторная работа/	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
2.8	Изучение пластинчатого теплообменника. /лабораторная работа /	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
2.9	Изучение теплопередачи при	7	2	ПК-3.5	Л 1.1,	

	вынужденном течении нагретой жидкости в трубе круглого сечения. <b>/лабораторная работа/</b>			У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
2.10	Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости. <b>/лабораторная работа/</b>	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
2.11	Исследование теплоотдачи при пленочном режиме кипения жидкости методом регулярного режима. <b>/лабораторная работа/</b>	7	2	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
<b>3</b>	<b>Раздел 3. Радиационный теплообмен.</b>	<b>7</b>	<b>6</b>			
3.1	Основные понятия, определения и законы теории радиационного теплообмена. <b>/лекция/</b>	7	1	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
3.2	Радиационный теплообмен в диатермической среде. <b>/лекция/</b>	7	2	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л. 1.1, Л. 1.3, Л. 2.1, Л 2.3	
3.3	Радиационный теплообмен в поглощающе-излучающей среде. <b>/лекция/</b>	7	2	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	
3.4	Исследование теплообмена излучением. <b>/лабораторная работа/</b>	7	1	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
<b>4</b>	<b>Самостоятельная работа студента</b>	<b>7</b>	<b>38</b>			
4.1	Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по темам курса, указанным в разделе 4 РПД.	7	13	ПК-3.5 3-1, 3-2 УК-7.3 3-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3, Э 1	
4.2	Подготовка к выполнению, обработка результатов и подготовка к защите лабораторных работ.	7	9	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 2.1, Л 2.2	
4.3	Выполнение расчетного задания.	7	10	ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2 УК-7.3 У-1, Н-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 1.3, Л 2.1, Л. 2.2	
4.4	Подготовка к контрольной работе и ее выполнение.	7	6	ПК-3.5 3-1, 3-2, У-1 УК-7.3 3-1, У-1	Л 1.1, Л 1.2, Л 1.3, Л 2.1, Л 2.3	

<b>5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ</b>	
<b>Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к текущей и промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины</b>	
Контрольные вопросы для подготовки к контрольной работе (ПК-3.5 3-1, 3-2, У-1; УК-7.3 3-1, У-1) 1. Уравнение теплового потока для пограничного слоя. 2. Теплопередача через плоскую стенку при стационарном режиме. 3. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля для переноса тепла.	

<p>4. Стационарное температурное поле в цилиндрической стенке при граничных условиях I рода. Линейная плотность теплового потока. Внутреннее линейное термическое сопротивление.</p> <p>5. Полуэмпирическая теория турбулентности Прандтля для переноса массы примеси.</p> <p>6. Критический диаметр теплоизоляции.</p> <p>7. Уравнение потока массы примеси для пограничного слоя.</p> <p>8. Постановка задачи теории теплопроводности. Виды граничных условий.</p> <p>9. Уравнение энергии (Польгаузена) для ламинарного пограничного слоя.</p> <p>10. Нестационарное температурное поле в случае плоской стенки при граничных условиях III рода.</p> <p>11. Уравнение конвективной диффузии для ламинарного пограничного слоя.</p> <p>12. Стационарное температурное поле в случае плоской пластины при граничных условиях I, II и III рода.</p> <p>13. Уравнение энергии (Польгаузена) для ламинарного пограничного слоя.</p> <p>14. Нестационарное температурное поле в случае плоской пластины при граничных условиях II рода.</p> <p>15. Теплоотдача при свободной конвекции. Критерий Грасгофа.</p> <p>16. Регулярный тепловой режим при граничных условиях III и I рода.</p> <p>17. Тепловой и диффузионный пограничные слои. Критерии Прандтля и Шмидта.</p> <p>18. Нестационарное температурное поле в случае плоской стенки при граничных условиях I рода.</p> <p>19. Теплоотдача при турбулентном движении жидкости в трубе.</p> <p>20. Регулярный тепловой режим при граничных условиях I рода.</p> <p>21. Исследование конвективной теплоотдачи методами теории подобия.</p> <p>22. Теплопередача через цилиндрическую стенку при стационарном режиме.</p> <p>23. Критический диаметр теплоизоляции.</p> <p>24. Уравнение энергии для турбулентного пограничного слоя.</p> <p>25. Нагрев термически тонких тел.</p> <p>26. Теплоотдача при вынужденном ламинарном течении жидкости вдоль плоской поверхности.</p> <p>27. Исследование процессов теплопроводности методами теории подобия.</p> <p>28. Связь между множителями преобразования для потока реальной жидкости. Критерии гидродинамического подобия.</p> <p>29. Дифференциальное уравнение конвективной диффузии.</p> <p>30. Теплоотдача при вынужденном турбулентном течении жидкости вдоль плоской поверхности.</p> <p>31. Постановка задачи теории теплопроводности.</p> <p>32. Дифференциальное уравнение энергии.</p> <p>33. Нестационарная теплопроводность при радиационном теплообмене с окружающей средой.</p> <p>34. Уравнение конвективной диффузии для турбулентного пограничного слоя.</p> <p>35. Теплопередача через цилиндрическую стенку.</p> <p>36. Законы теплового излучения.</p> <p>37. Теплоотдача при ламинарном течении жидкости в трубе.</p> <p>38. Основные понятия и определения теории лучистого теплообмена.</p> <p>39. Теоремы Кондратьева.</p> <p>40. Лучистый теплообмен в системе тел- цилиндрические поверхности.</p> <p>41. Стационарная теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках.</p> <p>42. Расчет потерь тепла излучением в системе тел плоско-параллельные пластины.</p> <p>43. Понятие угловых коэффициентов излучения. Их свойства.</p> <p>44. Расчет степени черноты дымовых газов.</p> <p>45. Теплопередача в плоских и цилиндрических стенках.</p> <p>46. Использование номограмм Будрина для решения задач нестационарной теплопроводности.</p> <p>47. Эмпирический метод определения коэффициента теплоотдачи.</p> <p>Билет для контрольной работы содержит 5 вопросов.</p> <p>Пример билета для контрольной работы:</p> <p>Вариант 1.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнение теплового потока для пограничного слоя.</li> <li>2. Стационарное температурное поле в случае плоской пластины при граничных условиях I, II и III рода.</li> <li>3. Теплопередача через цилиндрическую стенку при стационарном режиме.</li> <li>4. Постановка задачи теории теплопроводности.</li> <li>5. Стационарная теплопроводность в плоской и цилиндрической стенках.</li> </ol>
<b>Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины (модуля, практики, НИР)</b>
<p>1. Выполнение расчетных заданий (ПК-3.5 У-1, Н-1, Н-2; УК-7.3 У-1, Н-1):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расчёт теплопроводности.</li> <li>2. Расчет конвективного теплообмена.</li> </ol> <p>2. Контрольная работа по курсу.</p>
<b>Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена</b>
Экзамен не предусмотрен.
<b>Методика оценки результатов обучения по дисциплине (модулю, практике, НИР)</b>

Требования к оцениванию в соответствии с учебным планом: зачет в 7 семестре. Система оценивания, используемая преподавателем для текущей оценки успеваемости - балльно-рейтинговая: <ul style="list-style-type: none"> <li>- посещение занятий – 1 баллу за 1 занятие (всего 17 занятий), итого не более 17 баллов;</li> <li>- выполнение и защита лабораторных работ – по 2 балла (всего 9 работ), итого не более 18 баллов;</li> <li>- выполнение расчетных заданий – по 9 баллов (всего 2 задания), итого не более 18 баллов;</li> <li>- выполнение контрольной работы по курсу – до 7 баллов.</li> </ul> Система получения дополнительных баллов: <ul style="list-style-type: none"> <li>- своевременное выполнение и защита лабораторных работ – 16 баллов;</li> <li>- своевременное выполнение расчетных заданий – 16 баллов;</li> <li>- своевременное выполнение контрольной работы по курсу – 8 баллов.</li> </ul> ИТОГО не более 100 баллов в семестре. Условие получения зачета по дисциплине – наличие не менее 60 баллов семестровой работы.
--

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ				
6.1. Рекомендуемая литература				
6.1.1 Основная литература				
Обозна чение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	В.В. Нащокин	Техническая термодинамика и теплопередача: Учебник для вузов.	ГФ НИТУ «МИСиС»	Москва : Высшая школа, 1980. – 469 с.
Л 1.2	Н.И. Стоянов, С.С. Смирнов, А.В. Смирнова	Теоретические основы теплотехники: техническая термодинамика и тепломассообмен.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457750">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=457750</a>	Ставрополь : СКФУ, 2014. – 225 с.
Л 1.3	Ю.В. Видин, Р.В. Казаков, В.В. Колосов	Теоретические основы теплотехники: тепломассообмен.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=497752">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=497752</a>	Красноярск : СФУ, 2015.
6.1.2 Дополнительная литература				
Обозна чение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Л.В. Арнольд, Г.А. Михайловский, В.М. Селиверстов	Техническая термодинамика и теплопередача. Учебник для вузов.	ГФ НИТУ «МИСиС»	Москва : Высшая школа, 1979. – 446 с.
Л 2.2	Е.А. Дмитриев	Явления переноса массы в примерах и задачах : учебное пособие.	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428677">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=428677</a>	Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015.
Л 2.3	В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел	Теплопередача: Учебник для вузов.	ГФ НИТУ «МИСиС»	Москва : Энергоатомиздат, 1981. – 416 с.
6.1.3 Методические материалы				
Обозначен ие	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 3.1				
6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»				
Э 1	<a href="http://www.google.ru">www.google.ru</a>			
Э 2				
6.3. Перечень программного обеспечения				
П 1	Office Professional Plus 2016 RUS OLP NL Acdmc			
П 2	WINHOME 10 RUS			
6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных				
И 1				

<b>7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ, НИР)</b>	
7.1	<p>Ауд. 101. Лекционная аудитория. Аудитория для практических занятий.</p> <p>1. Комплект мультимедийной аппаратуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– системный блок и монитор;</li> <li>– мультимедиа-проектор;</li> </ul> <p>2. Комплект учебной мебели на 90 посадочных мест.</p>
	<p>Ауд. 212. Компьютерный класс. Аудитория для практических занятий.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <p>1. Персональный компьютер в сборе FOX MIMO-65090:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– системный блок iRu Home412 – 13 шт.;</li> <li>– монитор АОС – 13 шт.</li> </ul> <p>2. Комплект мультимедийной аппаратуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мультимедиа-проектор Panasonic PT- LB30NTE;</li> <li>– экран на штативе Projecta Pro View.</li> </ul> <p>3. Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест</p>
	<p>Ауд. 219. Компьютерный класс. Аудитория для практических занятий.</p> <p>Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:</p> <p>1. Комплект мультимедийной аппаратуры:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– мультимедиа-проектор Mitsubishi Ex200u;</li> <li>– экран;</li> </ul> <p>2. Системный блок Intel – 13 шт.;</p> <p>3. Монитор LG – 13 шт.</p> <p>4. Комплект учебной мебели на 13 посадочных мест</p>

<b>8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ</b>
<p>Учебная работа студентов по изучению дисциплины базируется на аудиторных и внеаудиторных занятиях. Аудиторные занятия состоят из лекций и лабораторных работ, которые проводятся по расписанию. Внеаудиторная (самостоятельная) работа предусматривает изучение теоретических основ дисциплины по учебникам и научно-технической литературе.</p> <p>В программе дисциплины приведено наименование и содержание тем, подлежащих изучению. Темы дисциплины, которые студенты должны изучить самостоятельно, указаны в разделе «Самостоятельная работа».</p> <p>Знания, умения и навыки, приобретенные студентами на лекциях, лабораторных занятиях и самостоятельно, преподаватель контролирует при защите лабораторных работ, выполнении расчетных заданий и контрольной работы.</p>