

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Тепломассообмен**

Направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль): Промышленная теплоэнергетика

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 377843  
Подписал: заведующий кафедрой Дмитренко Артур  
Владимирович  
Дата: 30.04.2025

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Тепломассообмен – учение о процессах переноса и распространения теплоты и массы вещества в пространстве с неравномерным распределением температуры и концентраций компонентов. Фундамент учения заложил еще М.В. Ломоносов, который создал механическую теорию теплоты и установил законы сохранения массы и энергии.

Без знания основ тепломассообмена невозможно создание современных тепловых установок (особенно силовых), проектирование систем производства, транспортирования, преобразования и потребления теплоты. В ряде случаев именно процессы тепло- и массообмена определяют выбор облика, массогабаритных характеристик и параметры тепловой установки.

Целью освоения учебной дисциплины «Тепломассообмен» является:

- изучение теоретических основ неравновесных процессов переноса и распространения теплоты и массы вещества в пространстве.

Задачами изучения дисциплины (модуля) являются:

- освоение методологии расчета температурных полей, потоков теплоты и массы вещества в процессах тепло - и массопереноса в разнообразных тепловых установках;

- формирование умений и навыков, необходимых для получения результатов решения задач тепло- и массопереноса в элементах тепловых установок и систем производства, транспортирования и потребления теплоты.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-2** - Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения;

**ПК-2** - Способность проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

- физические основы и основные законы тепло-и массопереноса в газообразных, жидких и твердых телах;
- методы и требования, соответствующие задачам проведения эксперимента по заданной методике.

#### **Уметь:**

- проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.
- решать типовые задачи стационарной и нестационарной теплопроводности;
- решать типовые задачи конвективного тепло-и массообмена;
- решать типовые задачи теплообмена излучением.

#### **Владеть:**

- знаниями и умениями на уровне, необходимом для решения задач тепло- и массообмена в элементах тепловых установок и систем;
- навыками анализа полученных результатов расчетов и/или экспериментов.
- навыками оформления результатов расчетов и/или экспериментов с использованием стандартных средств автоматизации проектирования.

### **3. Объем дисциплины (модуля).**

#### **3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 з.е. (288 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий                                       | Количество часов |         |     |
|-----------------------------------------------------------|------------------|---------|-----|
|                                                           | Всего            | Семестр |     |
|                                                           |                  | №3      | №4  |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 160              | 48      | 112 |
| В том числе:                                              |                  |         |     |
| Занятия лекционного типа                                  | 64               | 16      | 48  |
| Занятия семинарского типа                                 | 96               | 32      | 64  |

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с

педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 128 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | <b>ПЕРВЫЙ СЕМЕСТР. Общие представления о переносе теплоты и массы:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- механизмы переноса теплоты;</li> <li>- скалярные и векторные поля физических величин;</li> <li>- плотности энергии и массы;</li> <li>- поверхности постоянного уровня и вектор-градиент.</li> </ul>                                                                                                                                                                                           |
| 2        | <b>Система уравнений, определяющая перенос массы и теплоты:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения сохранения массы;</li> <li>- уравнения сохранения энергии;</li> <li>- уравнения движения вязкой среды;</li> <li>- условия однозначности.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3        | <b>Основы теплопроводности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- вектор плотности потока теплоты. Закон Фурье.</li> <li>- теплопроводность газов, жидкостей, твердых веществ;</li> <li>- дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4        | <b>Стационарные процессы теплопроводности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- одномерная теплопроводность в плоской стенке при отсутствии и наличии <math>q_v</math>;</li> <li>- одномерная теплопроводность в цилиндрическом слое. Критический диаметр цилиндрической стенки;</li> <li>- одномерная теплопроводность в шаровом слое при отсутствии <math>q_v</math>;</li> <li>- обобщенный метод решения задач теплопроводности;</li> <li>- испарительное охлаждение пористой пластины.</li> </ul> |
| 5        | <b>Интенсификация передачи теплоты оребрением:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теплопроводность в стержне постоянного сечения;</li> <li>- теплопередача стенки с прямоугольными плоскими ребрами. Коэффициент оребрения и эффективности ребра;</li> <li>- теплопроводность ребер другой формы.</li> </ul>                                                                                                                                                                                        |
| 6        | <b>Нестационарные процессы теплопроводности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постановка и решение задачи охлаждения (нагрева) неограниченной плиты;</li> <li>- определение отданного (воспринятого) количества теплоты;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                               |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- охлаждение (нагревание) неограниченного цилиндра;</li> <li>- определение количества теплоты отданной (воспринятой) цилиндром;</li> <li>- охлаждение (нагревание) тел конечных размеров;</li> <li>- регулярный режим охлаждения (нагрева).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7        | <b>ВТОРОЙ СЕМЕСТР. Конвективный теплообмен в однофазной среде:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия и определения. Закон Ньютона-Рихмана;</li> <li>- ламинарное и турбулентное движение среды;</li> <li>- гидродинамический и тепловой пограничные слои. Аналогия Рейнольдса.</li> <li>- способы осреднения коэффициентов теплоотдачи и температуры потока жидкости. – физические свойства жидкости.</li> </ul>                                                                                                                                                     |
| 8        | <b>Основы теории подобия:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- геометрическое подобие. Подобие физических величин и явлений;</li> <li>- относительная форма дифференциальных уравнений и условий однозначности;</li> <li>- симплексы и критерии подобия;</li> <li>- законы подобия. Значение теории подобия.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 9        | <b>Теплоотдача при свободном движении жидкости:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в большом объеме около вертикальных и горизонтальных плит и цилиндров;</li> <li>- в ограниченном пространстве (горизонтальные, вертикальные и кольцевые слои).</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 10       | <b>Теплоотдача при вынужденном омывании плоской поверхности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- при ламинарном пограничном слое;</li> <li>- при турбулентном пограничном слое.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 11       | <b>Сопротивление и теплоотдача при вынужденном течении:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- в трубах;</li> <li>- при поперечном омывании отдельных труб;</li> <li>- при поперечном омывании коридорных и шахматных пучков труб;</li> <li>- при течении в круглых винтовых и шероховатых трубах.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 12       | <b>Теплоотдача жидких металлов и хладагентов</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теплоотдача жидких металлов при течении в трубах;</li> <li>- теплоотдача хладагентов при кипении.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 13       | <b>Теплоотдача при изменении фазового состояния вещества:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- виды фазовых превращений и фазовых переходов;</li> <li>- правило фаз и фазовые диаграммы веществ;</li> <li>- основные сведения о механизме и микрохарактеристиках кипения жидкостей;</li> <li>- кривые кипения и факторы, влияющие на теплоотдачу при кипении.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                             |
| 14       | <b>Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости (свободная конвекция):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- кризис теплоотдачи, пузырьковый и пленочный режимы кипения на поверхности;</li> <li>- критические плотности теплового потока (<math>q_{кр1}</math>, <math>q_{кр2}</math>), температурного напора и коэффициента теплоотдачи;</li> <li>- влияние различных факторов на величину <math>q_{кр1}</math>;</li> <li>- критериальные и размерные выражения для средней теплоотдачи при кипении;</li> <li>- теплоотдача при кипении на горизонтальных трубных пучках.</li> </ul> |
| 15       | <b>Кипение жидкости при движении внутри труб:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- структура и режимы течения двухфазного потока в вертикальной трубе;</li> <li>- структура и режимы течения двухфазного потока в горизонтальной трубе;</li> <li>- расходные и истинные параметры двухфазного потока;</li> <li>- теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости в трубе. Влияние на теплоотдачу скорости циркуляции и теплового потока;</li> <li>- сопротивление при пузырьковом кипении жидкости в трубе.</li> </ul>                                                                  |
| 16       | <b>Теплоотдача при конденсации пара:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные сведения о конденсации паров. Пленочная и капельная конденсации;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- термическое сопротивление передаче теплоты и коэффициент конденсации;</li> <li>- Ламинарное и турбулентное течение пленки конденсата. Критическое число Рейнольдса;</li> <li>- теплоотдача при конденсации «неподвижного» пара на вертикальной поверхности и ламинарном / турбулентном течении пленки;</li> <li>- критериальная форма выражений для средней теплоотдачи и смешанном течении пленки;</li> <li>- теплоотдача при конденсации движущегося пара на внешней поверхности горизонтальной трубы и в пучке труб;</li> <li>- теплоотдача при конденсации движущегося пара внутри трубы;</li> <li>- конденсация перегретого и влажного пара, влияние неконденсирующихся газов.</li> </ul> |
| 17       | <p>Теплообмен излучением. Общие представления о переносе энергии излучением:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- селективная и серая среда. Собственное излучение. Тепловое излучение;</li> <li>- абсолютно черная (атермичная) и абсолютно прозрачная (диатермичная) среды.</li> </ul> <p>Коэффициент собственного излучения среды;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- интенсивность излучения. Плотность лучистой энергии. Вектор переноса лучистой энергии.</li> </ul> <p>Коэффициент поглощения среды. Уравнение переноса лучистой энергии.</p>                                                                                                                                                                  |
| 18       | <p>Лучистое взаимодействие серой среды с твердой оболочкой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- абсолютно черная, белая и прозрачная поверхности. Закон Ламберта;</li> <li>- эффективное и результирующее излучения;</li> <li>- законы равновесного излучения: Кирхгофа, Планка, Релея-Джинса, Вина, Стефана-Больцмана;</li> <li>- понятие о лучистой температуре. Степени черноты физических тел и газов.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 19       | <p>Отдельные задачи лучистого теплообмена в прозрачной среде:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- теплообмен излучением между серыми плитами;</li> <li>- теплообмен излучением между серыми плитами при наличии экранов;</li> <li>- теплообмен излучением между серым телом и окружающей его оболочкой.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 20       | <p>Теплообмен излучением между произвольно ориентированными серыми телами:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- средние взаимные поверхности и угловые коэффициенты излучения;</li> <li>- геометрические свойства лучистых потоков;</li> <li>- методы определения угловых коэффициентов излучения.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 21       | <p>Теплообмен излучением между газом и его оболочкой:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- результирующий тепловой поток;</li> <li>- поглощательная способность газов;</li> <li>- степень черноты смеси газов;</li> <li>- понятие о сложном теплообмене.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 22       | <p>Основы тепло-и массообмена в бинарных средах.</p> <p>Основные понятия:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- концентрационная диффузия. Поток массы и плотность потока массы;</li> <li>- Закон Фика. Коэффициент молекулярной диффузии;</li> <li>- термодиффузия и бародиффузия;</li> <li>- вектор плотности теплового потока с учетом переноса массы;</li> <li>- дифференциальные уравнения тепло-и массообмена.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 23       | <p>Конвективная тепло-и массоотдача в парогазовой среде (общие представления):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- расчет тепло-и массоотдачи. Коэффициенты массоотдачи;</li> <li>- стефанов поток массы и уравнение Стефана.</li> <li>- диффузионный пограничный слой;</li> <li>- аналогия процессов теплоотдачи и массоотдачи. Примеры расчета массоотдачи.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 24       | <p>Тепловой расчет теплообменных аппаратов (проектный и проверочный):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- уравнения теплового теплового баланса и теплопередачи;</li> <li>- схемы движения теплоносителей (прямоток, противоток, перекрестный ток, др.);</li> <li>- определение среднего температурного напора;</li> <li>- расчет конечных температур теплоносителей;</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание                                                                                        |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|          | - тепловой расчет рекуперативных и регенеративных теплообменных аппаратов;<br>- интенсификация процессов теплообмена в теплообменниках. |

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Определение коэффициентов теплопроводности металлов и сплавов<br>Приобретение навыков измерения температуры, теплового потока, определения коэффициента теплопроводности металлов методом плоского слоя                                                                                                                                                                                                                                        |
| 2        | Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении воздуха около вертикального / горизонтального цилиндра<br>Приобретение навыков измерения температур стенки, окружающей среды, передаваемого теплового потока, расчет теплоотдачи по уравнению Нуссельта                                                                                                                                                                           |
| 3        | Определение коэффициентов теплоотдачи при свободном движении воздуха около вертикального / горизонтального диска<br>Приобретение навыков измерения температур стенки, окружающей среды, передаваемого теплового потока, расчет теплоотдачи по уравнению Нуссельта, составление теплового баланса цилиндра                                                                                                                                      |
| 4        | Определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденном движении воздуха около вертикального / горизонтального цилиндра<br>Изучение изменения коэффициента теплоотдачи от скорости набегающего воздушного потока. Приобретение навыков измерения температур стенки, окружающей среды, передаваемого теплового потока, расчет теплоотдачи по уравнению Нуссельта.                                                                                 |
| 5        | Определение коэффициентов теплоотдачи при вынужденном движении воздуха около вертикального / горизонтального диска<br>Изучение влияния формы и положения тела в пространстве на коэффициент теплоотдачи. Изучение изменения коэффициента теплоотдачи от скорости набегающего воздушного потока. Приобретение навыков измерения температур стенки, окружающей среды, передаваемого теплового потока, расчет теплоотдачи по уравнению Нуссельта. |
| 6        | Определение коэффициентов теплоотдачи при движении воды в трубе<br>Приобретение навыков измерения температур стенки и воды при движении внутри трубы, навыков расчета коэффициента теплоотдачи в жидкой среде                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7        | Определение коэффициента излучения твердого тела<br>Измерение степени черноты различных тел путем сопоставления молекулярной и радиационной температуры поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 8        | Определение коэффициента теплопередачи отопительного прибора<br>Изучение процесса теплопередачи от горячей воды к воздуху через разделяющую их стенку отопительного прибора                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | СЕМЕСТР 1. Зависимость физических величин от температуры. Плотность энергии и массы.<br>Приобретения умения определять физические свойства материалов по данным таблиц |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2        | Градиент температурного поля. Уравнения сохранения массы и энергии. Уравнения движения вязкой среды. Физический смысл условий однозначности/оценки и пояснения.<br>Решение задач на основные понятия дисциплины                                                                                                                                                                                                                                          |
| 3        | Одномерная теплопроводность в плоской стенке при отсутствии и наличии $qv$ /расчет температур, тепловых сопротивлений и потоков<br>Приобретение навыков расчетного определения температурных полей, плотности теплового потока, теплового потока, количества переданной теплоты (за интервал времени) в процессе стационарной теплопроводности через плоскую стенку                                                                                      |
| 4        | Одномерная теплопроводность в цилиндрическом слое/ Критический диаметр изоляции, расчет теплотерь трубы<br>Приобретение навыков расчетного определения температурных полей, плотности теплового потока и линейной плотности теплового потока, количества переданной теплоты (за интервал времени) в процессе стационарной теплопроводности через цилиндрическую стенку. Навыки расчета толщины тепловой изоляции при нормировании теплотерь трубопровода |
| 5        | Передача теплоты через оребренную стенку/определение коэффициента эффективности ребра, кратности увеличения теплопередачи.<br>Сравнительная оценка повышения теплоотдачи оребренных поверхностей по отношению к неоребренным.                                                                                                                                                                                                                            |
| 6        | Нестационарный процесс теплопроводности неограниченной плиты.<br>Расчет температур в центре и на поверхности тела, времени охлаждения/охлаждения до заданной температуры, количества переданной теплоты.                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 7        | Нестационарный процесс теплопроводности длинного цилиндра, ограниченного цилиндра, параллелепипеда.<br>Расчет температур в центре и на поверхности цилиндра, параллелепипеда; времени охлаждения/охлаждения до заданной температуры, количества переданной теплоты. Определение температуры в центре и среднemasсовой при заданном времени охлаждения/нагрева                                                                                            |
| 8        | Регулярный режим при нагреве и охлаждении тел.<br>Определение темпа охлаждения/нагрева по данным эксперимента, физических свойств материалов тел различной формы                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 9        | СЕМЕСТР 2. Способы осреднения коэффициентов теплоотдачи и температуры потока жидкости.<br>Ламинарное и турбулентное движение среды, определение физсвойств текучих сред по табличным данными, вычисление критерия Рейнольдса.                                                                                                                                                                                                                            |
| 10       | Теплоотдача при свободном движении жидкости в большом объеме и в ограниченном пространстве.<br>Определение теплоотдачи цилиндров в воде и воздухе, в оконном переплете                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11       | Сопротивление и теплоотдача при вынужденном продольном омывании плоской поверхности<br>Расчет локальной и средней теплоотдачи при продольно омывании плоской поверхности                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 12       | Сопротивление и теплоотдача при вынужденном течении в трубах и каналах.<br>Определение средней теплоотдачи и коэффициента сопротивления при движении жидкости в трубопроводе в ламинарном и турбулентном гидродинамических режимах                                                                                                                                                                                                                       |
| 13       | Сопротивление и теплоотдача при поперечном омывании отдельных труб и пучков труб.<br>Определение средней теплоотдачи при поперечном омывании жидкостью коридорных и шахматных трубных пучков                                                                                                                                                                                                                                                             |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 14       | Теплоотдачи при развитом пузырьковом кипении насыщенной жидкости на твердой вертикальной поверхности и свободном движении жидкости в большом объеме.<br>Определение коэффициента теплоотдачи, первой критической мощности и теплового потока при пузырьковом кипении в большой объеме |
| 15       | Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости при течении в трубе<br>Определение критической плотности теплового потока ( $q_{кр1}$ , $q_{кр2}$ ), температурного напора и коэффициента теплоотдачи.                                                                                   |
| 16       | Теплоотдача при пузырьковом кипении жидкости на трубных пучках<br>Расчет теплоотдачи при кипении на горизонтальных трубных пучках.                                                                                                                                                    |
| 17       | Кипение жидкости при движении внутри труб.<br>Расчет теплоотдачи при пузырьковом кипении воды в трубе, определение расходных параметров и гидравлического сопротивления.                                                                                                              |
| 18       | Ламинарный и турбулентный теплообмен при пленочной конденсации «неподвижного» пара<br>Определение теплоотдачи и плотности теплового потока на вертикальной поверхности.                                                                                                               |
| 19       | Теплоотдача при пленочной конденсации движущегося пара<br>Расчет теплоотдачи при движении внутри трубы, на внешней поверхности трубы и в пучке труб.                                                                                                                                  |
| 20       | Законы равновесного излучения<br>Применение законов Кирхгофа, Планка, Релея-Джинса, Вина, Стефана-Больцмана.                                                                                                                                                                          |
| 21       | Теплообмен излучением между серыми плитами<br>Вычисление лучистых потоков всех видов.                                                                                                                                                                                                 |
| 22       | Теплообмен излучением между серыми телами при наличии экранов<br>Оценка эффективности экранирования.                                                                                                                                                                                  |
| 23       | Теплообмен излучением между произвольно расположенными серыми поверхностями<br>Определение угловых коэффициентов излучения.                                                                                                                                                           |
| 24       | Теплообмен излучением между газом и его оболочкой<br>Определение результирующего потока от дымовых газов к газоходу                                                                                                                                                                   |
| 25       | Конвективная тепло-и массоотдача в парогазовой среде<br>Расчет массоотдачи при конденсации из парогазовой смеси                                                                                                                                                                       |
| 26       | Конструкторский расчет теплообменных аппаратов<br>Составление теплового баланса, определение средней логарифмической разности температур, теплопередачи, поверхности теплообмена.                                                                                                     |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы              |
|----------|-----------------------------------------|
| 1        | Проработка лекционного материала.       |
| 2        | Подготовка к лабораторным работам.      |
| 3        | Подготовка к практическим занятиям.     |
| 4        | Самостоятельное изучение некоторых тем. |
| 5        | Подготовка к промежуточной аттестации.  |
| 6        | Подготовка к текущему контролю.         |

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| №<br>п/п | Библиографическое описание                                                                                                                                                                                                   | Место доступа                                                                                                                                                                                                       |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1        | Тепломассообмен: учебное пособие для вузов. Кудинов А.А. Издательство: НИЦ ИНФРА-М, 2022. – 375 с. ISBN: 978-5-16-009965-1                                                                                                   | <a href="https://znanium.ru/catalog/document?id=399512">https://znanium.ru/catalog/document?id=399512</a>                                                                                                           |
| 2        | Задачник по теплопередаче: учебное пособие. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Издательство: Транспортная компания, 2021. – 287 с., ISBN 978-5-4365-6397-8                                                                       | <a href="https://book.ru/books/939123">https://book.ru/books/939123</a>                                                                                                                                             |
| 3        | Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 308 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01738-0. | <a href="https://urait.ru/viewer/teplotehnika-v-2-t-tom-1-termodinamika-i-teoriya-teploobmena-560724#page/1">https://urait.ru/viewer/teplotehnika-v-2-t-tom-1-termodinamika-i-teoriya-teploobmena-560724#page/1</a> |
| 4        | Термодинамика и теплопередача : учебное пособие / В. Г. Шахов. — Самара : Самарский университет, 2022. — 164 с. — ISBN 978-5-7883-1722-9.                                                                                    | <a href="https://e.lanbook.com/book/336659">https://e.lanbook.com/book/336659</a> (дата обращения: 24.01.2025).                                                                                                     |
| 5        | Теплоэнергетика железнодорожного транспорта: справочно-методическое пособие для инженеров-теплотехников железнодорожного транспорта. М.: ФГБОУ , 2006. – 345с. ISBN: 5-79876-0114-9                                          | Научно- техническая библиотека РУТ (МИИТ)                                                                                                                                                                           |
| 6        | Методические указания к лабораторным работам по дисциплинам «Теплотехника», «Термодинамика и теплопередача». Воронова Л.А., Гусев Г.Б., Костин А.В. М.: МИИТ , 2011. – 36 с.                                                 | Научно- техническая библиотека РУТ (МИИТ)                                                                                                                                                                           |
| 7        | Термодинамика и тепломассообмен (основы теории, задачи и расчётные соотношения). Минаев Б.Н., Костин А.В., Воронова Л.А. М.: МИИТ , 2013. – 75 с.                                                                            | Научно- техническая библиотека РУТ (МИИТ)                                                                                                                                                                           |

|   |                                                                                                                                                                 |                                          |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 8 | Термодинамика и теплопередача. Методические указания к курсовому проектированию. Минаев Б.Н., Костин А.В., Фроликов И.И., Воронова Л.А. М.: МИИТ, 2015. – 26 с. | Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>).

ЭБС издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>).

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Используются возможности программного пакета Microsoft Office. Специализированная программа Mathcad. База тестовых заданий для контроля остаточных знаний по курсу в оболочке АСТ – МИИТ (100 заданий).

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Аудитории для проведения лекций и практических занятий с мультимедийным оборудованием. Аудитории кафедры со стендами для проведения лабораторных работ.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 3 семестре.

Экзамен в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

старший преподаватель кафедры  
«Теплоэнергетика транспорта»  
Института транспортной техники и  
систем управления

А.С. Селиванов

Согласовано:

Заведующий кафедрой ТТ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

А.В. Дмитренко

С.В. Володин