

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I»
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

Кафедра «Теоретические основы электротехники и энергетики»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
Б1.0.23 «ТЕПЛОМАССООБМЕН»
для направления
13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
по профилю
«Промышленная теплоэнергетика»
Форма обучения – очная

Санкт-Петербург
2026

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЙ

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
«Теоретические основы электротехники и энергетики»
Протокол № 7 от 13 января 2026 г.

Заведующий кафедрой
*«Теоретические основы электротехники и
энергетики»*
13 января 2026 г.

К.К. Ким

СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО
13 января 2026 г.

Е.Л. Рыжова

1. Цели и задачи дисциплины

Рабочая программа дисциплины «Тепломассообмен» (Б1.О.23) (далее – Тепломассообмен) составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» (далее - ФГОС ВО), утвержденного 27.03.2018 г., приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №218.

Целью изучения дисциплины «Тепломассообмен» является изучение научных основ теплотехнических процессов, передачи и использования тепловой энергии, а также подготовка специалистов к решению теплотехнических задач в области их профессиональной деятельности.

Для достижения поставленных целей решаются следующие задачи:

- Изучить методы расчета краевых задач теории теплопроводности; теорию подобия тепловых процессов; основные расчетные зависимости для задач конвективного теплообмена, массопереноса и теплообмена излучением;
- Уметь использовать справочную и нормативную литературу, диаграммы и таблицы теплофизических характеристик жидкостей и материалов;
- Производить теплотехнические и расчеты нагнетателей и двигателей внутреннего сгорания по типовым методикам;
- Овладеть методами расчета с помощью вычислительной техники любых процессов, связанных с переносом тепловой энергии и массообменом; способами оценки погрешности выполненных расчетов численными методами.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе бакалавриата индикаторами достижения компетенций

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю) является формирование у обучающихся компетенций и/или части компетенций. Сформированность компетенций и/или части компетенций оценивается с помощью индикаторов достижения компетенций.

Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>ОПК-3. Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</i>	
<i>ОПК-3.1.1. Знает основные способы получения, преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.</i>	Обучающийся знает: - основные способы получения, преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.
<i>ОПК- 3.2.1. Умеет демонстрировать применение основных способов получения преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.</i>	Обучающийся умеет: - демонстрировать применение основных способов получения преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах, методик расчетов теплоэнергетических установок и систем
<i>ОПК- 3.3.1. Имеет навыки применения основных способов получения преобразования, транспортировки и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.</i>	Обучающийся имеет навыки: - применения основных способов получения преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах, стандартных методик теплотехнических расчетов теплогенерирующих установок.

3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1 «Дисциплины (модули)» - «Тепломассообмен» (Б1.О.23).

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Модуль	Модуль
		1	2
Контактная работа (по видам учебных занятий)	144	80	64
В том числе:			
- лекции (Л)	48	32	16
- практические занятия (ПЗ)	48	16	32
- лабораторные работы (ЛР)	48	32	16
Самостоятельная работа (СРС) (всего)	140	64	76
Контроль	40	36	4
Форма контроля (промежуточной аттестации)		Э	3, КР
Общая трудоёмкость: час / з.е.	324/9	180/5	144/4

Примечание: «Форма контроля» – экзамен (Э), зачет (З), курсовая работа (КР)

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и содержание рассматриваемых вопросов

Для очной формы обучения

№ п/п Модуль	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Индикаторы достижения компетенций
Модуль 1 (4 семестр)			
1	Введение. Виды теплообмена. Основные положения теории теплопроводности.	Лекция 1. Тема – Виды теплообмена. Основные положения теории теплопроводности. (2 часа)	ОПК-3.1.1.
		Лекция 2. Тема – Температурное поле. Температурный градиент. Закон Фурье. Тепловой поток. Плотность теплового потока. Нестационарные процессы. (2 часа)	
		Лабораторная работа №1. Тема - Определение коэффициента теплопроводности методом шара. (4 часа)	ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №1. Тема - Закон Фурье. Плотность теплового потока. Нестационарные процессы. (2 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (8 часов)	
2	Дифференциальные уравнения теплопроводности. Условия однозначности.	Лекция 3. Тема – Дифференциальные уравнения теории теплопроводности. Уравнения Фурье, Лапласа, Пуассона. Начальные и граничные условия в задачах теплопроводности. (2 часа)	ОПК-3.1.1.

	Методы решения задач теплопроводности.	Лекция 4. Тема – Постановка краевых задач. Аналитический, графический и численный методы решения задач. Оценка погрешности приближенного решения. (2 часа)	
		Лабораторная работа №2. Тема - Определение коэффициента теплопроводности твёрдых тел методом цилиндрического слоя. (4 часа)	ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №2. Тема - Применение дифференциальных уравнений теплопроводности для решения задач. (2 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (10 часов)	
3	Теплофизические характеристики материалов и методы их определения.	Лекция 5. Тема - Теплофизические характеристики материалов: теплопроводность, температуропроводность, удельная теплоемкость. Метод регулярного теплового режима и его использование для определения теплофизических характеристик материалов. (3 часа)	ОПК-3.1.1.
		Лекция 6. Тема - Теплоизоляционные материалы. Теплопроводность металлов, газов и жидкостей. (2 часа)	ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Лабораторная работа №3. Тема - Определение коэффициента теплоотдачи методом регулярного режима. (5 часов)	
		Практическое занятие №3. Тема - Определение теплофизических характеристик материалов. (2 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (10 часов)	
4	Конвективный теплообмен. Основные понятия. Краевая задача теплообмена.	Лекция 7. Тема - Основные понятия конвективного теплообмена. Режимы течения жидкостей. Пограничный слой. (2 часа)	ОПК-3.1.1.
		Лекция 8. Тема - Краевая задача конвективного теплообмена. Методы решения краевых задач. Сопряженные задачи. (2 часа)	

5.2. Разделы дисциплины и виды занятий
Для очной формы обучения

		Лабораторная работа №4. Тема - Определение коэффициента теплоотдачи при естественной конвекции воздуха. (4 часа) Практическое занятие №4. Тема - Методы решения краевых задач. (2 часа) Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (10 часов)				ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
5	Теория подобия в задачах конвективного теплообмена. Критерии подобия.	Лекция 9. Тема - Теория подобия тепловых процессов в задачах конвективного теплообмена. Получение критериальных уравнений теоремы подобия. (3 часа) Лекция 10. Тема - Основные критерии подобия и их физический смысл. (2 часа)				ОПК-3.1.1.
		Лабораторная работа №5. Тема – Определение коэффициента теплопередачи в пластинчатом водо-водяном теплообменном аппарате. (5 часов)				ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №5. Тема - Методы обобщения экспериментальных данных на основе теории подобия. Работа со справочными изданиями, определение основных критериев подобия. (2 часа)				
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (8 часов)				
6	Отдельные случаи конвективного теплообмена.	Лекция 11. Тема - Конвективный теплообмен при движении жидкости в трубах при ламинарном и турбулентном течении. (3 часа) Лекция 12. Тема - Поперечное обтекание одиночной трубы и пучка труб. Теплоотдача при естественной конвекции. (2 часа)				ОПК-3.1.1.
		Лабораторная работа №6. Тема – Определение коэффициента теплоотдачи при ламинарном и турбулентном течении жидкости в трубе. (5 часов)				ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №6. Тема - Определение среднего температурного напора между теплоносителями. (3 часа)				
№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Л	ПЗ	ЛР	СРС	Всего
1	2	3	4	5	6	7
Модуль 1 (4 семестр)						

		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (8 часов)	
7	Теплообмен при фазовых превращениях вещества. Теплообмен при конденсации пара.	Лекция 13. Тема - Теплообмен при кипении жидкостей. Кривая кипения. Критические плотности тепловых потоков при кипении. Основные расчетные формулы. (3 часа) Лекция 14. Тема - Теплообмен при конденсации пара. Капельная и пленочная конденсации. Течение пленки конденсата на вертикальной стенке. Конденсация пара на пучках труб. (2 часа)	ОПК-3.1.1.
		Лабораторная работа №7. Тема – Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении воды. (5 часов)	ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №7. Тема - Теплообмен при фазовых превращениях. (3 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (10 часов)	
Модуль 2 (5 семестр)			
8	Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения.	Лекция 15. Тема - Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения и определения. (2 часа) Лекция 16. Тема - Излучательная и поглощательная способности тел. Теплообмен между твердыми телами. Теплообмен при наличии экранов. (2 часа)	ОПК-3.1.1.
		Лабораторная работа №8. Тема - Определение коэффициента теплоотдачи при плёночном режиме кипения жидкости методом регулярного режима. (4 часа)	ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.
		Практическое занятие №8. Тема - Теплообмен излучением. (3 часа) Практическое занятие №9. Тема – Изучение конструкций и принципов работы, теплотехнический расчет теплообменных аппаратов. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического	

		материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (14 часов)	
9	Излучение и поглощение энергии газами.	Лекция 17. Тема - Спектр излучения и поглощения энергии газами. Зависимости коэффициента теплового излучения газов от температуры. Плотность потока излучения газа к окружающим его поверхностям. Средняя длина лучей для газовых тел различной формы. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1.</i>
		Лабораторная работа №9. Тема – Определение степени черноты тела. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.</i>
		Практическое занятие №10. Тема - Зависимость коэффициента теплового излучения газов от температуры. (2 часа)	
		Практическое занятие №11. Тема – Изучение конструкций и принципов работы, теплотехнический расчет теплообменных аппаратов. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (14 часов)	
10	Сложный теплообмен. Теплопередача.	Лекция 18. Тема - Сложный теплообмен в теплоэнергетических установках. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1.</i>
		Лекция 19. Тема - Ребристая стенка. Виды ребрения. Расчет теплопередачи через ребристую стенку. Приведенный коэффициент теплопередачи. (2 часа)	
		Лабораторная работа №10. Тема – Исследование теплообмена излучением. (4 часа)	<i>ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.</i>
		Практическое занятие №12. Тема – Интенсификация теплопередачи. Многослойная плоская стенка. Теплопередача через ребристую плоскую стенку. Передача теплоты через цилиндрическую стенку. (3 часа)	
		Практическое занятие №13. Тема – Изучение конструкций и принципов работы, теплотехнический расчет теплообменных аппаратов. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций	

		и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (16 часов)	
11	Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции.	Лекция 20. Тема - Расчет толщины тепловой изоляции. Особенности изоляции трубопроводов. Критический диаметр изоляции и метод его расчета. Полное термическое сопротивление трубы с теплоизоляцией. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1.</i>
		Лабораторная работа №11. Тема – Определение коэффициента теплопередачи через цилиндрическую стенку. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.</i>
		Практическое занятие №14. Тема – Расчет толщины тепловой изоляции. (2 часа)	
		Практическое занятие №15. Тема – Изучение конструкций и принципов работы, теплотехнический расчет теплообменных аппаратов. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка к выполнению задания текущего контроля. (16 часов)	
12	Основы массообмена.	Лекция 21. Тема - Основы массообмена. Молекулярная и конвективная диффузия вещества. Закон Фика. Градиент концентрации вещества. Конвективная массоотдача. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1.</i>
		Лекция 22. Тема - Диффузионный пограничный слой. Диффузионный критерий Прандтля. Расчет испарения воды при движении над ее поверхностью воздуха. (2 часа)	<i>ОПК-3.1.1. ОПК- 3.2.1. ОПК- 3.3.1.</i>
		Лабораторная работа №12. Тема – Определение коэффициента теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе». (4 часа)	
		Практическое занятие №16. Тема – Расчет испарения воды при движении над ее поверхностью воздуха. (2 часа)	
		Практическое занятие №17. Тема – Изучение конструкций и принципов работы, теплотехнический расчет теплообменных аппаратов. (4 часа)	
		Самостоятельная работа. Подготовка и дополнение текстов лекций по теме. Подготовка к лабораторным и практическим занятиям (изучение теоретического материала с использованием текстов лекций и рекомендованной литературы). Подготовка	

		к выполнению задания текущего контроля. (16 часов)				
1	Введение. Виды теплообмена. Основные положения теории теплопроводности.	4	2	4	8	18
2	Дифференциальные уравнения теплопроводности. Условия однозначности. Методы решения задач теплопроводности.	4	2	4	10	20
3	Теплофизические характеристики материалов и методы их определения.	5	2	5	10	22
4	Конвективный теплообмен. Основные понятия. Краевая задача теплообмена.	4	2	4	10	20
5	Теория подобия в задачах конвективного теплообмена. Критерии подобия.	5	2	5	8	20
6	Отдельные случаи конвективного теплообмена.	5	3	5	8	21
7	Теплообмен при фазовых превращениях вещества. Теплообмен при конденсации пара.	5	3	5	10	23
Итого		32	16	32	64	144
Контроль						36
Всего (общая трудоемкость, час.)						180
Модуль 2 (5 семестр)						
8	Теплообмен излучением. Основные законы теплового излучения.	4	7	4	14	29
9	Излучение и поглощение энергии газами.	2	6	2	14	24
10	Сложный теплообмен. Теплопередача.	4	7	4	16	31
11	Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции.	2	6	2	16	26
12	Основы массообмена.	4	6	4	16	30
Итого		16	32	16	76	140
Контроль						4
Всего (общая трудоемкость, час.)						144
Всего (общая трудоемкость, час.)						324

6. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Оценочные материалы по дисциплине является неотъемлемой частью рабочей программы и представлены отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Порядок изучения дисциплины следующий:

1. Освоение разделов дисциплины производится в порядке, приведенном в разделе 5 «Содержание и структура дисциплины». Обучающийся должен освоить все разделы дисциплины, используя методические материалы дисциплины, а также учебно-методическое обеспечение, приведенное в разделе 8 рабочей программы.

2. Для формирования компетенций обучающийся должен представить выполненные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, предусмотренные текущим контролем успеваемости (см. оценочные материалы по дисциплине).

3. По итогам текущего контроля успеваемости по дисциплине, обучающийся должен пройти промежуточную аттестацию (см. оценочные материалы по дисциплине).

8. Описание материально-технического и учебно-методического обеспечения, необходимого для реализации образовательной программы бакалавриата по дисциплине

8.1. Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой бакалавриата, укомплектованные специализированной учебной мебелью и оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: настенным экраном (стационарным или переносным), маркерной доской и (или) меловой доской, мультимедийным проектором (стационарным или переносным).

Все помещения, используемые для проведения учебных занятий и самостоятельной работы, соответствуют действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

Для проведения лабораторных работ используются лаборатории кафедры оснащенные специализированными измерительными средствами, лабораторными стендами.

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

8.2. Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства:

- MS Office;
- Операционная система Windows;
- Антивирус Касперский;
- Программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

8.3. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к современным профессиональным базам данных:

- Профессиональные справочные системы Техэксперт – электронный фонд правовой и нормативно – технической документации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.cntd.ru/>, свободный – Загл. с экрана;

8.4. Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ) к информационным справочным системам:

- Электронная библиотека НЕБ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elibrary.ru> – свободный – Загл. с экрана;
- Электронная библиотека онлайн «Единое окно к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://window.edu.ru>, свободный. — Загл. с экрана.
- Электронно-библиотечная система ibooks.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ibooks.ru/> — Загл. с экрана.

8.5. Перечень печатных изданий, используемых в образовательном процессе:

Учебная литература:

1. Киселев И.Г. «Теплотехника на подвижном составе железных дорог» М.: УМЦ по оборудованию на ж. д. транспорте, 2008г. – 287с.

2. Киселев И.Г., Крылов Д.В. Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. СПб.: ПГУПС, 2012г. – 18 с.

3. Кудрин М.Ю. Теплотехника. Теоретические основы и физическое моделирование: Учебное пособие СПб. ПГУПС, 2019. - 75с.

Дополнительная литература:

1. Карминский В.Д. Техническая термодинамика и теплопередача. – Учебник для вузов.- М.: Маршрут, 2005 г. – 224с.

2. Луканин В.Н. и др. Теплотехника. Учеб. для вузов. –М.: Высшая школа. – 2010. – 671 с.

8.6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», используемых в образовательном процессе:

1. Личный кабинет обучающегося и электронно - образовательная среда [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sdo.pgups.ru/> (для доступа к полнотекстовым требуется авторизация).
2. Электронная библиотечная система ЛАНЬ [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система ibooks.ru [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://ibooks.ru/>
4. Электронная библиотека ЮРАЙТ [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://biblio-online.ru/>
5. Электронная библиотека «Единое окно к образовательным ресурсам» [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://window.edu.ru>

Разработчик рабочей программы, *доцент*
«13» __01__ 2026 г.

Е.Л. Рыжова