

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института
А. И. Елкин
« 30 08 » 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«ОСНОВЫ ТЕПЛОМАССОБМЕНА»

направление подготовки / специальность

13.03.03 – энергетическое машиностроение

направленность (профиль) подготовки

Двигатели внутреннего сгорания

г. Владимир

Год
2022

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Основы тепломассообмена» является:

- изучение фундаментальных законов тепломассообмена, особенностей процессов передачи теплоты в различных термодинамических средах;
- изучение параметров, позволяющих дать качественную и количественную характеристику процессов передачи теплоты;
- формирование навыков анализа процессов тепломассообмена в машинах и аппаратах, их агрегатах и узлах, в окружающей среде;
- изучение основных закономерностей процессов тепломассообмена, протекающих в тепловых двигателях, холодильных установках и др. агрегатах.

Задачи:

- ознакомить студентов с параметрами, характеризующими состояние рабочих тел, указать на взаимосвязи между параметрами состояния;
- сформировать навыки использования законов передачи теплоты при проектировании и совершенствовании энергетических установок;
- дать представление об основных процессах передачи и преобразования теплоты в двигателях и холодильных установках;

обучить студентов основам оценки эффективности энергетических машин и установок.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Основы тепломассообмена» относится к обязательной части блок Б1 структуры программы бакалавриата.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1. Знает соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. ОПК-3.2. Умеет использовать соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач. ОПК-3.3. Владеет соответствующим физико-	Знает законы тепломассообмена в энергетических установках, тенденции развития энергетических машин. Умеет анализировать протекание рабочих процессов в соответствии с современными представлениями, применять существующие регламенты и стандарты при проектировании машин. Владеет современным физико-математическим аппаратом для проведения соответствующих работ, теоретических и	Экзамен

	математическим аппаратом, методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.	экспериментальных исследований при совершенствовании техники.	
--	--	---	--

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 10 зачетных единиц, 360 часов.

Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	Предмет и задачи дисциплины	4	1	2				12	
2	Теплопроводность	4	2-3	4	2	4		20	
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности	4	4	2	2			20	
3	Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки	4	5	2	2			20	
4	Пути интенсификации теплопередачи	4	6-7	4	2	4		20	Рейтинг-контроль № 1
5	Критический диаметр тепловой изоляции	4	8-9	4	2			30	
6	Конвективный теплообмен	4	10-11	4	2	4		20	
7	Основы теории подобия	4	12-13	4	2	2		20	Рейтинг-контроль № 2
8	Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки	4	14	2	2			30	
9	Тепловое излучение	4	15-16	4	2	4		20	
10	Тепло- и массоперенос во влажных телах	4	17	2				20	
11	Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии	4	18	2				20	Рейтинг-контроль № 3
Всего за 4 семестр:				36	18	18		252	Экзамен (36)
Наличие в дисциплине КП/КР									
Итого по дисциплине				36	18	18		252	Экзамен (36)

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Предмет и задачи дисциплины

Содержание темы: Предмет и задачи дисциплины «Основы теплообмена», основные понятия и определения.

Раздел 2. Теплопроводность

Содержание темы: Теплопроводность. Закон Фурье. Градиент температуры. Тепловой поток, плотность теплового потока. Коэффициент теплопроводности

Раздел 3. Дифференциальное уравнение теплопроводности

Содержание темы: Дифференциальное уравнение теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Свойства дифференциального уравнения теплопроводности. Источник и стоки теплоты.

Раздел 4. Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки

Содержание темы: Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки при граничных условиях первого и третьего рода. Регулярный режим теплопроводности.

Раздел 5. Пути интенсификации теплопередачи

Содержание темы: Пути интенсификации теплопередачи. Анализ коэффициента теплопередачи. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.

Раздел 6. Критический диаметр тепловой изоляции

Содержание темы: Критический диаметр тепловой изоляции. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета. Графики изменения температуры в прямоточном и противоточном теплообменниках

Раздел 7. Конвективный теплообмен

Содержание темы: Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя. Основное уравнение конвективного теплообмена

Раздел 8. Основы теории подобия

Содержание темы: Основы теории подобия, вывод критерия Нуссельта. Критериальные уравнения. Коэффициент теплоотдачи и порядок его расчета. Конвекция при свободном движении газа. Конвекция при турбулентном и ламинарном движении жидкости в трубах

Раздел 9. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки

Содержание темы: Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки. Критерии Био и Фурье

Раздел 10. Тепловое излучение

Содержание темы: Тепловое излучение. Основные понятия и определения. Законы теплового излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран. Теплообмен при высоких скоростях движения газа

Раздел 11. Тепло- и массоперенос во влажных телах

Содержание темы: Тепло- и массоперенос во влажных телах. Основные виды связи влаги с материалом

Раздел 12. Градиент влагосодержания

Содержание темы: Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, термодиффузия, концентрационная диффузия, суммарный массоперенос)

Содержание практических занятий по дисциплине

4 семестр

Раздел 2. Теплопроводность

Теплопроводность. Закон Фурье. Градиент температуры. Тепловой поток, плотность теплового потока. Коэффициент теплопроводности.

Решение задач.

Раздел 3. Дифференциальное уравнение теплопроводности

Дифференциальное уравнение теплопроводности.

Решение задач.

Раздел 4. Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки

Теплопроводность через плоскую однослойную и многослойную стенки.

Решение задач.

Раздел 5. Пути интенсификации теплопередачи

Пути интенсификации теплопередачи. Анализ коэффициента теплопередачи. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.

Решение задач.

Раздел 6. Критический диаметр тепловой изоляции

Критический диаметр тепловой изоляции. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета.

Решение задач.

Раздел 7. Конвективный теплообмен

Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя. Основное уравнение конвективного теплообмена.

Решение задач.

Раздел 8. Основы теории подобия

Коэффициент теплоотдачи и порядок его расчета. Конвекция при свободном движении газа. Конвекция при турбулентном и ламинарном движении жидкости в трубах.

Решение задач.

Раздел 9. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки

Теплопередача через плоскую и цилиндрическую однослойную и многослойную стенки.

Критерии Био и Фурье.

Решение задач.

Раздел 10. Тепловое излучение

Законы теплового излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана и Кирхгофа. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран. Теплообмен при высоких скоростях движения газа.

Решение задач.

Раздел 11. Тепло- и массоперенос во влажных телах

Тепло- и массоперенос во влажных телах.

Основные виды связи влаги с материалом.

Решение задач.

Раздел 12. Градиент влагосодержания

Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, термодиффузия, концентрационная диффузия, суммарный массоперенос).

Содержание лабораторных занятий по дисциплине 4 семестр

Раздел 2. Теплопроводность

Определение коэффициента теплопроводности

Раздел 5. Пути интенсификации теплопередачи

Определение коэффициента теплоотдачи оребренной поверхности

Раздел 7. Конвективный теплообмен

Определение коэффициента теплоотдачи

Раздел 8. Основы теории подобия

Определение коэффициента теплопередачи

Раздел 10. Тепловое излучение

Определение степени черноты реального тела методом сравнения с эталоном.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости

Задания на рейтинг-контроль 4 семестр

Рейтинг-контроль №1

1. Нестационарное температурное поле.
2. Что называется градиентом температуры.
3. Уравнение закона Фурье.
4. Стационарное температурное поле
5. Одно-, двух- и трёхмерное стационарное температурное поле.
6. Плотность теплового потока.
7. Запишите уравнение, по которому определяется величина теплового потока, проходящего через однослойную плоскую стенку.
8. Запишите выражение, определяющее градиент температуры
9. Запишите зависимость, называемую законом Фурье для теплопроводности.
10. Запишите зависимость, по которой определяют тепловой поток через трёхслойную плоскую стенку.
11. Запишите зависимость, по которой определяют тепловой поток через трёхслойную цилиндрическую стенку.
12. Запишите зависимость, по которой определяют тепловой поток через многослойную цилиндрическую стенку.
13. Запишите зависимость, по которой определяют тепловой поток через шаровую поверхность.
14. Запишите формулу по которой определяется средняя площадь поверхности шаровой стенки произвольной формы.
15. Запишите математическое выражение, которое называют оператором Лапласа.
16. Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для трехмерного нестационарного температурного поля без внутренних источников теплоты.
17. Запишите выражение определяющее коэффициент температуропроводности.
18. Свойства коэффициента теплопроводности металлов.
19. Свойства коэффициента теплопроводности теплоизоляционных и строительных материалов.
20. Какой вид имеет распределение температуры в стенке цилиндрической трубы?

Рейтинг-контроль №2

1. Что называется теплопередачей?
2. Какие критерии являются определяющими?
3. Запишите критериальное уравнение
4. Чему равно значение критерия Прандтля, если толщина динамического пограничного слоя больше теплового слоя?
5. Какую размерность имеет коэффициент теплоотдачи?
6. Какую размерность имеет коэффициент теплопередачи.

7. Запишите уравнение Ньютона – Рихмана.
8. Запишите уравнение теплового потока, передаваемого теплопередачей через однослойную плоскую стенку.
9. Запишите уравнение коэффициента теплопередачи через однослойную плоскую стенку.
10. Чем отличаются друг от друга свободная и вынужденная конвекция?
11. Запишите условие, при котором примененная изоляция вызывает уменьшение теплотерьер цилиндрической стенки по сравнению с трубопроводом без изоляции.
12. Что называется коэффициентом оребрения?
13. В каких веществах наблюдается конвекция?
14. В каких пределах значений критерия Рейнольдса поток газа может оставаться ламинарным?
15. Что называется динамическим пограничным слоем?
16. Запишите уравнение граничного условия третьего рода.
17. Как изменяется толщина динамического пограничного слоя с увеличением вязкости жидкости.
18. Запишите уравнение для определения критерия Прандтля.
19. Как изменяется толщина динамического пограничного слоя на поверхности канала в случае турбулентного движения жидкости.
20. Каким критерием определяется характер движения жидкости?

Рейтинг-контроль №3

1. Запишите критериальное уравнение, которое необходимо применять при свободном движении среды?
2. Что характеризует собой критерий Нуссельта?
3. Каким выражением определяется коэффициент поглощения?
4. Какой теплообменный аппарат имеет наибольший КПД?
5. Запишите уравнение для расчета теплообменных аппаратов.
6. Запишите закон Стефана-Больцмана для лучистого потока, распределяемого между двумя пластинами.
7. Сформулируйте закон Вина.
8. Запишите уравнение для определения степени черноты тела?
9. Во сколько раз уменьшится поток лучистой энергии между двумя телами при установке одного экрана между ними при условии равенства их степени черноты?
10. При каком значении критерия Рейнольдса одиночная труба омывается безотрывно набегающим потоком жидкости.
11. В каком сечении вдоль вертикальной трубы в случае свободного ламинарного движения потока значение коэффициента теплоотдачи будет наибольшим?
12. Какой параметр является определяющим при расчете величины α горизонтальной трубы при свободном движении воздуха?
13. Что называется кипением?
14. Сформулируйте условие кипения на твердой поверхности.
15. Что называется диффузией?
16. Что называется массообменном?
17. Сформулировать закон Фика.
18. Каким образом может быть удалена из вещества химически связанная влага?
19. Что характеризует критерий Лыкова?
20. Что называется коэффициентом эффективности ребра?

5.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен

Контрольные вопросы к экзамену

4 семестр

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку.
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку.
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку.
6. Теплопроводность через шаровую поверхность.
7. Теплопроводность тел произвольной формы.
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности.
9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенки.
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода.
11. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок.
12. Теплопередача через шаровую поверхность при граничных условиях 3-го рода.
13. Теплопередача прямого ребра переменного сечения.
14. Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя.
15. Пограничный слой. Критерий Прандтля.
16. Уравнение конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи.
17. Основы теории подобия. Вывод критерия Нуссельта.
18. Критериальные уравнения.
19. Конвекция при ламинарном течении жидкости в трубах.
20. Конвекция при турбулентном течении жидкости в трубах.
21. Теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы.
22. Основные понятия теплового излучения.
23. Законы излучения: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгоффа, Ламберта.
24. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран.
25. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета.
26. Определения среднего логарифмического температурного напора.
27. Теплообмен жидких металлов.
28. Теплообмен при высоких скоростях движения газа.
29. Конвекция при свободном движении газа.
30. Теплообмен при кипении. Минимальный радиус пузырька.
31. Теплообмен при конденсации.
32. Тепло и массоперенос во влажных телах.
33. Основные виды связи влаги с материалом.
34. Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, термодиффузия, концентрационная диффузия, суммарный массоперенос).
35. Критический диаметр цилиндрической стенки.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Самостоятельная работа включает в себя практику подготовки рефератов, презентаций и докладов по ним. Материалы, используемые студентами при самостоятельной работе, перечислены в разделе 6. «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины».

Перечень рефератов для СРС

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку

6. Теплопроводность через шаровую поверхность
7. Теплопроводность тел произвольной формы
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности
9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенки
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература*		
1. В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк, Теплотехника [Электронный ресурс] Учебное пособие, Абрис, 2012	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200445.html
2. В. И. Ляшков, Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс]. Учебное пособие для ВУЗов, 2012. Абрис	2012	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200513.html
3. Теплотехника: учебник для студ. Высш.учеб. заведений /М.Г. Шатров, И.Е. Иванов, С.А. Пришвин и др.; под ред. М.Г. Шатрова. – 2-е изд., испр. – Издательский центр «Ака-демия», 2012, – 288 с. – (Сер. Бакалавриат), «Библиотех»	2012	https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19579092
Дополнительная литература		
1. В.М. Басуров, А.Ю. Абаляев Сборник задач по технической термодинамике и теплообмену / Владим. гос.ун-т, 2015	2015	http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/4085
2. Рыжков С.В. "Основы теплообмена: Учеб. пособие по курсу "Теория теплообмена" [Электронный ресурс] - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007	2007	http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785703829431.html
3. В.М. Басуров, В.Ф. Гуськов. Техническая термодинамика и теория теплообмена: Методические указания к выполнению контрольных работ / Владим. гос. ун-т, 2012	2012	http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/2681
4. В.М. Басуров, В.Ф. Гуськов, А.Ю. Абаляев. Теплотехника: Практикум/ Владим. гос. ун-т, 2018	2018	http://e.lib.vlsu.ru:80/handle/123456789/6607

6.2. Периодические издания

Ежемесячный теоретический и научно-практический журнал «Теплоэнергетика»

6.3. Интернет-ресурсы

1. Онлайн справочник по свойствам веществ и материалов thermalinfo.ru
<http://thermalinfo.ru>
2. Онлайн конвертер единиц измерения <https://www.translatorscafe.com/unit-converter/ru-RU/>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Лекционные занятия проводятся в аудитории 301-2 оснащенной проектором.

Практические занятия проводятся в аудиториях 301-2, 304-2, 308-2, оснащенных проектором, справочными и демонстрационными материалами.

Лабораторные занятия проводятся в аудитории 308-2 оснащенной справочными и демонстрационными материалами, установкой для определения коэффициентов теплопроводности материалов, установкой для определения коэффициента теплоотдачи, установкой для определения коэффициента теплопередачи, установкой по изучению степени черноты реального тела методом сравнения с эталоном.

Самостоятельная работа студентов проводится в аудиториях 304-2, 334-2 оснащенных справочными материалами, компьютерами, доступом к сетевым ресурсам управления и интернет, лицензионным программным обеспечением Matlab R2010b, Mathcad 14.0M011.

Рабочую программу составил
к.т.н.



А. Ю. Абаляев

Рецензент

(представитель работодателя) специалист по сертификации АО «Камешковский механический завод», Владимирская область, г. Камешково
д.т.н.

А. Р. Кульчицкий



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры _____

Протокол № 1 от 30.08.2012 года

Заведующий кафедрой



А. Ю. Абаляев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 – энергетическое машиностроение

Протокол № 1 от 30.08.2012 года

Председатель комиссии,

д.т.н., профессор



А. Н. Гоц

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20 ____ / 20 ____ учебный года

Протокол заседания кафедры № ____ от ____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

«Основы теплообмена»

образовательной программы направления подготовки 13.03.03 – энергетическое машиностроение,

направленность: *двигатели внутреннего сгорания*

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой _____ / _____

*Подпись**ФИО*