

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**  
**ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
И.о. проректора по учебной работе

\_\_\_\_\_  
(подпись) **Василенко В. Н.**  
(ф.и.о.)  
"30" мая 2024 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тепломассообмен**

Направление подготовки

**13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Направленность (профиль) подготовки

**Промышленная теплоэнергетика**

Квалификация выпускника

**Бакалавр**

Воронеж

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины (модуля) «Тепломассообмен» является формирование компетенций обучающегося в области профессиональной деятельности и сфере профессиональной деятельности:

- 16 Строительство и жилищно-коммунальное хозяйство (в сфере проектирования и эксплуатации объектов теплоэнергетики и теплотехники);
- 20 Электроэнергетика (в сферах теплоэнергетики и теплотехники).

Дисциплина направлена на решение задач профессиональной деятельности следующих типов:

- производственно-технологический;
- проектно-конструкторский;
- организационно-управленческий;
- наладочный;
- сервисно-эксплуатационный.

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень образования - бакалавриат).

## 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК – 4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-6 <sub>опк-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы
			ИД-7 <sub>опк-4</sub> – Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-6 <sub>опк-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	Знает основные законы и способы переноса теплоты и массы
	Умеет применять основные законы и способы переноса теплоты и массы
	Имеет навыки в применении основных законов и способов переноса теплоты и массы
ИД-7 <sub>опк-4</sub> – Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	Знает основы теплообмена в теплотехнических установках
	Умеет применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках
	Имеет навыки в применении основ теплообмена в теплотехнических установках

## 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы ВО

Дисциплина «Тепломассообмен» относится к обязательной части Блока 1 основной образовательной программы по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», уровень образования - бакалавриат). Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина «Тепломассообмен» основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении дисциплин: «Математика», «Физика», «Техническая термодинамика» и дисциплин среднего образования.

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин «Котельные установки и парогенераторы», «Тепловые двигатели и нагнетатели», для проведения следующих практик: Производственная практика, эксплуатационная практика, Производственная практика, преддипломная практика.

#### 4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет **8** зачетных единиц.

Виды учебной работы	Всего академических часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам	
		4	5
		Акад. ч	Акад. ч
Общая трудоемкость дисциплины	<b>288</b>	<b>180</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия</b>	<b>118,85</b>	<b>73</b>	<b>45,85</b>
Лекции	33	18	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные занятия	18	18	-
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия (ПЗ)	66	36	30
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Консультации текущие	1,65	0,9	0,75
Консультация перед экзаменом	-	-	-
<b>Виды аттестации (зачет, зачет)</b>	0,2	0,1	0,1
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>169,15</b>	<b>107</b>	<b>62,15</b>
Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, решение задач)	33	18	15
Проработка материалов по учебникам: (собеседование, тестирование, решение задач)	80	50	30
Подготовка к защите по практическим работам: (собеседование, тестирование, решение задач)	56,15	39	17,15

#### 5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Трудоемкость раздела, часы
4 семестр			
1	Основные понятия и исходные положения теплообмена	Основной закон теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Теплопроводность шаровой стенки. Теплопроводность тел неправильной формы.	28
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Протекание процесса теплообмена. Дифференциальные уравнения теплообмена. Подобие процессов теплообмена. Обработка и обобщение результатов опытов.	36
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	Теплоотдача в неограниченном пространстве. Теплоотдача в ограниченном пространстве. Дифференциальные уравнения.	36
4	Теплоотдача и гидравлическая	Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Тепло-	36

	ское сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	отдача при поперечном омывании труб. Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской стенки.	
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба) находящихся в неограниченном объеме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объеме.	43
Консультации текущие			0,9
Зачет			0,1
5 семестр			
6	Теплообмен при фазовых превращениях	Теплоотдача при изменении агрегатного состояния жидкости. Теплоотдача при кипении жидкости. Теплоотдача при конденсации пара.	35
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	Основные законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между телами. Лучеиспускание газов. Лучеиспускание факела. Сложный теплообмен и теплопередача. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Теплопередача через шаровую и ребристую стенки. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция.	35
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	Основных способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах. Основные положения теплового расчета. Средний температурный напор. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей. Коэффициент теплопередачи. Гидромеханический расчет аппаратов. Оптимальная компоновка и к.п.д. теплообменных аппаратов.	37,15
Консультации текущие			0,75
Зачет			0,1

## 5.2 Разделы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	ЛР, час	СРО, час
4 семестр					
1.	Основные понятия и исходные положения тепломассообмена	2	4	2	20
2.	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	4	8	4	20
3.	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	4	8	4	20
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	4	8	4	20
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	4	8	4	27
Консультации текущие			0,9		
Зачет			0,1		
5 семестр					
6	Теплообмен при фазовых превращениях	5	10	-	20
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	5	10	-	20
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	5	10	-	22,15
Консультации текущие			0,75		
Зачет			0,1		

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
4 семестр			

1	Основные понятия и исходные положения теплообмена	Основной закон теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки. Теплопроводность шаровой стенки. Теплопроводность тел неправильной формы.	2
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Протекание процесса теплообмена. Дифференциальные уравнения теплообмена. Подобие процессов теплообмена. Обработка и обобщение результатов опытов.	4
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	Теплоотдача в неограниченном пространстве. Теплоотдача в ограниченном пространстве. Дифференциальные уравнения.	4
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Теплоотдача при поперечном омывании труб. Теплоотдача при движении жидкости вдоль плоской стенки.	4
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Теплоотдача при свободном движении жидкости около тел (пластина, труба) находящихся в неограниченном объеме жидкости. Свободная конвекция в ограниченном объеме.	4
5 семестр			
6	Теплообмен при фазовых превращениях	Теплоотдача при изменении агрегатного состояния жидкости. Теплоотдача при кипении жидкости. Теплоотдача при конденсации пара.	5
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	Основные законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между телами. Лучеиспускание газов. Лучеиспускание факела. Сложный теплообмен и теплопередача. Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенки. Теплопередача через шаровую и ребристую стенки. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция.	5
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	Основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах. Основные положения теплового расчета. Средний температурный напор. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей. Коэффициент теплопередачи. Гидромеханический расчет аппаратов. Оптимальная компоновка и к.п.д. теплообменных аппаратов.	5

### 5.2.2 Лабораторный практикум

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, час
4 семестр			
1	Основные понятия и исходные положения теплообмена	Теплопроводность при стационарном режиме	2
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Теплопроводность при нестационарном режиме	4
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	Основные положения конвективного теплообмена, теория подобия	4
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах	4
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Теплоотдача при свободном движении жидкости	4

### 5.2.3 Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость, час
4 семестр			
1	Основные понятия и исходные положения тепломассообмена	Теплопроводность при стационарном режиме	4
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Теплопроводность при нестационарном режиме	8
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	Основные положения конвективного теплообмена, теория подобия	8
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	Теплоотдача при вынужденном движении жидкости в трубах	8
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Теплоотдача при свободном движении жидкости	8
5 семестр			
6	Теплообмен при фазовых превращениях	Теплоотдача при конденсации пара	10
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	Тепловое излучение	10
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	Расчет теплообменник аппаратов	10

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
4 семестр			
1.	Основные понятия и исходные положения тепломассообмена	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
2.	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	27
5 семестр			
6	Теплообмен при фазовых превращениях	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	20
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов.	Изучение материалов по учебникам. Изучение материалов, изложенных в лекциях. Подготовка к защите по практическим занятиям	22,15

## **6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1 Основная литература**

1. Солодов, А. П. Тепломассообмен : учебник : в 2 томах / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков, В. И. Величко. — Москва : НИУ МЭИ, 2021 — Том 1 — 2021. — 484 с. — ISBN 978-5-7046-2460-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362531>

2. Бухмиров, В. В. Тепломассообмен : учебник : в 2 томах / В. В. Бухмиров. — Иваново : ИГЭУ, 2023 — Том 1 — 2023. — 364 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/369668>

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Зейнетдинов, Р. А. Тепломассообмен в элементах теплотехнического Оборудования. Основы тепломассообмена : учебное пособие / Р. А. Зейнетдинов. — Санкт-Петербург : СПбГАУ, 2020. — 215 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/191390>

2. Дерюгин, В. В. Тепломассообмен / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 240 с. — ISBN 978-5-507-46436-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/310160>

3. Шаров, Ю. И. Тепломассообмен : учебное пособие / Ю. И. Шаров, О. К. Григорьева. — Новосибирск : НГТУ, 2018. — 164 с. — ISBN 978-5-7782-3557-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118187>

### **6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся**

1. Подгурский, В. И. Основы тепломассообмена: практикум : учебное пособие / В. И. Подгурский. — Омск : СиБАДИ, 2023. — 73 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/353720>

2. Дмитренко, А. В. Математическое моделирование задач тепломассообмена в примерах : учебное пособие / А. В. Дмитренко. — Москва : РУТ (МИИТ), 2021. — 42 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/269462>

### **6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="https://www.elibrary.ru/defaultx.asp">https://www.elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Образовательная платформа «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
ЭБС «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
АИБС «МегаПро»	<a href="https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web">https://biblos.vsu.ru/MegaPro/Web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="http://minobrnauki.gov.ru">http://minobrnauki.gov.ru</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="http://education.vsu.ru">http://education.vsu.ru</a>

### **6.5 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

При изучении дисциплины используется программное обеспечение, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы: ЭИОС

университета, в том числе на базе программной платформы «Среда электронного обучения ЗКЛ».

**При освоении дисциплины используется лицензионное и открытое программное обеспечение**

<b>Программы</b>	<b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>
Adobe Reader XI	(бесплатное ПО) <a href="https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html">https://acrobat.adobe.com/ru/ru/acrobat/pdf-reader/volume-distribution.html</a>
Альт Образование	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно»
Microsoft Windows 8	Microsoft Open License
Microsoft Windows 8.1	Microsoft Windows Professional 8 Russian Upgrade Academic OPEN 1 License No Level#61280574 от 06.12.2012 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office Professional Plus 2010	Microsoft Open License Microsoft Office Professional Plus 2010 Russian Academic OPEN 1 License No Level #48516271 от 17.05.2011 г. <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Microsoft Office 2007 Standart	Microsoft Open License Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level #44822753 от 17.11.2008 <a href="https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license">https://www.microsoft.com/ru-ru/licensing/licensing-programs/open-license</a>
Libre Office 6.1	Лицензия № AAA.0217.00 с 21.12.2017 г. по «Бессрочно» (Включен в установочный пакет операционной системы Альт Образование 8.2)

**Справочно-правовые системы**

<b>Программы</b>	<b>Лицензии, реквизиты подтверждающего документа</b>
Справочные правовая система «Консультант Плюс»	Договор о сотрудничестве с «Информсвязь-черноземье», Региональный информационный центр общероссийской сети распространения правовой информации Консультант Плюс № 8-99/RD от 12.02.1999 г.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Ауд. 53. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Мультимедийный проектор Epson EB-430 в комплекте с экраном 132x234 и креплением ELPMB27.

Ауд. 311. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "Мирэм" (10 шт.).

Ауд. 329. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд - "ЛЭС" (8 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.).

Ауд. 333. Учебная аудитория для проведения учебных занятий: Лабораторный стенд "СИПЭМ" (3 шт.), лабораторный стенд "ЭВ" (2 шт.); мультимедийный проектор BENQ MS500 в комплекте с экраном; компьютер IntelCore i3 540 (1 шт.).

Ауд. 315. Компьютерный класс: Компьютер IntelCore i3 540 (5 шт.).

Дополнительно для самостоятельной работы обучающихся используются читальные залы ресурсного центра ВГУИТ оснащенные компьютерами со свободным доступом в сеть Интернет и библиотечным и информационно- справочным системам

**8.Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**



Оценочные материалы (ОМ) для дисциплины включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

ОМ представляются отдельным компонентом и **входят в состав рабочей программы дисциплины.**

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных средствах».

**ПРИЛОЖЕНИЕ**  
**к рабочей программе**

**1. Организационно-методические данные дисциплины для очно-заочной или заочной форм обучения**

**1.1 Объемы различных форм учебной работы и виды контроля в соответствии с учебным планом**

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 8 зачетных единиц

Виды учебной работы	Всего академ. часов, ак. ч	Распределение трудоемкости по семестрам, ак. ч	
		5	6
Общая трудоемкость дисциплины	288	180	108
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>27</b>	<b>17,5</b>	<b>9,5</b>
Лекции	12	4	4
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Лабораторные		6	
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Практические занятия	10	6	4
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	-	-	-
Консультации текущие	1,2	0,6	0,6
Виды аттестации (зачет, зачет)	0,2	0,1	0,1
Рецензирование контрольных работ обучающихся-заочников	1,6	0,8	0,8
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>253,2</b>	<b>158,6</b>	<b>94,6</b>
Подготовка к защите по практическим занятиям, лабораторным занятиям (собеседование)	18	12	6
Изучение материалов, изложенных в лекциях (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	8	4	4
Изучение материалов по учебникам (собеседование, тестирование, решение кейс-заданий)	208,8	133,4	75,4
Контрольная работа	18,4	9,2	9,2
<b>Подготовка к зачету (контроль)</b>	<b>7,8</b>	<b>3,9</b>	<b>3,9</b>

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**ТЕПЛОМАССООБМЕН**

## 1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования

№ п/п	Код компетенции	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	ОПК – 4	Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах	ИД-6 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы
			ИД-7 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (показатели оценивания)
ИД-6 <sub>ОПК-4</sub> – Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы	Знает основные законы и способы переноса теплоты и массы
	Умеет применять основные законы и способы переноса теплоты и массы
	Имеет навыки в применении основных законов и способов переноса теплоты и массы
ИД-7 <sub>ОПК-4</sub> – Применяет знания основ теплообмена в теплотехнических установках	Знает основы теплообмена в теплотехнических установках
	Умеет применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках
	Имеет навыки в применении основ теплообмена в теплотехнических установках

## 2 Паспорт оценочных материалов по дисциплине

№ п/п	Разделы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные материалы		Технология/процедура оценивания (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1	Основные понятия и исходные положения теплообмена	ОПК-4	Банк тестовых заданий	1-4	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	31	Контроль преподавателем
			Задачи	41	Проверка преподавателем
2	Дифференциальное уравнение теплопроводности и его решения	ОПК-4	Банк тестовых заданий	5-8	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	32-33	Контроль преподавателем
			Задачи	42-43	Проверка преподавателем
3	Система дифференциальных уравнений конвективного теплообмена; применение методов подобия и размерностей к изучению процессов конвективного теплообмена	ОПК-4	Банк тестовых заданий	9-12	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	34-35	Контроль преподавателем
			Задачи	44-45	Проверка преподавателем
4	Теплоотдача и гидравлическое сопротивление при	ОПК-4	Банк тестовых заданий	13-16	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к	36	Контроль преподавателем

	вынужденном течении в каналах, обтекание трубы и пучка труб		зачету, защита практических и лабораторных работ)		
			Задачи	46	Проверка преподавателем
5	Расчет коэффициентов теплоотдачи при свободной конвекции	ОПК-4	Банк тестовых заданий	17-20	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	37	Контроль преподавателем
			Задачи	47	Проверка преподавателем
6	Теплообмен при фазовых превращениях	ОПК-4	Банк тестовых заданий	21-23	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	38	Контроль преподавателем
			Задачи	48	Проверка преподавателем
7	Теплообмен излучением, сложный теплообмен	ОПК-4	Банк тестовых заданий	24-27	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	39	Контроль преподавателем
			Задачи	49	Проверка преподавателем
8	Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов	ОПК-4	Банк тестовых заданий	28-30	Бланочное или компьютерное тестирование
			Собеседование (вопросы к зачету, защита практических и лабораторных работ)	40	Контроль преподавателем
			Задачи	50	Проверка преподавателем

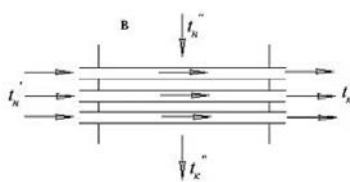
### 3 Оценочные материалы для промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной

#### 3.1 Тесты (банк тестовых заданий)

**ОПК-4** Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

№ задания	Формулировка вопроса
1	Эти выражения справедливы для: $c_n = c_v, n = \pm\infty;$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>изохорного процесса</b></li> <li>• изобарного процесса</li> <li>• изотермического процесса</li> <li>• адиабатного процесса</li> </ul>
2	Эти выражения справедливы для: $c_n = c_p, n = 0$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• изохорного процесса</li> <li>• <b>изобарного процесса</b></li> <li>• изотермического процесса</li> <li>• адиабатного процесса</li> </ul>
3	Эти выражения справедливы для: $c_n = \infty, n = \lim_{c_n \rightarrow \infty} \frac{c_n - c_p}{c_n - c_v} = 1$ <ul style="list-style-type: none"> <li>• изохорного процесса</li> <li>• изобарного процесса</li> <li>• <b>изотермического процесса</b></li> <li>• адиабатного процесса</li> </ul>

4	<p>Существуют способы передачи теплоты...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>теплопроводность, конвенция и излучение</b></li> <li>• теплоотдача и излучение</li> <li>• теплопередача и конвенция</li> </ul>
5	<p>Теплопроводность это...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>перенос теплоты в веществах микрочастицами</b></li> <li>• перенос теплоты микрообъёмами</li> <li>• перенос теплоты электромагнитными волнами</li> </ul>
6	<p>Конвенция это...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• перенос теплоты при помощи микрочастиц</li> <li>• <b>перенос теплоты вместе с макроскопическими объёмами вещества</b></li> <li>• перенос теплоты при помощи волн</li> </ul>
7	<p>Излучение это...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>перенос теплоты при помощи электромагнитных волн</b></li> <li>• перенос теплоты микрочастицами</li> <li>• перенос теплоты макрообъёмами</li> </ul>
8	<p>Формулировка закона Фурье</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью пропорционален градиенту температуры</b></li> <li>• вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью равен градиенту температуры</li> <li>• вектор плотности теплового потока, передаваемого теплопроводностью обратно пропорционален градиенту температуры</li> </ul>
9	<p>Коэффициент теплопроводности...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>характеризует способность данного вещества проводить теплоту</b></li> <li>• характеризует способность данного вещества пропускать через себя тепловое излучение</li> <li>• характеризует состояние поверхности вещества</li> </ul>
10	<p>На рисунке изображен</p>  <ul style="list-style-type: none"> <li>• прямоточный теплообменник</li> <li>• противоточный теплообменник</li> <li>• <b>перекрестный теплообменник</b></li> </ul>
11	<p>Теплоотдача это...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>процесс теплообмена между поверхностью твёрдого тела и жидкостью</b></li> <li>• процесс теплообмена между поверхностями твёрдого тела</li> <li>• процесс теплообмена внутри жидкости</li> </ul>
12	<p>Уравнение Ньютона-Рихмана для теплоотдачи имеет вид:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><math>Q = \alpha \cdot F \cdot  t_c - t_x </math></b></li> <li>• <math>Q = U + L</math></li> <li>• <math>q = -\lambda \text{grad } t</math></li> </ul>
13	<p>Различают конвекцию...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>естественную и вынужденную</b></li> <li>• естественную и свободную</li> <li>• ограниченную и объёмную</li> </ul>
14	<p>Естественная конвекция возникает...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>за счет теплового расширения жидкости, нагретой около теплоотдающей поверхности</b></li> <li>• за счет внешнего источника воздействия на рабочее тело (вентилятора, насоса...)</li> <li>• из-за перепада давления жидкости около теплоотдающей поверхности</li> </ul>

15	<p>Вынужденная конвекция...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>возникает в результате внешнего воздействия, причем в результате это воздействия создаётся перепад давления, являющийся движущей силой</b></li> <li>• возникает в результате разности температур</li> <li>• возникает самопроизвольно</li> </ul>
16	<p>Критерий Нуссельта ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>представляет собой безразмерный коэффициент теплоотдачи</b></li> <li>• является табличной величиной для данного рабочего тела</li> <li>• характеризует скорость движения жидкости</li> </ul>
17	<p>Критерий Рейнольдса...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>выражает отношение сил инерции к силам вязкого трения</b></li> <li>• является теплофизической константой</li> <li>• выражает отношение подъёмной силы к скоростному напору</li> </ul>
18	<p>Критерий Прандтля...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>характеризует теплофизические свойства вещества и является теплофизической константой</b></li> <li>• является безразмерным коэффициентом теплоотдачи</li> <li>• характеризует режим движения жидкости</li> </ul>
19	<p>Критерий Грасгофа...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>характеризует отношение подъёмной силы, возникающей вследствие теплового расширения жидкости, к силам вязкости</b></li> <li>• характеризует отношение скоростного напора к силам вязкости</li> <li>• является безразмерным коэффициентом теплоотдачи</li> </ul>
20	<p>Различают режимы движения жидкости...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ламинарный и турбулентный</b></li> <li>• естественный и вынужденный</li> <li>• переходный и установившийся</li> </ul>
21	<p>Различают режимы кипения жидкости...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>пузырьковый и плёночный</b></li> <li>• капельный и плёночный</li> <li>• пузырьковый и капельный</li> </ul>
22	<p>Различают конденсацию...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• пузырьковую и плёночную</li> <li>• <b>капельную и плёночную</b></li> <li>• пузырьковую и капельную</li> </ul>
23	<p>Пар конденсируется на поверхности...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>температура, которой ниже температуры насыщения</b></li> <li>• температура, которой выше температуры насыщения</li> <li>• температура, которой равна температуры насыщения</li> </ul>
24	<p>Тело, отражающее все падающее на него излучение, называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• абсолютно черным</li> <li>• <b>абсолютно белым</b></li> <li>• абсолютно прозрачным</li> <li>• серым</li> </ul>
25	<p>Тело, пропускающее сквозь себя все падающее на него излучение, называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• абсолютно черным</li> <li>• абсолютно белым</li> <li>• <b>абсолютно прозрачным</b></li> <li>• серым</li> </ul>
26	<p>Если теплота от одного теплоносителя к другому передается через разделяющую их стенку, то теплообменник называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• тепловой трубой</li> <li>• регенеративный</li> <li>• смешительный</li> <li>• <b>рекуперативный</b></li> </ul>

27	<p>Если передача тепла от горячего носителя к холодному осуществляется за счет смешения обоих теплоносителей, то такой теплообменник называется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• тепловой трубой</li> <li>• регенеративный</li> <li>• <b>смесительный</b></li> <li>• рекуперативный</li> </ul>
28	<p>Распределение температуры по радиусу цилиндрической стенки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>подчиняется логарифмическому закону</b></li> <li>• зависимость температуры от координаты линейна</li> <li>• не зависит от формы стенки</li> </ul>
29	<p>Основные термодинамические параметры состояния:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• - <math>p, v, T</math></li> <li>• - <math>u, q, l</math></li> <li>• - <math>i, s, u</math></li> </ul>
30	<p>Энтальпия это:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><math>H=U+pV</math></b></li> <li>• <math>H=H_2-H_1</math></li> <li>• <math>Q= U+L</math></li> </ul>

### 3.2 Собеседование (вопросы к зачету, защита практических или лабораторных работ)

**ОПК-4** Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

№ вопроса	Формулировка задания
31	Температурное поле, стационарное и нестационарное, стационарное поле трехмерное, двухмерное и одномерное.
32	Физическая сущность процесса теплопроводности.
33	Какие материалы относятся к теплоизоляционным?
34	Коэффициент теплопроводности, факторы, влияющие на величину коэффициента теплопроводности.
35	Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи; факторы, влияющие на величину коэффициента теплоотдачи.
36	Свободное и вынужденное движение жидкости.
37	Сущность теории подобия, критерия теплового подобия, их физический смысл.
38	Понятия: определяющая температура, определяющий размер.
39	Физическая сущность лучистого теплообмена.
40	Критериальные уравнения в неявном виде для различных случаев конвективной передачи, их анализ.

### 3.3 Задачи

**ОПК-4** Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

Номер вопроса	Текст задания
41	<p>Плотность теплового потока через плоскую стенку составляет <math>q = 45 \text{ МВт/м}^2</math>. Внутренняя поверхность стенки имеет температуру <math>T_{w1} = 700 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 277 \cdot (1 + 0,000193 \cdot T)</math> Вт/(м·К), её толщина <math>\delta = 2 \text{ мм}</math>. Найти температуру наружной поверхности стенки.</p> <p><b>300 °C</b></p>
42	<p>Определить плотность теплового потока через оконное стекло толщиной <math>\delta = 4 \text{ мм}</math>, если температуры на внутренней и наружной поверхностях стекла соответственно равны: <math>T_{w1} = 20 \text{ }^\circ\text{C}</math> и <math>T_{w2} = 0 \text{ }^\circ\text{C}</math>.</p> <p><b>3750 Вт/м<sup>2</sup></b></p>
43	<p>Определить тепловой поток через стену жилого дома площадью <math>F = 50 \text{ м}^2</math>, если перепад температур на внутренней и наружной поверхностях стенки <math>\Delta T = 25 \text{ }^\circ\text{C}</math>. Термическое сопротивление стены</p>



	$R_t = 2,5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ <b>500 Вт</b>
44	Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной $\delta = 60 \text{ мм}$ составляет $q = 150 \text{ Вт/м}^2$ , перепад температур на поверхностях стенки равен $\Delta T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить коэффициент теплопроводности материала стенки <b>0,45 Вт/(м·К)</b>
45	Внутри фарфорового шара с внутренним диаметром $d_1 = 150 \text{ мм}$ и толщиной стенки $\delta_1 = 10 \text{ мм}$ находится источник мощностью $Q = 500 \text{ Вт}$ . Температура на наружной поверхности сферической стенки $T_{w2} = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить температуру на внутренней поверхности сферической стенки. Коэффициент теплопроводности фарфора $\lambda = 1,04 \text{ Вт/(м·К)}$ . <b>90 }^\circ\text{C}</b>
46	Полый шар с внутренним диаметром $d_1 = 250 \text{ мм}$ обогревается внутри источником мощностью $Q = 1650 \text{ Вт}$ . Температурный перепад по толщине шара $\Delta T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить толщину шара при условии, что коэффициент теплопроводности шара $\lambda = 3,5 \text{ Вт/(м·К)}$ . <b>25 мм</b>
47	Найти плотность теплового потока через плоскую стенку, имеющую термическое сопротивление теплопередачи $R_t = 3,5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ . Температуры со стороны горячего и холодного теплоносителей поддерживаются соответственно равными $T_{t1} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_{t2} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$ . <b>30 Вт/м}^2</b>
48	Определить тепловой поток через стену жилого дома площадью $F = 100 \text{ м}^2$ , если перепад температур между воздухом в квартирах и наружным воздухом $\Delta T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Термическое сопротивление стены теплопередачи $R_t = 5 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ . <b>800 Вт</b>
49	Стальная труба омывается воздухом, коэффициент теплоотдачи от трубы к воздуху равен $\alpha_2 = 8,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Труба изолирована слоем тепловой изоляции с коэффициентом теплопроводности $\lambda_{из} = 0,12 \text{ Вт/(м·К)}$ . Найти, при каком значении наружного диаметра трубы тепловые потери при нанесении изоляционного слоя будут уменьшаться. <b>0,0276 м</b>
50	Змеевик выполнен из труб жаропрочной стали с внутренним диаметром $d_{вн} = 32 \text{ мм}$ , наружным диаметром $d_{нар} = 42 \text{ мм}$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 16,5 \text{ Вт/(м·К)}$ . Температура на внутренней и наружной поверхностях стенки соответственно равна: $T_{w1} = 450 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_{w2} = 580 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить, при каком значении радиуса температура в стенке трубы равна $500 \text{ }^\circ\text{C}$ <b>17,76 мм</b>

#### 4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Процедуры оценивания в ходе изучения дисциплины знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, регламентируются положениями:

- П ВГУИТ 2.4.03 Положение о курсовых, экзаменах и зачетах;
- П ВГУИТ 4.1.02 Положение о рейтинговой оценке текущей успеваемости.

**5. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания для каждого результата обучения по дисциплине**

Результаты обучения по этапам формирования компетенций	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций	Шкала оценивания	
				Академическая оценка или баллы	Уровень освоения компетенции
<b>ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах</b>					
<b>Знать</b> основные законы и способы переноса теплоты и массы; основы теплообмена в теплотехнических установках	Тест	Знание основных законов и способов переноса теплоты и массы; основы теплообмена в теплотехнических установках	60 и более % правильных ответов	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			менее 60% правильных ответов	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
	Собеседование (зачет)		обучающийся грамотно решил задачу, ответил на все вопросы, но допустил не более двух ошибок	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задач, ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ, не допустил ошибки	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задач, в ответе допустил более пяти ошибок	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Уметь</b> применять основные законы и способы переноса теплоты и массы; применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках	Собеседование (защита практических и лабораторных работ)	Умение применять основные законы и способы переноса теплоты и массы; применять знания основ теплообмена в теплотехнических установках	студент активно участвует в собеседовании и обсуждении, подготовил аргументы в пользу решения, предложил альтернативы, выслушивал мнения других	Зачтено	Освоена (базовый, повышенный)
			студент выполняет роль наблюдателя, не внес вклада в собеседование и обсуждение	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)
<b>Владеть</b> навыками в применении основных законов и способов переноса теплоты и массы; навыками в применении основ теплообмена в теплотехнических установках	Задача	Владение навыками в применении основных законов и способов переноса теплоты и массы; навыками в применении основ теплообмена в теплотехнических установках	обучающийся грамотно и без ошибок решил задачу или обучающийся правильно решил задачу, но в вычислениях допустил ошибки	Зачтено	Освоена (повышенный)
			обучающийся предложил вариант решения задачи	Зачтено	Освоена (базовый)
			обучающийся не предложил вариантов решения задачи	Не зачтено	Не освоена (недостаточный)