

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Инженерный институт



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Таюрский Д.А.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Теория тепломассообмена Б1.В.ОД.6

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Ткаченко Л.А.

**Рецензент(ы):**

Ларионов В.М.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Кашапов Н. Ф.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Инженерного института:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) Ткаченко Л.А. , luda\_tkachenko@inbox.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Теория тепломассообмена" относится к базовой части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных представлений об основе гидродинамики и теплообмена стационарных потоков. Основу методики изучения курса составляют лекции и семинары, а также выполнение лабораторных и самостоятельных работ.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.6 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Курс "Теория тепломассообмена" излагается во втором семестре 3 курса. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, лабораторным и самостоятельным работам, проведению их, оформлению результатов.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10 (профессиональные компетенции)	способность самостоятельно осваивать современную физическую аналитическую и технологическую аппаратуру различного назначения и работать над ней

В результате освоения дисциплины студент:

#### 1. должен знать:

- основные особенности научного метода познания;
- основные логические методы и приемы научного исследования;
- методологические теории и принципы современной технической физики;
- историю развития и современные проблемы технической физики, их философско-этический контекст, связь с другими разделами естествознания;
- стратегию научного поиска;
- методы организации научно-исследовательской работы;
- основные понятия, закономерности и методы тепломассообмена

#### 2. должен уметь:

- осуществлять методологическое обоснование научного исследования;
- взаимодействовать со специалистами в других предметных областях;
- осуществлять поиск научно-технической и образовательной информации;
- самостоятельно выбрать адекватную модель тепломассообмена в изучаемых потоках, составить алгоритм расчета, составить программу (в необходимых случаях - воспользоваться известными пакетами прикладных программ) и произвести необходимые вычисления на компьютере.

#### 3. должен владеть:

- методологией научных исследований;
- навыками логико-методологического анализа;
- интерпретацией результатов научного исследования;
- методами управления знаниями;
- методами научного поиска, методами автоматизации физического эксперимента.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

готовность и способность применять физические и технические методы теоретического и экспериментального исследования, методы математического анализа и моделирования для постановки задач по развитию, внедрению и коммерциализации новых наукоемких технологий в области технической физики и энергетики

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных(ые) единиц(ы) 288 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Предмет теории теплообмена	6		2	0	0	
2.	Тема 2. Постановка задач исследования гидродинамики и теплообмена.	6		4	0	0	
3.	Тема 3. Установившийся тепловой поток в твердых телах.	6		4	0	16	
4.	Тема 4. Условия подобия процессов переноса.	6		6	0	14	
5.	Тема 5. Неустановившийся тепловой поток в твердых телах.	6		6	6	14	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
6.	Тема 6. Основные положения конвективного теплообмена.	6		6	6	26	
7.	Тема 7. Гидродинамика и теплообмен в турбулентных потоках.	6		8	6	28	
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	Экзамен
	Итого			36	18	98	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Предмет теории теплообмена

#### **лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Историческая справка. Объекты исследования и задачи дисциплины

### Тема 2. Постановка задач исследования гидродинамики и теплообмена.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Поле температур и тепловых потоков. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Гипотеза Фурье. Уравнение распространения тепла

### Тема 3. Установившийся тепловой поток в твердых телах.

#### **лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Теплопроводность через стенки различной формы

#### **лабораторная работа (16 часа(ов)):**

Определение теплопроводность стержня. Определение теплопроводности через цилиндрическую стенку.

### Тема 4. Условия подобия процессов переноса.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Критерии подобия. Условия однозначности.

#### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Определение числа Нуссельта около разогретого цилиндра. Определение числа Рейнольдса при нелинейных колебаниях в трубе

### Тема 5. Неустановившийся тепловой поток в твердых телах.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Методы расчета неустановившегося теплового потока в твердых телах. Уравнение нестационарного температурного поля. Температурные волны. Регулярный режим охлаждения тел.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Расчет охлаждения и нагревания пластины.

#### **лабораторная работа (14 часа(ов)):**

Определение теплоотдачи цилиндра методом регулярного охлаждения тел. Определение теплоотдачи шара методом регулярного охлаждения тел.

### Тема 6. Основные положения конвективного теплообмена.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Связь между теплоотдачей и трением. Аналогия Рейнольдса. Пограничный слой. Характер внешнего обтекания.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Ламинарный динамический пограничный слой на плоской пластине. Температурный пограничный слой на пластине. Течение в области передней критической точки.

**лабораторная работа (26 часа(ов)):**

Теплоотдача в области передней критической точки. Теплоотдача цилиндра. Теплообмен в пакетах труб. Теплоотдача шара. Распределение скоростей и гидродинамическое сопротивление при течении жидкости в трубах. Теплоотдача при ламинарном течении жидкости в трубах.

**Тема 7. Гидродинамика и теплообмен в турбулентных потоках.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Турбулентность. Уравнения осреднения турбулентного движения. Уравнение распространения тепла в турбулентном потоке.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Полуэмпирические выражения турбулентного обмена в плоском потоке вблизи стенки. Связь между коэффициентами турбулентной теплопроводности и вязкости.

**лабораторная работа (28 часа(ов)):**

Распределение скоростей в плоском несжимаемом потоке вблизи стенки. Распределение скоростей и гидродинамическое сопротивление при течении в трубах. Теплоотдача к турбулентному потоку в трубе.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	Тема 2. Постановка задач исследования гидродинамики и теплообмена.	6		подготовка к письменной работе	7	письменная работа
3.	Тема 3. Установившийся тепловой поток в твердых телах.	6		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
4.	Тема 4. Условия подобия процессов переноса.	6		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
5.	Тема 5. Неустановившийся тепловой поток в твердых телах.	6		подготовка к письменной работе	16	письменная работа
6.	Тема 6. Основные положения конвективного теплообмена.	6		подготовка к письменной работе	18	письменная работа
7.	Тема 7. Гидродинамика и теплообмен в турбулентных потоках.	6		подготовка к письменной работе	18	письменная работа
	Итого				91	

## **5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

По мере прохождения курса и изучения дисциплины студентам задаются контрольные вопросы. На практических (семинарских) занятиях предлагаются короткие дискуссии и обсуждение отдельных тем курса, выполняется решение задач. Для закрепления материала проводятся лабораторные работы. Самостоятельная работа состоит из работы над темами для самостоятельного изучения, подготовки к практическим занятиям, выполнения домашних контрольных работ и подготовки к экзамену. По завершению курса форма контроля - экзамен. Перед экзаменом - плановая консультация по всему курсу. К экзамену допускаются студенты, выполнившие аудиторские и домашние контрольные работы, а также лабораторные работы. Аттестация и экзамен ставится по итогам занятий - регулярности посещения занятий, участия в дискуссиях, выполнению аудиторских, лабораторных и домашних заданий. На экзамене студенту предлагается ответить на два вопроса по изучаемому курсу. При необходимости преподаватель может задавать дополнительные вопросы по его усмотрению.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Предмет теории теплообмена**

### **Тема 2. Постановка задач исследования гидродинамики и теплообмена.**

письменная работа, примерные вопросы:

Уравнение распространения тепла в вещественной среде. Частные случаи. Начальные и граничные условия. Граничные условия к уравнениям переноса.

### **Тема 3. Установившийся тепловой поток в твердых телах.**

письменная работа, примерные вопросы:

Теплопроводность через плоскую стенку. Теплопроводность через шаровую стенку.

### **Тема 4. Условия подобия процессов переноса.**

письменная работа, примерные вопросы:

Критерии подобия как обобщенные безразмерные переменные. Физический смысл некоторых критериев подобия.

### **Тема 5. Неустановившийся тепловой поток в твердых телах.**

письменная работа, примерные вопросы:

Охлаждение и нагревание цилиндра. Охлаждение и нагревание шара.

### **Тема 6. Основные положения конвективного теплообмена.**

письменная работа, примерные вопросы:

Свободная тепловая конвекция около твердой поверхности. Теплоотдача в области ламинарного пограничного слоя. Совместное влияние свободной и вынужденной конвекции.

### **Тема 7. Гидродинамика и теплообмен в турбулентных потоках.**

письменная работа, примерные вопросы:

Уравнение турбулентного температурного пограничного слоя в трубе. Связь между коэффициентами теплоотдачи и трения. Интегрирование уравнения турбулентного пограничного слоя при линейном изменении температуры стенки.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

1. Коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи. Закон Фурье.
2. Граничные условия к уравнению распространения тепла.
3. Установившийся тепловой поток через плоскую стенку.
4. Установившийся тепловой поток через цилиндрическую стенку.
5. Установившийся тепловой поток через шаровую стенку

6. Теплопроводность стержня
7. Физический смысл критериев подобия  $Re$ ,  $Fo$ ,  $Pe$ ,  $Nu$ ,  $Bi$ ,  $Pr$ .
8. Охлаждение и нагревание плоской пластины.
9. Температурные волны.
10. Регулярный режим охлаждения.
11. Аналогия Рейнольдса.
12. Пограничный слой.
13. Характер внешнего обтекания. Явление отрыва.
14. Ламинарный пограничный слой на плоской пластине
15. Температурный пограничный слой на плоской пластине.
16. Течение в области передней критической точки.
17. Теплоотдача в области передней критической точки.
18. Теплоотдача цилиндра.
19. Распределение скоростей и гидравлическое сопротивление при ламинарном течении в трубах.
20. Уравнение осредненного турбулентного движения.
21. Уравнение распространения тепла в турбулентном потоке.
22. Полуэмпирические выражения турбулентного обмена.
23. Распределение скоростей в плоском несжимаемом турбулентном потоке.
24. Связь между коэффициентами турбулентной вязкости и теплопроводности.
25. Распределение скоростей и гидродинамическое сопротивление при течении в трубах.
26. Уравнение турбулентного температурного пограничного слоя в трубе.
27. Связь между коэффициентами трения и теплоотдачи.
28. Интегрирование уравнения турбулентного пограничного слоя при линейном изменении температуры стенки.
29. Теплоотдача к турбулентному потоку в трубе.

### 7.1. Основная литература:

Основы теории теплообмена / С. С. Кутателадзе .? Издание 5-е, переработанное и дополненное .? Москва : Атомиздат, 1979 .? 416 с. : рис., табл.

Течения и теплообмен в каналах и вращающихся полостях / К. Н. Волков, В. Н. Емельянов .? Москва : Физматлит, 2010 .? 486, [1] с. : ил., табл. ; 22 см .? Библиогр.: с. 462-486 .? ISBN 978-5-9221-1182-9, 400.

Конспект лекций по тепломассообмену: учебное пособие / Д.С. Миихатуллин, А.Ю, Чирков; Москва: Московский гос. Тех. Ун-т им. Н.Э. Баумана, 2012 - Электронная версия ([www.bmstu.ru/ps/~achirkov/fileman/.../ТТМО/Конспект\\_ТТМО\\_Чирков\\_2012.pdf](http://www.bmstu.ru/ps/~achirkov/fileman/.../ТТМО/Конспект_ТТМО_Чирков_2012.pdf))

### 7.2. Дополнительная литература:

Теплопередача и гидродинамическое сопротивление : Справ. пособие / С. С. Кутателадзе .? М. : Энергоатомиздат, 1990 .? 365,[1] с. : ил. ; 21 см .? Библиогр.: с. 354-361 .? ISBN 5-283-00061-3

Тепломассообмен в технологических установках ЦБП.: учебное пособие Часть 1. / Готовский М.А., Суслов В.А.. СПб.: СПбГТУРП, 2010. - 88 с. Электронная версия ([http://nizrp.narod.ru/teplomassoobmen\\_1p.htm](http://nizrp.narod.ru/teplomassoobmen_1p.htm))

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Алгоритмы при моделировании гидродинамических процессов -

[http://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod\\_material/Tab/Uch\\_posobie\\_algor.pdf](http://portal.tpu.ru/SHARED/f/FELIC/Metod_material/Tab/Uch_posobie_algor.pdf)

Задачи по тепломассопереносу - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=7575](http://kpfu.ru/publication?p_id=7575)

Нелинейные колебания газа в трубах: учебное пособие - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=7569](http://kpfu.ru/publication?p_id=7569)  
Тепломассообмен: курс лекций - [http://www.techgidravlika.ru/view\\_book.php?id=110](http://www.techgidravlika.ru/view_book.php?id=110)  
Электронный комплекс по теплообмену - [http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1536/u\\_lecture.pdf](http://files.lib.sfu-kras.ru/ebibl/umkd/1536/u_lecture.pdf)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Теория тепломассообмена" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань" , доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента" , доступ к которой предоставлен студентам. Электронная библиотечная система "Консультант студента" предоставляет полнотекстовый доступ к современной учебной литературе по основным дисциплинам, изучаемым в медицинских вузах (представлены издания как чисто медицинского профиля, так и по естественным, точным и общественным наукам). ЭБС предоставляет вузу наиболее полные комплекты необходимой литературы в соответствии с требованиями государственных образовательных стандартов с соблюдением авторских и смежных прав.

Лабораторная установка "Исследование НТМО"

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 16.03.01 "Техническая физика" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Ткаченко Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.