

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



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Методы расчета теплообменных процессов Б1.В.ДВ.8

Направление подготовки: 16.03.01 - Техническая физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Зарипов Р.Г. , 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 Института физики:

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

Регистрационный No

Казань  
2015

## 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) Зарипов Р.Г. , RiGZaripov@kpfu.ru ; Ткаченко Л.А. , luda\_tkachenko@inbox.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Учебная дисциплина "Методы расчета теплообменных процессов" относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин учебного плана подготовки бакалавров и имеет своей целью формирование у обучающихся перечисленных ниже компетенций, основанных на усвоении современных методов теоретического расчета теплообмена в элементах устройств, основ теплого и гидродинамического расчета сложных теплообменных аппаратов. Курс опирается на знания по курсам "Теория тепломассообмена". Основу методики изучения курса составляют лекции и беседы с преподавателем, а также выполнение лабораторных работ.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.8 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 16.03.01 Техническая физика и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Курс "Методы расчета теплообменных процессов" излагается в первом семестре. Знания, полученные студентами при изучении курса "Теория тепломассообмена", обеспечивают данную дисциплину. После ознакомления с курсом лекций студенты должны уметь квалифицированно подходить к постановке задач, выбору объектов исследования в связи с их строением и структурой при решении научных и научно-прикладных проблем.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-13 (профессиональные компетенции)	готовность составить план заданного руководителем научного исследования, разработать адекватную модель изучаемого объекта и определить область ее применимости

В результате освоения дисциплины студент:

#### 1. должен знать:

- основные закономерности и сущность физических явлений в теплообменных процессах;
- методы теоретического расчета процессов теплообмена в элементах теплоэнергетических устройств;
- роль эксперимента в технической физике, принципы его реализации и контроля качества объектов исследования; сведения об основных типах измерительных приборов и комплексов;
- метрологическое обеспечение технической физики, основные принципы измерения, методы обработки результатов и оценки погрешностей.

#### 2. должен уметь:

- применять методы математической и теоретической физики для проведения тепловых и гидравлических расчетов в сложных системах теплообмена;
- выполнять измерения и экспериментальные исследования различных объектов технической физики;
- выполнять расчет основных параметров конкретных энергетических установок;
- планировать необходимый эксперимент и использовать информационные технологии для обработки и оценки погрешностей полученных данных.

#### 3. должен владеть:

- методами исследования, проектирования и проведения экспериментальных работ теплообменных процессов в энергетических установках;

методами выполнения физико-технических расчетов и определения экономической эффективности исследований и разработок;

- стандартными пакетами программ компьютерной графики и моделирования;

- навыками монтажа, наладки и технической эксплуатации аналитического и технологического оборудования.

- способность разрабатывать и оптимизировать современные наукоемкие технологии в различных областях технической физики и энергетики с учетом экономических и экологических требований;

- 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 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 7 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. Объекты исследования и задачи дисциплины	7		1	0	0	
2.	Тема 2. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях	7		6	0	8	
3.	Тема 3. Теплоотдача при кипении однородных жидкостей	7		4	0	6	
4.	Тема 4. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения	7		4	0	6	

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
5.	Тема 5. Теплообмен в пакетах и засыпках	7		3	0	6	
6.	Тема 6. Защита конструкций от высокой температуры	7		8	0	6	
7.	Тема 7. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменных аппаратов	7		10	0	18	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	экзамен
	Итого			36	0	50	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Объекты исследования и задачи дисциплины

###### **лекционное занятие (1 часа(ов)):**

Объекты исследования и задачи дисциплины. Основные понятия и терминология.

##### Тема 2. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях

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

Пленочная конденсация. Основные уравнения, описывающие перенос при пленочной конденсации чистого насыщенного пара. Ламинарное течение пленки на вертикальной поверхности и теплообмен при медленном движении пара. Турбулентное течение пленки на вертикальной поверхности при медленном движении пара.

###### **лабораторная работа (8 часа(ов)):**

Теплоотдача при конденсации пара внутри трубы. Влияние скорости течения чистого пара на теплоотдачу при конденсации на вертикальной поверхности.

##### Тема 3. Теплоотдача при кипении однородных жидкостей

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

Два основных режима кипения. Пузырьковое и пленочное кипение. Характер движения парожидкостной смеси в трубах. Теплоотдача при пузырьковом кипении. Теплоотдача при пленочном кипении.

###### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Пузырьковое кипение при вынужденной конвекции жидкости.

##### Тема 4. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения

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

Гидродинамическая природа кризисов в механизме кипения. Первый кризис кипения. Переход от пленочного кипения к пузырьковому (второй кризис кипения).

###### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Влияние размера и состояния поверхности нагрева на величину  $q_{кр}$ .

##### Тема 5. Теплообмен в пакетах и засыпках

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Поперечное обтекание пакета цилиндров. Продольное обтекание цилиндров.

###### **лабораторная работа (6 часа(ов)):**

Кипящий слой.

### Тема 6. Защита конструкций от высокой температуры

#### лекционное занятие (8 часа(ов)):

Типы завес. Пограничный слой в тепловой завесе на адиабатической поверхности. Адиабатическая пластина с предвключенным участком теплообмена. Адиабатическая пластина с газовой пластиной. Неадиабатическая пластина с газовой завесой.

#### лабораторная работа (6 часа(ов)):

Адиабатическая пластина с предвключенным пористым участком.

### Тема 7. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменных аппаратов

#### лекционное занятие (10 часа(ов)):

Классификация теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса. Уравнение теплопередачи. Средняя разность температур и методы вычисления. Расчет конечных температур рабочих жидкостей. Прямоточная схема движения теплоносителей. Противоточная схема движения теплоносителей. Методы определения температур поверхности теплообмена. Задачи гидромеханического расчета теплообменных аппаратов. Гидравлическое сопротивление элементов.

#### лабораторная работа (18 часа(ов)):

Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов. Расчет сопротивления шахматных укувов.

### 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. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях	7		подготовка к письменной работе	10	письменная работа
3.	Тема 3. Теплоотдача при кипении однородных жидкостей	7		подготовка к письменной работе	10	письменная работа
4.	Тема 4. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения	7		подготовка к письменной работе	10	письменная работа
5.	Тема 5. Теплообмен в пакетах и засыпках	7		подготовка к письменной работе	8	письменная работа
6.	Тема 6. Защита конструкций от высокой температуры	7		подготовка к письменной работе	10	письменная работа
7.	Тема 7. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменных аппаратов	7		подготовка к письменной работе	10	письменная работа
	Итого				58	

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

По мере прохождения курса и изучения дисциплины студентам задаются контрольные вопросы. На лабораторных занятиях предполагается выполнение расчетных работ: ознакомление с поставленной задачей, выбор методики решения, составление программы в одном из математических пакетов, обработка и анализ полученных результатов, составление отчета. Самостоятельная работа состоит из работы над темами для самостоятельного изучения, подготовки к лабораторным 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 аудиторные и домашние контрольные работы, а также запланированные лабораторные работы. Аттестация и экзамен ставится по итогам занятий - регулярности посещения занятий, участия в дискуссиях, выполнению лабораторных работ и аудиторных 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. Объекты исследования и задачи дисциплины**

### **Тема 2. Теплоотдача при конденсации пара на твердых поверхностях**

письменная работа, примерные вопросы:

Капельная конденсация. Теплообмен при капельной конденсации. Средний коэффициент теплоотдачи при смешанном течении пленки конденсата на вертикальной стенке.

### **Тема 3. Теплоотдача при кипении однородных жидкостей**

письменная работа, примерные вопросы:

Частота и скорость роста паровых пузырей. Температурное поле.

### **Тема 4. Критические плотности теплового потока, вызывающие изменения режима кипения**

письменная работа, примерные вопросы:

Критический тепловой поток в области умеренных скоростей течения. Кризис кипения в бинарных смесях.

### **Тема 5. Теплообмен в пакетах и засыпках**

письменная работа, примерные вопросы:

Пакеты шаров. Теплообмен в пакетах шаров.

### **Тема 6. Защита конструкций от высокой температуры**

письменная работа, примерные вопросы:

Трение и теплообмен при взаимодействии затопленной струи с твердой стенкой.

### **Тема 7. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменных аппаратов**

письменная работа, примерные вопросы:

Расчет теплообменных аппаратов на вибрационном горении. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости в теплообменном аппарате.

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

Примерные вопросы к экзамену:

Список контрольных вопросов к экзамену

1. Основные уравнения теплообмена при пленочной конденсации чистого насыщенного пара.
2. Ламинарное течение пленки на вертикальной поверхности при медленном движении пара.
3. Теплоотдача при ламинарном течении пленки на вертикальной поверхности при медленном движении пара.



4. Турбулентное течение пленки на вертикальной поверхности и теплоотдача при медленном движении пара.
5. Влияние скорости течения чистого пара на теплоотдачу при конденсации в ламинарном режиме.
6. Влияние скорости течения чистого пара на теплоотдачу при конденсации в турбулентном режиме.
7. Расчет среднего коэффициента теплоотдачи при смешанном течении пленки конденсата.
8. Теплоотдача при конденсации пара внутри трубы.
9. Адиабатическая пластина с предвключенным участком теплообмена.
10. Адиабатическая пластина с предвключенным пористым участком.
11. Адиабатическая пластина с газовой завесой.
12. Теплообмен при поперечном обтекании пакетов цилиндров.
13. Теплообмен при продольном обтекании пакетов цилиндров.
14. Кипящий слой.
15. Характер движения парожидкостной смеси в трубах.
16. Теплопередача при пузырьковом кипении.
17. Пузырьковое кипение при вынужденной конвекции.
18. Первый кризис кипения.
19. Влияние размера и состояния поверхности нагрева на величину .
20. Второй кризис кипения.
21. Критический тепловой поток в области умеренных скоростей течения.
22. Гидравлическое сопротивление элементов теплообменного аппарата.
23. Расчет сопротивления шахматных пучков.
24. Расчет сопротивления коридорных пучков.
25. Гидродинамическая природа кризисов в механизме кипения.
26. Трение и теплообмен при взаимодействии затопленной струи с твердой стенкой.
27. Расчет конечных температур рабочих жидкостей при прямоточной схеме движения теплоносителей.
28. Расчет конечных температур рабочих жидкостей при противоточной схеме движения теплоносителей.
29. Пограничный слой в тепловой завесе на адиабатической пластине.
30. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости в теплообменном аппарате.
31. Средняя разность температур и методы вычисления.
32. Тепловой расчет регенеративных теплообменных аппаратов.
33. Расчет теплообменных аппаратов на вибрационном горении.
34. Уравнение теплового баланса.
35. Уравнение теплопередачи.
36. Расчет теплообменных аппаратов на вибрационном горении.

### **7.1. Основная литература:**

- Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат. 1979. - 415 с.  
Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергоиздат, 1981. - 417 с  
Цветков Ф.Ф., Григорьев Б. А. Тепломассообмен: Учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2005. - 550 с.

### **7.2. Дополнительная литература:**



Назаренко Т.И., Галиуллин Р.Г., Рыбалкин П.С., Стельмаков В.П. Теплотехнический расчет и результаты испытаний паровых котлов на вибрационном горении // Промышленная теплоэнергетика. 1983. ♦ 18. с. 47-49.

Луканин В.Н., Шатров М.Г., Камфер Г.М. и др. Теплотехника: учеб. для вузов под ред. В. Н. Луканина. - М.: Высш. шк., 2006. - 671 с.

Ляшков В. И. Теоретические основы теплотехники: учеб. пособие Ляшков. - М.: Высш. шк., 2007. - 300 с.

Бельский А.П., Лакомкин В.Ю. Специальные вопросы тепломассообмена в энергетических и теплотехнологических процессах и установках: Электронное учебное пособие. - Санкт Петербург, 2011.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Галицейский Б.М., Рыжов Ю.А., Якуш Е.В. Тепловые и гидродинамические процессы в колеблющихся потоках. М.: Машиностроение, 1977 - <http://eqworld.ipmnet.ru>

Деев В.И., Корсун А.С., Корсун В.А. и др. Экспериментальные методы изучения процессов теплопередачи (пособие к лабораторному практикуму по курсу - <http://biblioclub.ru>

Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. М.: Атомиздат, 1979. 416 с. - <http://eqworld.ipmnet.ru>

Нелинейные колебания газа в трубах: учебное пособие - [http://kpfu.ru/publication?p\\_id=7569](http://kpfu.ru/publication?p_id=7569)

Петрухин В. В. , Петрухин С. В. Основы вибродиагностики и средства измерения вибрации: учебное пособие. М.: Инфра-Инженерия, 2010. 176 с. - <http://biblioclub.ru>

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

Освоение дисциплины "Методы расчета теплообменных процессов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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):

Зарипов Р.Г. \_\_\_\_\_

Ткаченко Л.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Ларионов В.М. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.