

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Физическое моделирование и конструирование сложных тепломассообменных систем Б1.В.ДВ.04.01

Направление подготовки: 13.04.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль подготовки: Энергоменеджмент

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Рахимов Р.Р.

**Рецензент(ы):** Галимянов И.Д.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Исрафилов И. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
  - 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Программу дисциплины разработал(а)(и) старший преподаватель, б/с Рахимов Р.Р. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), RaRRahimov@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-4	Способен осуществлять научное руководство в соответствующей области знаний

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- методы построения моделей физических теплоэнергетических процессов;
- основные численные методы решения краевых задач;
- классификацию уравнений математической физики, особенности их решения;
- методы построения моделей для задач на собственные значения и их численные реализации.

Должен уметь:

- строить математические модели для различных объектов на основе механических, теплофизических физических подходов;
- оценивать достоверность моделей, выбирать наилучшие подходы к моделированию, уметь классифицировать модели и находить способы их совершенствования;
- применять математические методы к исследованию построенных моделей и получению нужных результатов;
- эффективно использовать современные информационные и коммуникационные технологии для моделирования.

Должен владеть:

- методами векторной алгебры, теории матриц, решения обычных систем дифференциальных уравнений, дифференциальных уравнений в частных производных и интегральных уравнений, разностными, проекционными, вариационными и итерационными методами;
- стандартными численными методами, методами аппроксимации и интерполяции, методами построения, оптимизации и отладки алгоритмов и программ в средах программирования;
- методами моделирования с использованием стандартных пакетов про-грамм для электродинамики, механики и других приложений;
- методами компьютерной обработки и представления информации.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные навыки в производстве.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.04.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника (Энергоменеджмент)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 28 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 72 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 3 семестре.

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

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Применение CAD систем в задачах тепломассопереноса	3	1	4	0	8
2.	Тема 2. Пакет программ Star CCM+	3	1	6	0	16
3.	Тема 3. Tutorial_STAR-CCM_Теплоперенос.	3	2	6	0	16
4.	Тема 4. Tutorial_STARCCM_тепловому излучению.	3	2	6	0	16
5.	Тема 5. Tutorial_STAR-CCM_Многокомпонентный поток.	3	2	6	0	16
	Итого		8	28	0	72

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Применение CAD систем в задачах тепломассопереноса

Применение CAD систем в задачах тепломассопереноса. Зачем это нужно. Области применения CAD систем. Виды CAD систем. Программные обеспечения. Методы исследования и программные коды. Характеристики теплоносителей. Характер течения теплоносителей в теплообменных трубах, полостях и т.д. Влияние характера течения на тепломассообменные процессы.

###### Тема 2. Пакет программ Star CCM+

Пакет программ Star CCM+ . Введение. Возможности программы. Описание программного комплекса. Типы решаемых задач. Технические требования. Рабочая среда Star CCM+ . Сеточный генератор. Алгоритм решения задач тепломассопереноса в программном комплексе Star CCM+ . Постановка задачи исследования с помощью программного обеспечения.

###### Тема 3. Tutorial\_STAR-CCM\_Теплоперенос.

Импортирование сетки и присваивание имени расчету. Определение физических моделей. Задание свойств материалов. Задание начальных и граничных условий. Расчет. Визуализация решения и составления отчета. Результаты численного исследования теплопереноса в активной зоне теплообменника при нормальной эксплуатации. Результаты численного исследования теплопереноса в активной зоне теплообменника при снижении расхода теплоносителя.

###### Тема 4. Tutorial\_STARCCM\_тепловому излучению.

Импортирование сетки и присваивание имени расчету. Определение физических моделей. Задание свойств материалов. Задание начальных и граничных условий. Расчет. Визуализация решения и составления отчета. Результаты численного исследования лучистого теплопереноса с поверхности нагрева. Результаты численного исследования теплопереноса между двумя телами.

###### Тема 5. Tutorial\_STAR-CCM\_Многокомпонентный поток.

Импортирование сетки и присваивание имени расчету. Определение физических моделей. Задание свойств материалов. Задание начальных и граничных условий. Расчет. Визуализация решения и составления отчета. Результаты численного исследования теплопереноса двух смешивающихся потоков теплоносителей при нормальной эксплуатации. Результаты численного исследования теплопереноса двух смешивающихся потоков теплоносителей при снижении расхода теплоносителя.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301).

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений".

Положение от 29 декабря 2018 г. № 0.1.1.67-08/328 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет".

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ПК-4	1. Применение CAD систем в задачах тепломассопереноса
2	Реферат	ПК-4	1. Применение CAD систем в задачах тепломассопереноса
3	Проверка практических навыков	ПК-4	3. Tutorial_STAR-CCM_Теплоперенос. 4. Tutorial_STARCCM_тепловомуизлучению.
	<b>Зачет</b>	ПК-4	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 3</b>					
<b>Текущий контроль</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продемонстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Реферат	Тема раскрыта полностью. Продемонстрировано превосходное владение материалом. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы высокая.	Тема в основном раскрыта. Продемонстрировано хорошее владение материалом. Используются надлежащие источники. Структура работы в основном соответствует поставленным задачам. Степень самостоятельности работы средняя.	Тема раскрыта слабо. Продемонстрировано удовлетворительное владение материалом. Использованные источники и структура работы частично соответствуют поставленным задачам. Степень самостоятельности работы низкая.	Тема не раскрыта. Продемонстрировано неудовлетворительное владение материалом. Использованные источники недостаточны. Структура работы не соответствует поставленным задачам. Работа несамостоятельна.	2
Проверка практических навыков	Продемонстрирован высокий уровень освоения навыков, достаточный для успешного решения задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован хороший уровень освоения навыков, достаточный для решения большей части задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован удовлетворительный уровень освоения навыков, достаточный для решения отдельных задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень освоения навыков, недостаточный для решения задач профессиональной деятельности.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

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

#### Семестр 3

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос

Тема 1

1. Метод наименьших квадратов.
2. Метод моментов.
3. Метод обобщенных взвешенных невязок.
4. Неполный метод Галеркина.
5. Методы решения интегральных уравнений.
6. Многошаговые прямые и явные и неявные методы интегрирования задач Коши.

7. Метод функций Грина для эллиптических задач.
8. Метод функций Грина для параболических задач.
9. Метод функций Грина для волновых уравнений.
10. Метод Рунге-Кутта .

## **2. Реферат**

Тема 1

Примерные темы рефератов:

1. Математическое моделирование
2. Методы интегрирования задач Коши
3. Метод Рунге-Кутта
4. Метод функций Грина для эллиптических задач.
5. Метод функций Грина для параболических задач.
6. Метод функций Грина для волновых уравнений.
7. Неполный метод Галеркина
8. Применение моделирования в тепломассообменных процессах.
9. Применение моделирования при проектировании тепломассообменного оборудования
10. Физическое моделирование.

## **3. Проверка практических навыков**

Темы 3, 4

Примерные практические задачи:

1. Представление тепловых полей в математических моделях .
2. Моделирования сред и границ областей в теплообменных моделях.
3. Метод частичных областей в теплотехнике.
4. Метод интеграла Дюамеля для моделирования воздействия на линейную систему.
5. Приближенные модели в электродинамике, их сравнительные характеристики.
6. Методы моделирования распространения импульсов в теплообменных средах.
7. Методы моделирования в теплотехнике
8. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
9. Моделирование стохастических процессов.
10. Моделирование тепловых процессов на основе интегральных уравнений.

## **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Понятие модели, математическое моделирование, типы моделей
2. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
3. Спектральный метод и Метод интеграла Фурье для моделирования физических процессов.
4. Метод Рунге-Кутта 4-го порядка.
5. Модели электродинамического уровня для электромагнитных явлений.
6. Метод преобразования Лапласа (операторный метод) для моделирования физических процессов.
7. Представление тепловых полей в математических моделях .
8. Моделирования сред и границ областей в теплообменных моделях.
9. Метод частичных областей в теплотехнике.
10. Метод интеграла Дюамеля для моделирования воздействия на линейную систему.
11. Приближенные модели в электродинамике, их сравнительные характеристики.
12. Методы моделирования распространения импульсов в линиях передачи и средах.
13. Методы моделирования в теплотехнике, уравнения движения.
14. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
15. Метод Рунге-Кутта 4-го порядка.
16. Моделирование стохастических процессов.
17. Моделирование на основе интегральных уравнений.
18. Метод Эйлера и Штермера интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.
19. Метод конечных элементов для моделирования граничных задач.
20. Моделирования сред и границ областей в электродинамических моделях.

- 21.Метод граничных элементов для моделирования.  
22.Метод преобразования Лапласа (операторный метод) для моделирования процессов.  
23.Метод конечных разностей в пространственной и пространственновременной областях.  
24.Метод Эйлера и Штермера интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений.

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

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 3</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10
Реферат	Обучающиеся самостоятельно пишут работу на заданную тему и сдают преподавателю в письменном виде. В работе производится обзор материала в определённой тематической области либо предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, изложение материала, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения. В случае публичной защиты реферата оцениваются также ораторские способности.	2	15
Проверка практических навыков	Практические навыки проверяются путём выполнения обучающимися практических заданий в условиях, полностью или частично приближенных к условиям профессиональной деятельности. Проверяется знание теоретического материала, необходимое для правильного совершения необходимых действий, умение выстроить последовательность действий, практическое владение приёмами и методами решения профессиональных задач.	3	25
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### 7.1 Основная литература:

1. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] / Н. В. Голубева. - Москва: Лань', 2016. - 191 с.: В ЭБС 'Лань'. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=76825](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=76825)
2. Основы компьютерного моделирования наносистем [Электронный ресурс] / И.М. Ибрагимов, Ю.Ф. Назаров [и др.]. - Москва: Лань, 2010. - 376 с. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=156](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=156). В ЭБС 'Лань'



3. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах. В 2-х ч. Ч. 1: Учебное пособие / Аксенов К.А., Гончарова Н.В., Аксенова О.П., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2018. - 104 с.: ISBN 978-5-9765-3515-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/962577>
4. Моделирование и принятие решений в организационно-технических системах. В 2-х ч. Ч. 2: Учебное пособие / Аксенов К.А., Гончарова Н.В., Аксенова О.П., - 2-е изд., стер. - М.:Флинта, 2018. - 126 с.: ISBN 978-5-9765-3513-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/962581>

## 7.2. Дополнительная литература:

1. Калиткин Н.Н. Численные методы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н.Н. Калиткин. - 2, исправленное.. - СПб : Издательство 'БХВ-Петербург', 2015. - 587 с. - ISBN 9785977525756.- Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=944508>.
2. Моделирование процессов управления в интеллектуальных измерительных системах/КапляЕ.В., КузевановВ.С., ШевчукВ.П. - М.: Физматлит, 2009. - 512 с.: ISBN 978-5-9221-1131-7 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/544737>
3. Компьютерное моделирование физических систем: Учебное пособие / Л.А. Булавин, Н.В. Выгорницкий, Н.И. Лебовка. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 352 с.: 60x90 1/16. (обложка) ISBN 978-5-91559-101-0, 1000 экз. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/398942>
4. Лабораторный практикум по курсу 'Моделирование физических процессов в ядерных реакторах' / Наймушин А.Г., Чертков Ю.Б., Аникин М.Н. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 111 с. - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/701502>
5. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г. Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2013. - 398 с.:-( Высшее образование: Бакалавриат). - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/392652>
6. Поршневу, С.В. Компьютерное моделирование физических процессов в пакете MATLAB [Электронный ресурс] : учебное пособие / С.В. Поршневу. ? Электрон. дан. ? Санкт-Петербург : Лань, 2011. ? 736 с. ? Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/650>.

## 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

- eLIBRARY.RU - НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА - <https://elibrary.ru/defaultx.asp>  
ЭБС "Консультант студента" - <https://biblioclub.ru>  
ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - <http://www.studentlibrary.ru>  
Электронно-библиотечная система znanium.com - <http://znanium.com>  
Электронно-библиотечная система Издательства Лань - <https://e.lanbook.com>

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала преподаваемым преподавателем. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. В конце семестра у студента должен быть конспект лекций на все пройденные темы.
практические занятия	Во время практических занятий будут решены задачи по теме пройденных лекций. Во время пары практических занятий минимум один студент на одно занятие будет выводиться к доске для разбора решения задачи. Также для дополнительного понятия темы будут выдаваться задачи для решения на дом. Для стимуляции студентов при решении задач будут выставляться дополнительные баллы.
самостоятельная работа	Начиная подготовку к занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.
устный опрос	Подготовка к опросу проводится в ходе самостоятельной работы студентов и включает в себя повторение пройденного материала по вопросам предстоящего опроса. Помимо основного материала студент должен изучить дополнительную рекомендованную литературу и информацию по теме, в том числе с использованием Интернет-ресурсов. Устный опрос проводится во время проведения лекции, в ходе лабораторных и практических занятий, при сдаче рефератов. Целью опроса является определение остаточных знаний у студентов.

Вид работ	Методические рекомендации
реферат	Реферат студенты готовят индивидуально, является домашним заданием. К указанному сроку студенты должны подготовить реферат по требованиям выданным преподавателем, распечатать и принести на проверку. Реферат представляет письменный материал по определённой теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников. В нем в обобщенном виде представляется материал на определенную тему, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Рефераты могут являться изложением содержания какой-либо научной работы, статьи и т.п.
проверка практических навыков	Для успешного освоения материала студентам рекомендуется сначала ознакомиться с учебным материалом, изложенным в лекциях и основной литературе, затем выполнить самостоятельные задания, при необходимости обращаясь к дополнительной литературе и примерам задач решенных в практических занятиях.
зачет	Готовиться к зачету необходимо последовательно, с учетом вопросов на зачет, разработанных ведущим преподавателем кафедры. При подготовке к зачету студент должен повторно изучить конспекты лекций и рекомендованную литературу, просмотреть решения основных задач, решенных самостоятельно и на практических занятиях, а также составить письменные или устные ответы на все вопросы, вынесенные на зачет.

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

Освоение дисциплины "Физическое моделирование и конструирование сложных тепломассообменных систем" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. 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, учебно-методические комплексы, 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 образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя 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 обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Освоение дисциплины "Физическое моделирование и конструирование сложных тепломассообменных систем" 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.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 13.04.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" и магистерской программе Энергоменеджмент .