

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**  
Заместитель директора  
по образовательной деятельности  
НЧИ КФУ  
Ахметов Н.Д.  
"\_\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Теоретические основы обработки концентрированными потоками энергии

Направление подготовки: 28.03.02 - Наноинженерия

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
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 (модуля)
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 литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
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 (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) заведующий кафедрой, к.н. (доцент) Галиакбаров А.Т. (Кафедра физики НИ, Отделение информационных технологий и энергетических систем), azatgaliakbarov@yandex.ru

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и экспериментального исследования
ПК-4	способностью осуществлять подготовку данных для составления обзоров и отчетов

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

Основные законы преобразования энергии в материалах

Должен уметь:

Рассчитывать тепловое поле в зоне воздействия концентрированных потоков энергии на материалы

Должен владеть:

Математическим аппаратом для расчета тепловых полей в зоне взаимодействия КПЭ с материалами

Должен демонстрировать способность и готовность:

использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и

экспериментального исследования

осуществлять подготовку данных для составления обзоров и отчетов

**2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 28.03.02 "Наноинженерия ()" и относится к дисциплинам по выбору.

Осваивается на 4 курсе в 7, 8 семестрах.

**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 9 зачетных(ые) единиц(ы) на 324 часа(ов).

Контактная работа - 108 часа(ов), в том числе лекции - 42 часа(ов), практические занятия - 42 часа(ов), лабораторные работы - 24 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 144 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 7 семестре; экзамен в 8 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. Введение. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Источники					

тепла. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности.

7

4

4

0

18

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Термический цикл и скорости изменения температуры. Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Теплофизика воздействия излучения лазера.	7	4	4	0	18
3.	Тема 3. Характеристики тепловых источников при ЭЛО. Основные процессы взаимодействия ЭЛО с материалом.	7	5	5	0	18
4.	Тема 4. Постановка задач нагрева лазерного излучения и электронно-лучевой обработки. Пространственные модели источников теплоты при ЛИ и ЭЛО.	7	5	5	0	18
5.	Тема 5. Стыковая сварка материалов. Учет поверхностной теплоотдачи. Выбор схемы расчета температурного поля при сварке импульсным ЛИ.	8	4	4	4	10
6.	Тема 6. Критические плотности потока. Температура центра неподвижного источника тепла.	8	4	4	4	10
7.	Тема 7. Температурное поле предельного состояния. Скорости нагрева и охлаждения. Градиент температуры. Нелинейные задачи воздействия ЛИ и ЭЛ.	8	4	4	4	10
8.	Тема 8. Учет температурной зависимости коэффициента для движущегося источника тепла при ЛИ и ЭЛ.	8	4	4	4	10
9.	Тема 9. Задачи абляции материалов. Остаточные напряжения в материале после теплового воздействия.	8	4	4	4	16
10.	Тема 10. Электротепловая аналогия. Воздействие непрерывного ЛИ на сплавы на основе железа.	8	4	4	4	16
	Итого		42	42	24	144

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

**Тема 1. Введение. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Источники тепла. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности.**

Введение. Общие понятия. Источник теплоты. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности. Частные случаи уравнения теплопроводности. Уравнение Лапласа. Источники тепла. Мгновенные источники тепла в неограниченных телах. Непрерывно действующие источники тепла. Числа Пекле и Фурье. Законы распределения плотности теплообразующих потоков. Движущиеся источники тепла. Получение формулы для движущегося источника теплоты. Одномерный движущийся источник. Полосовой движущийся источник. Быстродвижущиеся источники тепла. Получение формулы для быстродвижущегося источника тепла. Одномерный и двухмерный быстродвижущийся источник теплоты. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов. Метод граничных элементов.

## **Тема 2. Термический цикл и скорости изменения температуры. Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Теплофизика воздействия излучения лазера.**

Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Эффективность взаимодействия лазерного излучения с веществом. Коэффициент отражения. Поглощательная способность. Влияние поляризации на эффективность взаимодействия лазерного излучения с материалом. Теплофизика воздействия излучения лазера. Поглощение и передача энергии. Нагрев и плавление. Лазерная эрозия. Остывание. Пространственно-временные характеристики лазерного излучения. Постановка задач нагрева лазерного излучения и электронно-лучевой обработки. Распределение плотности потока лазерного излучения. Временные структуры импульсов лазерного излучения.

## **Тема 3. Характеристики тепловых источников при ЭЛО. Основные процессы взаимодействия ЭЛО с материалом.**

Характеристики тепловых источников при ЭЛО. Основные процессы взаимодействия ЭЛО с материалом. Применение понятия поверхностный и объемный источник тепла при электронно-лучевой обработке. Глубина проникновения электронов. Распределение энергетических потерь электронов. Зона взаимодействия электронного луча с веществом. Влияние отношения диаметра луча к глубине проникновения электронов на распределение температур.

## **Тема 4. Постановка задач нагрева лазерного излучения и электронно-лучевой обработки. Пространственные модели источников теплоты при ЛИ и ЭЛО.**

Постановка задач нагрева лазерного излучения и электронно-лучевой обработки. Полуограниченные, ограниченные и многослойные тела. Краевые условия.

Пространственные модели источников теплоты при ЛИ и ЭЛО. Одномерные модели. Уравнение для полубесконечного тела в одномерной модели. Влияние временной структуры ЛИ на модель.

## **Тема 5. Стыковая сварка материалов. Учет поверхностной теплоотдачи. Выбор схемы расчета температурного поля при сварке импульсным ЛИ.**

Стыковая сварка материалов. Малый период с начала нагрева материалов. Большой период времени с начала нагрева материалов. Учет поверхностной теплоотдачи. Условия, при которых следует учитывать поверхностную теплоотдачу. Радиационная и конвективная теплоотдача.

Выбор схемы расчета температурного поля при сварке импульсным ЛИ. Модель двухслойной пластины. Процесс нагрева при трех значениях времени.

## **Тема 6. Критические плотности потока. Температура центра неподвижного источника тепла.**

Критические плотности потока. Критические плотности потока при достижении температуры плавления материала. Критические плотности потока при достижении температуры кипения материала. Время достижения температуры плавления и кипения в центре пятна нагрева.

Температура центра неподвижного источника тепла. Температурное поле предельного состояния. Коэффициент теплонасыщения. Температура в процессе теплонасыщения.

## **Тема 7. Температурное поле предельного состояния. Скорости нагрева и охлаждения. Градиент температуры. Нелинейные задачи воздействия ЛИ и ЭЛ.**

Скорости нагрева и охлаждения. Градиент температуры. Зависимость скорости нагрева от плотности потока, теплопроводности, теплоемкости и времени. Понятие сток теплоты. Зависимость скорости охлаждения от плотности потока. Нелинейные задачи воздействия ЛИ и ЭЛ. Нелинейность I рода. Нелинейность II рода. Нелинейность III рода.

## **Тема 8. Учет температурной зависимости коэффициента для движущегося источника тепла при ЛИ и ЭЛ.**

Учет температурной зависимости коэффициента для движущегося источника тепла при лазерном излучении и электронно-лучевой обработке. Температурная зависимость поглощательной способности. Температурная зависимость теплофизических коэффициентов. Температурная зависимость оптических коэффициентов. Теплофизика плазменного воздействия на материалы.

## **Тема 9. Задачи абляции материалов. Остаточные напряжения в материале после теплового воздействия.**

Задачи абляции материалов. Остаточные напряжения в материале после теплового воздействия. Распределение температуры в твердой и жидкой фазе. Скорость перемещения твердой и жидкой фазы. Расчет остаточных напряжений (температурных, кристаллизации и т.д.). Ионно-плазменная обработка материалов. Взаимодействие ионов с веществом.

## **Тема 10. Электротепловая аналогия. Воздействие непрерывного ЛИ на сплавы на основе железа.**

Электротепловая аналогия. Условия применимости метода электротепловой аналогии. Применение модели из электропроводной бумаги, создание RC - сетки.

Воздействие непрерывного ЛИ на сплавы на основе железа. Изменение структуры и свойств металлов и сплавов в зонах обработки импульсным ЛИ. Изменение микротвердости в углеродистых сталях, в чугунах, в легированных сталях, в алюминии, в цветных металлах, в титановых и твердых сплавах.

### 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"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

### 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 7</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Презентация	ОПК-1, ПК-4	1. Введение. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Источники тепла. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности. 2. Термический цикл и скорости изменения температуры. Физические основы взаимодействия лазерного излучения с веществом. Теплофизика воздействия излучения лазера.
2	Презентация	ПК-4, ОПК-1	3. Характеристики тепловых источников при ЭЛО. Основные процессы взаимодействия ЭЛО с материалом.
3	Презентация	ПК-4, ОПК-1	4. Постановка задач нагрева лазерного излучения и электронно-лучевой обработки. Пространственные модели источников теплоты при ЛИ и ЭЛО.
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ПК-4	
<b>Семестр 8</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Лабораторные работы	ОПК-1	6. Критические плотности потока. Температура центра неподвижного источника тепла.
2	Лабораторные работы	ОПК-1	7. Температурное поле предельного состояния. Скорости нагрева и охлаждения. Градиент температуры. Нелинейные задачи воздействия ЛИ и ЭЛ.
3	Лабораторные работы	ОПК-1	8. Учет температурной зависимости коэффициента для движущегося источника тепла при ЛИ и ЭЛ.
4	Лабораторные работы	ОПК-1	9. Задачи абляции материалов. Остаточные напряжения в материале после теплового воздействия.
5	Лабораторные работы	ОПК-1	10. Электротепловая аналогия. Воздействие непрерывного ЛИ на сплавы на основе железа.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
6	Курсовая работа по дисциплине	ПК-4, ОПК-1	5. Стыковая сварка материалов. Учет поверхностной теплоотдачи. Выбор схемы расчета температурного поля при сварке импульсным ЛИ.
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, 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 7</b>						
<b>Текущий контроль</b>						
Презентация	Превосходный уровень владения материалом. Высокий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения полностью соответствуют задачам презентации. Используются надлежащие источники и методы.	Хороший уровень владения материалом. Средний уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения в основном соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы в основном соответствуют поставленным задачам.	Удовлетворительный уровень владения материалом. Низкий уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения слабо соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы частично соответствуют поставленным задачам.	Неудовлетворительный уровень владения материалом.	1	
				Неудовлетворительный уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения не соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы не соответствуют поставленным задачам.		2
				Неудовлетворительный уровень доказательности, наглядности, качества преподнесения информации. Степень полноты раскрытия материала и использованные решения не соответствуют задачам презентации. Используются источники и методы не соответствуют поставленным задачам.		3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебного-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.		
<b>Семестр 8</b>						



Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Текущий контроль</b>					
Лабораторные работы	Оборудование и методы использованы правильно. Проявлена превосходная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения полностью освоены. Результат лабораторной работы полностью соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы в основном правильно. Проявлена хорошая теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения в основном освоены. Результат лабораторной работы соответствует её целям.	Оборудование и методы частично использованы правильно. Проявлена удовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения частично освоены. Результат лабораторной работы частично соответствует её целям.	Оборудование и методы использованы неправильно. Проявлена неудовлетворительная теоретическая подготовка. Необходимые навыки и умения не освоены. Результат лабораторной работы не соответствует её целям.	1
					2
					3
					4
					5
Курсовая работа по дисциплине	Продемонстрирован высокий уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники в нужном количестве. Структура работы и применённые методы соответствуют поставленным задачам. Работа характеризуется оригинальностью, теоретической и/или практической ценностью. Оформление соответствует требованиям.	Продемонстрирован средний уровень владения материалом по теме работы. Используются надлежащие источники. Структура работы и применённые методы в целом соответствуют поставленным задачам. Работа в достаточной степени самостоятельна. Оформление в основном соответствует требованиям.	Продемонстрирован низкий уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, методы и структура работы частично соответствуют её задачам. Уровень самостоятельности низкий. Оформление частично соответствует требованиям.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом по теме работы. Используются источники, методы и структура работы не соответствуют её задачам. Работа несамостоятельна. Оформление не соответствует требованиям.	6

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	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 7**

**Текущий контроль**

**1. Презентация**

Темы 1, 2

Понятие источник теплоты. Источники тепла.

Мгновенные источники тепла в неограниченных телах.

Непрерывно действующие источники тепла. Числа Пекле и Фурье.

Законы распределения плотности теплообразующих потоков.

Одномерный и двухмерный быстро движущийся источник теплоты.

Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности. Метод конечных разностей.

Метод конечных элементов.

Метод граничных элементов.

**2. Презентация**

Тема 3

Электронно-лучевая обработка (ЭЛО).

Основные процессы взаимодействия ЭЛО с материалом.

Поверхностный и объемный источник тепла при электронно-лучевой обработке.

Глубина проникновения электронов. Распределение энергетических потерь электронов.

Зона взаимодействия электронного луча с веществом.

Влияние отношения диаметра луча к глубине проникновения электронов на распределение температур.

**3. Презентация**

Тема 4

Тепловая задача для полуограниченных тел.

Тепловая задача для ограниченных тел.

Тепловая задача для многослойных тел.

Постановка задачи. Краевые условия.

Пространственные модели источников теплоты при ЛИ и ЭЛО.

Одномерные модели.

Уравнение для полубесконечного тела в одномерной модели.

Влияние временной структуры ЛИ на модель.

### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Источники теплоты при действии КПЭ на материалы.
2. Мгновенные источники в неограниченных телах.
3. Непрерывно действующие источники.
4. Движущиеся источники.
5. Численные методы решения дифференциального уравнения теплопроводности.
6. Метод конечных элементов.
7. Метод конечных разностей.
8. Краткий обзор развития представлений о взаимодействии электронного луча с материалом.
9. Характеристики теплового источника при электронно-лучевой обработке.
10. Пространственно - временные характеристики ЛИ.
11. Пространственно - временные характеристики ЭЛ.
12. Постановка задач нагрева ЛИ и ЭЛ. Линейные задачи теплопроводности, неподвижные источники.
13. Уравнения теплопроводности, краевые условия.
14. Одномерные модели.
15. Пространственные модели, неподвижный источник теплоты.
16. Пластина конечной толщины.
17. Двухслойные материалы. Идеальный тепловой контакт.
18. Неидеальный тепловой контакт.
19. Стыковая сварка материалов.
20. Малый период и большой период времени с начала нагрева.
21. Объемный источник.
22. Учет поверхностной теплоотдачи.
23. Выбор схемы расчета температурного поля при сварке импульсным ЛИ.
24. Сравнение расчетных и опытных данных.
25. Процессы переноса энергии в материале.
26. Опишите формирование зоны термического влияния в материале.
27. Влияние длины волны и степени поляризации лазерного излучения на поглощение энергии.
28. В чем достоинства и недостатки при аналитическом и численном решении задач нагрева тел.
29. Учет теплоты плавления материала при расчете температуры в зоне воздействия
30. Достоинства и недостатки при обработке материала лазерным излучением

### **Семестр 8**

#### **Текущий контроль**

##### **1. Лабораторные работы**

Тема 6

1. Измерение и расчет температурного поля при воздействии КПЭ.
2. Измерение и расчет температурного поля при воздействии непрерывно действующего источника теплоты.

Цель работы: научиться использовать при расчете температурного поля в металле при воздействии концентрированных потоков энергии метод тепловых источников.

Контрольные вопросы:

1. Когда можно применять понятие ?концентрированные потоки энергии??
2. Когда можно ввести понятие ?источник тепла??
3. На какие по скорости перемещения разделяют источники тепла?
4. Какие законы распределения плотности тепловыделения применяют при расчетах?
5. На какие по длительности функционирования разделяют источники тепла?
6. Опишите критерий Пекле
7. Опишите критерий Фурье
8. Назовите элементы лабораторной установки
9. Приведите порядок эксперимента
10. Сравните экспериментальные и теоретические данные.

##### **2. Лабораторные работы**

Тема 7

1. Температурное поле при воздействии лазерного излучения на металлическую пластину.

Цель работы: Изучение температурного поля в металлической пластине при влиянии лазерного излучения.

Теоретические основы.

Экспериментальная часть.

Описание экспериментальной установки.

Контрольные вопросы:

1. Каким образом происходит поглощение энергии при лазерном излучении?
2. По какому закону считается закон распределения удельной плотности мощности излучения?
3. Как определяется глубина проникновения теплового потока?
4. Опишите экспериментальную установку.
5. На что влияет коэффициент температуропроводности материала?
6. Как влияет плотность мощности излучения на температуру в материале?
7. Каков механизм передачи энергии в материале
8. Закон Бугера
9. Электронная, фононная проводимость
10. Расчет ошибок при эксперименте

### 3. Лабораторные работы

Тема 8

1. Измерение и расчет температурного поля при воздействии движущегося источника теплоты.

Цель работы: научиться использовать при расчете температурного поля в металле при воздействии концентрированных потоков энергии метод тепловых источников.

1. Когда можно применять понятие ?концентрированные потоки энергии??
2. Когда можно ввести понятие ?источник тепла??
3. На какие по скорости перемещения разделяют источники тепла?
4. Какие законы распределения плотности тепловыделения применяют при расчетах?
5. На какие по длительности функционирования разделяют источники тепла?
6. Порядок проведения эксперимента:
7. Экспериментальная часть
8. Быстродвижущиеся источники.
9. Движущиеся источники.
10. Теоретическая часть.

### 4. Лабораторные работы

Тема 9

1. Плавление при воздействии лазерного излучения в металлической пластине.

Цель работы: научиться определять время достижения температуры плавления на поверхности металла при воздействии лазерного излучения.

Контрольные вопросы:

1. Что влияет на время проплавления?
2. Чем отличается температура плавления и температура кипения металла?
3. В каком случае в формулу подставляется температура плавления и температура кипения?
4. Как увеличить время действия импульса ЛИ?
5. Опишите экспериментальную установку?
6. Как влияет материал на величину критической плотности потока?
7. Экспериментальная часть. Порядок проведения работы
8. Теоретическая часть. Критические плотности потока.
9. Как учитывается теплота плавления
10. Модель полубесконечного тела

### 5. Лабораторные работы

Тема 10

1. Электротепловая аналогия.

Цель работы:

Получить представление о сущности метода аналогии и его математическом описании; ознакомиться с экспериментальными методами исследования с использованием методов аналогий.

1. В чем заключается сущность метода аналогий, в т.ч. и электротепловой?
2. Какие преимущества метода электротепловой аналогии вы знаете?
3. Что характеризует уравнения теплопроводности и электропроводности (в размерных и безразмерных формах)?
4. Каков порядок моделирования для конкретного образца (выбор материала, масштаба модели, разбиение на участки для подачи напряжений, расчет сопротивлений)?
5. Как моделируются нестационарные процессы теплопроводности?
6. Каков порядок пересчета распределения потенциалов на модели на поля температур?
7. Введение. Основные теоретические положения

8. Нахождение двумерного стационарного поля температур в поперечном сечении образца.
9. описание экспериментальной установки
10. Порядок выполнения работы

#### **6. Курсовая работа по дисциплине**

##### Тема 5

1. Расчет температурного поля в стали при лазерной сварке Ст3.
2. Расчет температурного поля в стали при лазерной резке Ст3.
3. Расчет температурного поля в стали при лазерной сварке 08Ю.
4. Расчет температурного поля в стали при лазерной резке 08Ю.
5. Расчет температурного поля в меди при лазерной сварке.
6. Расчет температурного поля в меди при лазерной резке.
7. Расчет температурного поля в стали при лазерной импульсной обработке.
8. Расчет температурного поля в стали при плазменной резке Ст3.
9. Расчет температурного поля в стали при электронно-лучевой сварке Ст3.
10. Расчет температурного поля в стали при электронно-лучевой сварке 08Ю.

#### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Движущиеся источники теплоты. Критические плотности потока.
2. Нагрев пластины.
3. Нагрев полубесконечного тела
4. Температура центра неподвижного источника теплоты
5. Температурное поле предельного состояния.
6. Быстродействующий источник теплоты.
7. Критические плотности потока.
8. Скорости нагрева и охлаждения.
9. Градиент температуры.
10. Нелинейные задачи воздействия ЛИ и ЭЛ.
11. Нелинейности 1 рода.
12. Нелинейность 2 рода.
13. Нелинейности 3 рода.
14. Температурная зависимость поглотительной способности.
15. Учет температурной зависимости теплофизических коэффициентов. Полуограниченное тело.
16. Учет температурной зависимости теплофизических коэффициентов для движущихся источников теплоты.
17. Учет температурной зависимости теплофизических и оптических коэффициентов.
18. Задачи абляции материалов.
19. Изменение структуры и свойств металлов и сплавов в зонах обработки импульсным излучением лазера.
20. Воздействие импульсного излучения лазера на железо и железуглеродистые сплавы.
21. Воздействие непрерывного лазерного излучения на сплавы на основе железа.
22. Электротепловая аналогия.
23. Применение RC-сетки при электротепловой аналогии.
24. Расчет технологического процесса при раскрое материала лазерным излучением
25. Расчет технологического процесса при сварке материала лазерным излучением
26. Расчет технологического процесса при термообработке материала лазерным излучением
27. Нетермическое воздействие лазерного излучения на материал
28. Нетермическое воздействие электронного луча на материал
29. Расчет технологического процесса при раскрое материала плазмой
30. Особенности технологического процесса с применением концентрированных потоков энергии.

#### **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 7</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Презентация	Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии или сдает её в электронном виде преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.	1	20
		2	20
		3	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся дается время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50
<b>Семестр 8</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Лабораторные работы	В аудитории, оснащенной соответствующим оборудованием, обучающиеся проводят учебные эксперименты и тренируются в применении практико-ориентированных технологий. Оцениваются знание материала и умение применять его на практике, умения и навыки по работе с оборудованием в соответствующей предметной области.	1	8
		2	8
		3	8
		4	8
		5	8
Курсовая работа по дисциплине	Курсовую работу по дисциплине обучающиеся пишут самостоятельно дома. Темы и требования к работе формулирует преподаватель. Выполненная работа сдается преподавателю в сброшюрованном виде. В работе предлагается собственное решение определенной теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, применение исследовательских методов, проведение отдельных стадий исследования, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения.	6	10
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся дается время на подготовку. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

**8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>ЭБС ZNANIUM.COM (НИЦ ИНФРА-М) - <http://znanium.com/>ЭБС Издательства "Лань" - <http://e.lanbook.com/>**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий студент должен вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе подготовки к практическим работам необходимо изучить учебно-методические материалы и, при необходимости, основную и дополнительную литературу. При этом следует учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением конспекта теоретической части работы. Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.
лабораторные работы	В ходе подготовки к лабораторным работам необходимо изучить учебно-методические материалы и, при необходимости, основную и дополнительную литературу. При этом следует учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы студент должен стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале. Заканчивать подготовку следует составлением конспекта теоретической части работы. Это позволяет составить концентрированное, сжатое представление по изучаемым вопросам.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студента обеспечивает подготовку студента к текущим аудиторным занятиям и контрольным мероприятиям для всех дисциплин учебного плана. Результаты этой подготовки проявляются в активности студента на занятиях и в качестве выполненных контрольных работ, тестовых заданий, сделанных докладов и других форм текущего контроля. Самостоятельная работа студента включает в себя следующие формы работ: - изучение лекционного материала, предусматривающие проработку конспекта лекций и учебной литературы; - поиск (подбор) и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса; - выполнение домашнего задания или домашней контрольной работы, выдаваемых на практических занятиях; - изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение; - подготовка к практическим занятиям; - подготовка к контрольной работе; - подготовка к зачету или экзамену; - написание реферата или подготовка презентации по заданной проблеме.
презентация	Обучающиеся выполняют презентацию с применением необходимых программных средств, решая в презентации поставленные преподавателем задачи. Обучающийся выступает с презентацией на занятии или сдаёт её в электронном виде преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме презентации, логичность, информативность, способы представления информации, решение поставленных задач.

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	В ходе подготовки к экзамену обучающимся доводятся заранее подготовленные вопросы по дисциплине. Перечень вопросов для экзамена содержится в данных учебно-методических указаниях. В преддверии экзамена преподаватель заблаговременно проводит групповую консультацию и, в случае необходимости, индивидуальные консультации с обучающимися. При проведении консультации обобщается пройденный материал, раскрывается логика его изучения, привлекается внимание к вопросам, представляющим наибольшие трудности для всех или большинства обучающихся, рекомендуется литература, необходимая для подготовки к экзамену. При подготовке к экзамену обучающиеся внимательно изучают конспект, рекомендованную литературу и делают краткие записи по каждому вопросу. Такая методика позволяет получить прочные и систематизированные знания, необходимые на экзамене.
курсовая работа по дисциплине	Курсовую работу по дисциплине обучающиеся пишут самостоятельно дома. Темы и требования к работе формулирует преподаватель. Выполненная работа сдаётся преподавателю в сброшюрованном виде. В работе предлагается собственное решение определённой теоретической или практической проблемы. Оцениваются проработка источников, применение исследовательских методов, проведение отдельных стадий исследования, формулировка выводов, соблюдение требований к структуре и оформлению работы, своевременность выполнения.

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

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

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

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Специализированная лаборатория.

#### **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 28.03.02 "Наноинженерия"

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.3 Теоретические основы обработки  
концентрированными потоками энергии

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 28.03.02 - Наноинженерия

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. Овчинников В. В. Технология термической обработки : учебник / В. В. Овчинников. - Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. - 320 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-8199-0913-3. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1087707> (дата обращения: 09.10.2020). - Текст : электронный.
2. Быковский, О. Г. Сварка и резка цветных металлов : учебное пособие / О. Г. Быковский, В. А. Фролов, В. В. Пешков. - Москва : Альфа-М, ИНФРА-М, 2019. - 336 с. - (Бакалавриат). - ISBN 978-5-98281-392-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/590247> (дата обращения: 09.10.2020)
3. Структура и свойства неметаллических материалов : учебное пособие / Г. В. Пачурин, Т. А. Горшкова, С. М. Шевченко, А. А. Филиппов ; под общ. ред. Г. В. Пачурина. - Москва : ФОРУМ, ИНФРА-М, 2019. - 104 с. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-00091-010-8. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1009764> (дата обращения: 09.10.2020). - Текст : электронный.

**Дополнительная литература:**

1. Материаловедение и технология материалов : учебное пособие / под ред. А. И. Батышева, А. А. Смолькина. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 288 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-004821-5. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1068798> (дата обращения: 09.10.2020). - Текст : электронный.
2. Глуш Г. Г. Физические основы лазерной обработки материалов : монография / Г. Г. Глуш, И. Ю. Смуров. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 592 с. - ISBN 978-5-9221-1712-8. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/105004> (дата обращения: 09.10.2020). - Текст : электронный
3. Григорьянц А. Г. Лазерная прецизионная микрообработка материалов : монография / А. Г. Григорьянц, М. А. Казарян, Н. А. Лябин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - 416 с. - ISBN 978-5-9221-1699-2. // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/104998> (дата обращения: 09.10.2020). - Текст : электронный

*Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.3 Теоретические основы обработки  
концентрированными потоками энергии*

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 28.03.02 - Наноинженерия

Профиль подготовки:

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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 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 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.