

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Саровский физико-технический институт -**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего  
образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
(СарФТИ НИЯУ МИФИ)

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра «Теоретической и экспериментальной механики»**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан ФТФ, член корр. РАН, д.ф-м.н.**

\_\_\_\_\_ **А.К. Чернышев**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2023 г.**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Методы и техника физического эксперимента**

наименование дисциплины

|                                        |                                                   |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Направление подготовки (специальность) | 15.03.03 Прикладная механика                      |
| Наименование образовательной программы | Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры |
| Квалификация (степень) выпускника      | бакалавр                                          |
| Форма обучения                         | очная                                             |

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ,

д.т.н., доцент

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2023 г.

\_\_\_\_\_ **А.Л. Михайлов**

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ **2023 г.**

г. Саров, 2023 г.

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

Программа переутверждена на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год с изменениями в соответствии с семестровыми учебными планами академических групп ФИТЭ, ФТФ на 202\_\_\_\_/202\_\_\_\_ учебный год.

Заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов

| <b>Семестр</b> | <b>В форме<br/>практической<br/>подготовки</b> | <b>Трудоемкость,<br/>кред.</b> | <b>Общий объем<br/>курса, час.</b> | <b>Лекции, час.</b> | <b>Практич.<br/>занятия, час.</b> | <b>Лаборат. работы,<br/>час.</b> | <b>СРС, час.</b> | <b>КР/КП</b> | <b>Форма(ы)<br/>контроля,<br/>экс./зач./ЗсО/</b> | <b>Интерактивные<br/>часы</b> |
|----------------|------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------|------------------|--------------|--------------------------------------------------|-------------------------------|
| <b>7</b>       | 32                                             | 4                              | 144                                | 16                  | 16                                | 16                               | 69               | -            | Э                                                | 16                            |
| <b>ИТОГО</b>   | <b>32</b>                                      | <b>4</b>                       | <b>144</b>                         | <b>16</b>           | <b>16</b>                         | <b>16</b>                        | <b>69</b>        | -            | <b>27</b>                                        | <b>16</b>                     |

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Методы и техника физического эксперимента» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.03.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника бакалавр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач и потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

### **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Целью дисциплины является изучение основ оптического и рентгеновского методов диагностики состояния вещества и конструкций в динамических процессах и техники физического эксперимента с применением этих методов, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю.

По завершению освоения данной дисциплины студент способен и готов:

- ✓ правильно воспринимать, анализировать и обобщать исходную информацию, ставить цель и находить пути её достижения;
- ✓ осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности;
- ✓ использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях.

Задачами дисциплины являются:

- ✓ познакомить обучающихся с основами оптических и рентгеновских методов диагностики в физических экспериментах;
- ✓ научить обоснованно применять полученные знания к прикладным задачам статики, динамики, исследований быстропротекающих процессов.

### **2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО**

*Индекс дисциплины: Б1.В.ДВ.05.01*

Дисциплина относится к профессиональному циклу основной образовательной программы подготовки бакалавров по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления 15.03.03 Прикладная механика.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «Информационные технологии», «Высшая математика», «Физика», «Измерения неэлектрических величин», «Вычислительная механика», «Экспериментальная механика», «Физика взрыва»,

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Ожидается, что в результате освоения дисциплины студент приобретет следующие компетенции:

#### Профессиональные компетенции (ПК)

в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

| Задача профессиональной деятельности (ЗПД)                                                                         | Объект или область знания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Код и наименование профессиональной компетенции                                                                                          | Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Тип задачи профессиональной деятельности: <b>научно-исследовательский</b>                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                               |
| участие в составе научно-исследовательской группы в научно-исследовательских работах в области прикладной механики | Физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики. | <b>ПК-1.1</b> Способен обрабатывать и анализировать результаты измерений, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытаний) | З-ПК-1.1 Знать методы и средства научных исследований<br>У-ПК-1.1 Уметь разрабатывать методики обработки результатов измерений полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания) |
|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»     | В-ПК-1.1 Владеть навыками проведения анализа результатов измерений, полученных в результате испытаний изделий (объектов испытания)                                                            |
|                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>ПК-2</b> Способен к осуществлению выполнения экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок                         | З-ПК-2 Знать цели и задачи проводимых исследований разработок; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации<br>У-ПК-2 Уметь оформлять результаты научно-    |

|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»</p>                                                                                                      | <p>исследовательских и опытно-конструкторских работ; применять методы проведения экспериментов В-ПК-2 Владеть проведением наблюдений и измерений, составление их описаний и формулировка выводов; составление отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p align="center"><b>Тип задачи профессиональной деятельности:</b><br/><b>расчетно-экспериментальный с элементами научно-исследовательской деятельности</b></p>  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| <p>выполнение расчетно-экспериментальных работ в области прикладной механики с помощью экспериментального оборудования для проведения механических испытаний</p> | <p>физико-механические процессы и явления, машины, конструкции, приборы и аппаратура и другие объекты современной техники различных подразделений РФЯЦ-ВНИИЭФ, которые для своего изучения и решения требуют разработки и применения экспериментальных методов исследования, математических и компьютерных моделей, основанных на законах механики.</p> | <p><b>ПК-3</b> Способен к определению расчетных характеристик материалов, применяемых при конструировании изделий</p> <p><i>Основание:</i><br/>Профессиональный стандарт «32.004. Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций»</p> | <p>З-ПК-3 Знать основы теории проведения измерений при экспериментальных работах; основы материаловедения; физические и механические характеристики конструкционных материалов; основы теории устойчивости конструкций; основы механики разрушения; основы теории колебаний У-ПК-3 Уметь применять методики расчета на прочность различных типов конструкций; применять инструментарий: - пользоваться стандартным программным обеспечением при оформлении документации и инженерных расчетов; - пользоваться программным обеспечением для расчетов на прочность В-ПК-3 Владеть экспериментальное определение усталостных</p> |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |                                                                                                                                                                                                                                             | характеристик образцов материалов и элементов конструкции; обработка экспериментальных данных по результатам испытаний образцов; анализ результатов экспериментальных исследований                                                                                  |
|  |  | <b>ПК-1.2</b> Способен к определению расчетных характеристик материалов, применяемых при конструировании изделий<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт «32.004. Специалист по прочностным расчетам авиационных конструкций» | З-ПК-1.2 Знать физические и механические характеристики конструкционных материалов<br>У-ПК-1.2 Уметь применять методики расчета на прочность различных типов конструкций<br>В-ПК-1.2 Владеть навыками проведения анализа результатов экспериментальных исследований |

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет \_\_\_ 4 \_\_\_ кредитов, **144** часов.

| № п/п            | Раздел учебной дисциплины                                                                | Недели | Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                         |             | Текущий контроль успеваемости<br>(неделя, форма) | Аттестация раздела (неделя, форма) | Максимальный балл за раздел * |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
|                  |                                                                                          |        | Лекции                                                                                       | Практ. занятия/семинары | Лаб. работы |                                                  |                                    |                               |
|                  |                                                                                          |        | <b>16</b>                                                                                    | <b>16</b>               | <b>16</b>   |                                                  |                                    |                               |
| <b>7 семестр</b> |                                                                                          |        |                                                                                              |                         |             |                                                  |                                    |                               |
| 1                | Свет. Закономерности оптических явлений                                                  |        | <b>4</b>                                                                                     | <b>4</b>                | <b>4</b>    | Контр. работа/<br>устный опрос                   | Контр. работа/<br>устный опрос     |                               |
| 2                | Фотографическая регистрация: щелевая развертка, покадровая съемка фото- и киноаппаратами |        | <b>4</b>                                                                                     | <b>4</b>                | <b>4</b>    | Контр. работа/<br>устный опрос                   | Контр. работа/<br>устный опрос     |                               |
| 3                | Метод импульсной рентгенографии, рентгеновские лучи                                      |        | <b>4</b>                                                                                     | <b>4</b>                | <b>4</b>    | Контр. работа/<br>устный опрос                   | Контр. работа/<br>устный опрос     |                               |
| 4                | Регистрация рентгеновского изображения                                                   |        | <b>4</b>                                                                                     | <b>4</b>                | <b>4</b>    | Контр. работа/<br>устный опрос                   | Контр. работа/<br>устный опрос     |                               |
| ...              | <b>Экзамен</b>                                                                           |        |                                                                                              |                         |             |                                                  |                                    | <b>0 - 50</b>                 |
|                  | <b>СРС – 69 час</b>                                                                      |        |                                                                                              |                         |             |                                                  |                                    | <b>100</b>                    |

#### **4.1. Содержание разделов дисциплины.**

1. Свет. Закономерности оптических явлений. Волновые свойства света. Электромагнитная природа света.
2. Фотографическая регистрация: щелевая развертка, покадровая съемка фото- и киноаппаратами. Растровая регистрация; оптико-механическая коммутацией. Теневая и интерференционная фотография. Высокоскоростная регистрирующая аппаратура.
3. Метод импульсной рентгенографии, рентгеновские лучи. Тормозное рентгеновское излучение: природа. Тормозное рентгеновское излучение: интенсивность. Характеристическое рентгеновское излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Ослабление интенсивности, вторичные процессы.
4. Регистрация рентгеновского изображения. Рентгеновские установки. Рентгенографический комплекс РФЯЦ - ВНИИЭФ, рентгенографические эксперименты.

Проводятся лабораторные работы, посвященные изучению оптических и рентгенографических методов диагностики состояния вещества и конструкций в динамических процессах и техники физического эксперимента с применением этих методов, необходимых в профессиональной деятельности по выбранному профилю.

**Лабораторная работа №1.** Регистрация ударной волны с применением щелевой развертки. Фотохронограф.

Цель работы: Получение фотохронограммы и определение параметров УВ по свечению ударного фронта.

**Лабораторная работа №2.** Растровая регистрация ударного фронта. Фотохронограф.

Цель работы: Получение растровой фотохронограммы и определение разновременности выхода УВ на заданную границу.

Рентгенография.

**Лабораторная работа №3.** Регистрация статического рентгеновского изображения макета. Определение характеристик макета по изображению. Рентгеновская трубка.

Цель работы: Изучение по данным рентгенограммы (плотность почернения, положение границ, их размытие) характеристик объекта: плотности веществ, геометрических размеров и проч.

**Лабораторная работа №4.** Регистрация структуры монокристаллов, получение, обмер и интерпретация дифрактограмм. Регистрация рентгеновского изображения ступенчатых образцов из материалов разной плотности. Построение и обсчет характеристических кривых регистрирующих системы.

Цель работы: Знакомство с методом импульсного рентгеноструктурного анализа. Практическое определение параметров регистрирующей системы по характеристическим кривым.

## **5 ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В рамках учебной программы запланированы лекционные занятия с использованием различных видов демонстрационной подачи учебного материала (компьютер, типичные образцы натуральных размеров, плакаты, кино- видео материалы и др.). Предусмотрен разбор конкретных постановок экспериментов с поэтапным анализом процесса и обсуждением конечного результата. Запланирован психологический тренинг с целью безопасного обращения с ВВ, токсичными и радиоактивными материалами. Предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, участие в Харитоновских Научных Чтениях и других конференциях

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.**

### **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов заключается в подготовке к лекциям и опросу, к выполнению лабораторных работ и собеседованиям, к контрольным работам и зачету.

**Формы контроля:** промежуточный – 2 контрольные работы, итоговый – зачет.

### **Контрольные вопросы:**

ОПТИКА:

- 1 Природа и свойства света
- 2 Лучевая оптика и оптические приборы
- 3 Волновые процессы
- 4 Интерференция волн
- 5 Дифракция света
- 6 Эффект Доплера
- 7 Шкала электромагнитных волн
- 8 Поляризация поперечных волн
- 9 Поляризация света
- 10 Дисперсия света
- 11 Двойное лучепреломление
- 12 Фоторегистрация с щелевой разверткой
- 13 Регистрация фото- и киноаппаратами
- 14 Растровая фотография и кинематография
- 15 Оптико-механическая коммутация

16 Теневая и интерференционная фотография

17 Фоторегистрирующая аппаратура, импульсные источники света, световые затворы.

#### РЕНТГЕНОГРАФИЯ:

1 Открытие и главные свойства рентгеновских лучей

2 Природа рентгеновских лучей

3 Дифракция рентгеновских лучей Закон Вульфа-Брэгга

4 Возбуждение рентгеновских лучей

5 Импульсная теория тормозного излучения

6 Квантовая теория возбуждения тормозного излучения

7 Сплошной спектр тормозного излучения

8 Интенсивность тормозного рентгеновского излучения

9 Зависимость интенсивности излучения от напряжения, тока, вещества анода

10 Коэффициент полезного действия рентгеновской трубки

11 Пространственное распределение интенсивности тормозного рентгеновского излучения

12 Характеристическое рентгеновское излучение

13 Фотоэлектрический эффект

14 Рассеяние рентгеновских лучей - эффект Комптона

15 Образование пар

16 Вторичные процессы при взаимодействии рентгеновских лучей с веществом

17 Ослабление интенсивности рентгеновских лучей вследствие поглощения и рассеяния

18 Измерение энергии рентгеновских лучей

19 Рентгеновские трубки

20 Ускорители заряженных частиц: линейный ускоритель, циклотрон, индукционный ускоритель электронов – бетатрон

21 Фотографическая регистрация рентгеновского изображения

22 Электронно-оптические преобразователи или регистраторы

23 Приборы с зарядовой связью (ПЗС-камеры)

24 ADC - регистрация

### **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Основная литература:**

#### **ОПТИКА:**

1 А.С.Дубовик “Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов”. Наука, Москва, 1984.

- 2 Г.Д.Саламандра “Фотографические методы исследования быстропротекающих процессов”. Наука, Москва, 1974.
  - 3 В.В.Гарнов, Б.Г.Горюнов, Н.М.Сидинская. Высокоскоростная фоторегистрирующая аппаратура для регистрации ядерных взрывов и других быстропротекающих процессов. / ФГВ, т.40, №6, 2004. С. 132-137.
  - 4 Л.А.Новицкий, Б.ИМ.Степанов “Фотометрия быстропротекающих процессов”. Справочник, Машиностроение, Москва, 1983.
  - 5 Дж. Б. Мэрион. “Физика и физический мир”. Мир. Москва, 1975.
  - 6 В.К. Ашаев, А.Д. Левин, О.Н.Миронов. «Оптический метод измерения параметров ударных волн». Письма в ЖТФ, том 6, выпуск 16. С. 1005. 1980.
  - 7 ФГВ. 1988, №1. Ашаев В.К., Доронин Г.С., Левин А.Д. О структуре детонационного фронта в конденсированных ВВ.
  - 8 Б.У.Барщевский “Квантово-оптические явления”. Высшая школа, Москва, 1982.
  - 9 Н. Соболев “Лазеры и их будущее”. АТОМИЗДАТ, Москва, 1968.
  - 10 В.А.Алешкевич, Д.Ф.Киселев, В.В.Корчажкин “Лазеры в лекционном эксперименте”. Издательство Московского университета, 1985.
  - 11 Свалухин А.И. Введение в пространственно-временную регистрацию.-Снежинск: Изд-во РФЯЦ-вннитф, 2010.-183 с.:ил.
  12. Корсунский М.И. «Оптика, строение атома, атомное ядро». Физматгиз, Москва, 1962.
- РЕНТГЕНОГРАФИЯ:
1. В.С.Соловьев. Рентгенографические методы исследования быстропротекающих процессов. Учебное пособие. Москва, МВТУ им. Баумана, 1987.
  2. Методы исследования свойств материалов при интенсивных динамических нагрузках. Монография / Под общ. ред. Д-ра физ.-мат наук М.В.Жерноклетова. 2-ое изд. Саров: ФГУП РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2005.-403с.-ил.
  3. Цукерман В.А., Манакова М.А. Импульсный рентгеновский источник для исследования быстропротекающих процессов. ЖТФ. 1957. Т.27, №2.
  4. Ф.Н.Хараджа «Общий курс рентгентехники». Изд-во «Энергия», М.-Л., 1966. 568 стр. с рис.
  5. Ю.А.Быстров, С.А.Иванов Ускорители и рентгеновские приборы. М., Высшая школа. 1976г.
  6. В.А.Цукерман, Л.В.Тарасова, С.И.Лобов Новые источники рентгеновских лучей. Успехи физических наук. 1971, Т103, с. 319-337.
  7. С.П.Вавилов. Импульсная рентгеновская техника. Москва, №Энергия». 1981.
  9. А.А.Воробьев, В.И.Горбунов, В.А.Воробьев, Г.В.Титов. Бетатронная дефектоскопия материалов и изделий. Москва, «Атомиздат». 1965.

10. В.Н.Козловский. Информация в импульсной рентгенографии. Снежинск: Изд-во РФЯЦ-ВНИИТФ. 2006, 304 с., ил. Под ред.Б.В.Литвинова.
11. А.И.Павловский, Г.Д.Кулешов, Г.В.Склизков, Ю.А.Зысин, А.И.Герасимов. Безжелезные сильноточные бетатроны.//ДАН СССР. 1965. Т.160, №1. С. 68-71.
12. Белкин Н.В., Канунов И.И., Авилов Э.А., Боголюбов В.В., Куваева Т.В. Импульсный рентгеновский аппарат “Эридан-2Д”. Отчет, ВНИИЭФ, инв. № 4/6998, 1988.
13. Эридан-3-07. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. ВНИИЭФ, инв. № 03Т/18., 1993.
14. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике: Учебное пособие / Долгопрудный: Издательский Дом “Интеллект”, 2010.-304с.
15. Ю.Я.Нефедов, В.Т.Пунин. Методы диагностики параметров высокоинтенсивных импульсных источников ионизирующих излучений.
16. А.Л.Картужанский, Л.В.Красный-Адмони. Химия и физика фотографических процессов. Ленинград, «Химия». 1983.
17. В.М.Соколов. Выбор оптимальных физико-технических условий рентгенографии. Ленинград, «Медицина». 1979.
18. Э.Каценеленбоген. Свойства и применение фотографических материалов. Москва, Госкиноиздат. 1950.
19. А.И.Свалухин. Введение в пространственно-временную регистрацию. Снежинск: Изд-во РФЯЦ ВНИИТФ. 2010. 183с., ил.
20. Ю.Н.Гороховский, В.П.Баранова. Свойства черно-белых фотографических пленок. М.: Наука, 1970. – 388 с.
21. А.С.Дубовик. Фотографическая регистрация быстротекущих процессов. М.: Наука, 1975.
22. Метод импульсной рентгенографии в исследованиях детонации. Препринт. РФЯЦ-ВНИИЭФ.-108-2011. В.А. Комрачков , А.Д.Ковтун, Ю.М.Макаров, А.Л.Михайлов, К.Н.Панов. Саров. РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2011..57с.
23. Невозмущающие методы диагностики быстротекущих процессов/ Под.ред.доктора техн. наук. А.Л. Михайлова-Саров ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»,2015.-322с.
- 24 Комрачков В.А., Михайлов А.Л., Рыжкова Л.Н., Клостер С.А. НЕВОЗМУЩАЮЩИЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ Часть 1. Оптические методы исследования быстротекущих процессов. Учебно-методическое пособие для студентов обучающихся по направлению подготовки 15.03.03, 15.04.03 Прикладная механика . СарФТИ НИЯУ МИФИ, Саров.2018
- 25 Ерастов А.В., Комрачков В.А., Михайлов А.Л., Рыжкова Л.Н. НЕВОЗМУЩАЮЩИЕ

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ. Часть 2. Рентгеновские методы исследования быстропротекающих процессов. Учебно-методическое пособие для студентов обучающихся по направлению подготовки 15.03.03, 15.04.03 Прикладная механика . СарФТИ НИЯУ МИФИ, Саров.2018

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Аудитории СарФТИ, лабораторное оборудование СарФТИ и уникальные установки ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению 15.03.03 Прикладная механика.

**Программу составил:** доцент кафедры ОТДиЭ, к.т.н.,

В.А. Комрачков

**Рецензент:** заведующий кафедрой ТиЭМ, д.т.н., доцент

А.Л. Михайлов