

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

« 30 » июня 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Динамика машин**

наименование дисциплины

|  |   |
|--|---|
| Направление подготовки (специальность) | 15.04.03 Прикладная механика                      |
| Наименование образовательной программы | Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры |
| Квалификация (степень) выпускника      | магистр   |
| Форма обучения                         | очная   |

Программа одобрена на заседании кафедры

Зав. кафедрой ТиЭМ, доцент, д.т.н.

А.Л. Михайлов

протокол № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 2022 г.

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

г. Саров, 2022 г.

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

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

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

А.Л. Михайлов

| Семестр      | В форме<br>практической<br>подготовки | Трудоемкость,<br>кред. | Общий объем<br>курса, час. | Лекции, час. | Практич.<br>занятия, час. | Лаборат. работы,<br>час. | СРС, час. | КР/ КЭ   | Форма(ы)<br>контроля,<br>экс./зач./ЗСО/ | Интерактивные<br>часы |
|--------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------------|--------------|---------------------------|--------------------------|-----------|----------|---|-----------------------|
| <b>3</b>     | 16                                    | 3                      | 108                        | 16           | 16                        | -                        | 76        | -        | Зач                                     | 6                     |
| <b>ИТОГО</b> | <b>16</b>                             | <b>3</b>               | <b>108</b>                 | <b>16</b>    | <b>16</b>                 | <b>-</b>                 | <b>76</b> | <b>-</b> | <b>-</b>                                | <b>6</b>              |

## **АННОТАЦИЯ**

Дисциплина «Динамика машин» обеспечивает не только нормативно-методическую базу освоения обучающимися профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика», с квалификацией выпускника магистр, но и высокую профессиональную конкурентоспособность выпускников и их востребованность для решения актуальных задач у потребностей регионального и Всероссийского рынка труда, с учетом перспектив его развития.

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

Целью дисциплины «Динамика машин» является обучение студентов основ науки о динамике и прочности машин, практическому применению методов и методик вибрационных, виброударных и ударных испытаний различных видов конструкций, построению расчетных математических модулей, обработка экспериментальных данных.

Освоение студентами теоретических и практических навыков по подбору и назначению режимов испытаний, применению и освоению методов измерений физических (неэлектрических) величин электрическими методами при проведении экспериментальных исследований динамики и прочности машин, приборов, конструкций и материалов при динамических воздействиях.

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

Дисциплина «Динамика машин» относится к базовой части образовательной программы подготовки магистров по профилю «Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры» направления 15.04.03 «Прикладная механика».

Преподавание курса базируется на знании дисциплин, читаемых студентам физико-технических специальностей: «Математика», «Теоретическая механика», «Теория колебаний», «Теория случайных процессов», «Теория вероятности и математической статистики», «Метрология, стандартизация, сертификация».

Дисциплина занимает одно из важных мест в системе подготовки инженера-механика-исследователя, являясь разделом в курсе «Экспериментальные методы исследования».

### 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:<br><b>научно-исследовательский, включающий расчетно-экспериментальную деятельность</b> |  |  |  |
| подготовка и проведение расчетно-экспериментальных исследований 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-2</b> Способен к выполнению экспериментов и оформлению результатов исследований и разработок.<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам»  | <b>З-ПК-2</b> Знать: методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации<br><b>У-ПК-2</b> Уметь: оформлять результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Уметь: применять методы проведения экспериментов<br><b>В-ПК-2</b> Владеть: навыками составления отчетов (разделов отчетов) по теме или по результатам проведенных экспериментов  |
|  |  | <b>ПК-3</b> Способен к проведению расчетных и экспериментальных работ по определению характеристик долговечности и живучести конструкции изделия<br><br><i>Основание:</i><br>Профессиональный стандарт «40.011. Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам» | <b>З-ПК-3</b> Знать: методики проведения расчетных и экспериментальных работ по определению характеристик долговечности и живучести конструкции изделия<br><b>У-ПК-3</b> Уметь: проводить расчетные и экспериментальные работы по определению характеристик долговечности и живучести конструкции изделия<br><b>В-ПК-3</b> Владеть: анализ результатов расчетов и экспериментов по подтверждению долговечности и живучести конструкции |

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ\*

| №<br>п/п                        | Наименование раздела /темы дисциплины  | №<br>недели | Виды учебной работы |                                |                |              |                                 | Максимальный<br>балл<br>(см. п. 5.3) |           |
|---------------------------------|--|-------------|---------------------|--------------------------------|----------------|--------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------|
|                                 |  |             | Лекции              | Практ.<br>занятия/<br>семинары | Лаб.<br>работы | СРС          | Текущий<br>контроль<br>(форма)* |                                      |           |
|                                 |  |             | 16                  | 16                             | -              | 76           |                                 |                                      |           |
| <b>Семестр 3</b>                |  |             |                     |                                |                |              |                                 |                                      |           |
| <b>Раздел 1.</b>                |  |             |                     |                                |                |              |                                 |                                      |           |
| 1.1.                            | Тема 1. Спектральное разложение стационарных случайных процессов                 | 1-2         | 2                   | 2                              |                | 12           | УО, ДЗ                          | 5                                    |           |
| 1.2                             | Тема 2. Усталостная прочность. Оценка долговечности                              | 3-5         | 4                   | 2                              |                | 20           | УО, ДЗ                          | 5                                    |           |
| 1.3                             | Тема 3. Теоретические основы удара и виброудара                                  | 6-7         | 2                   | 4                              |                | 12           | УО, ДЗ                          | 5                                    |           |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | <b>8</b>    |                     |                                |                |              |                                 | <b>ИЗ</b>                            | <b>10</b> |
| <b>Раздел 2.</b>                |  |             |                     |                                |                |              |                                 |                                      |           |
| 2.1                             | Тема 1. Общие сведения о производственной вибрации                               | 9-12        | 4                   | 4                              |                | 12           | УО, ДЗ                          | 5                                    |           |
| 2.2                             | Тема 2. Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Методики. | 13-16       | 4                   | 4                              |                | 20           | УО, ДЗ                          | 10                                   |           |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | <b>16</b>   |                     |                                |                |              |                                 | <b>ИЗ</b>                            | <b>10</b> |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |  |             |                     |                                |                | <b>Зачет</b> | <b>-</b>                        | <b>45</b>                            |           |
| <b>Посещаемость</b>             |  |             |                     |                                |                |              |                                 |                                      | <b>5</b>  |
| <b>Итого:</b>                   |  |             | <b>16</b>           | <b>16</b>                      | <b>-</b>       | <b>76</b>    | <b>-</b>                        | <b>100</b>                           |           |

\*Сокращение наименований форм текущего, рубежного и промежуточного контроля:

УО – устный опрос

ДЗ – домашнее задание

ИЗ – индивидуальное задание

## 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| №                | Наименование раздела /темы дисциплины  | Содержание   |
|------------------|--|--|
| <b>3 семестр</b> |  |  |
| <b>Раздел 1.</b> |  |  |
| 1.1              | Тема 1. Спектральное разложение стационарных случайных процессов                 | Спектральная плотность стационарной случайной функции. Белый шум. Критерий широкополосности спектра. Система с одним входом и выходом. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Воздействие случайной стационарной нагрузки на линейную колебательную систему. Выбросы случайных процессов.  |
| 1.2              | Тема 2. Усталостная прочность. Оценка долговечности                              | Усталая прочность. Малоцикловая усталость, многоцикловая усталость. Базы испытаний. Кривая усталость. Предел выносливости. Оценка долговечности при случайных режимов нагружения. Постулат теории Пальмгрена-Майнера.  |
| 1.3              | Тема 3. Теоретические основы удара и виброудара                                  | Теория Герца. Виброудар. Общие понятия. Причина возникновения виброударных нагрузок. Характеристики виброударных нагрузок.   |
| <b>Раздел 2.</b> |  |  |
| 2.1              | Тема 1. Общие сведения о производственной вибрации                               | Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.   |
| 2.2              | Тема 2. Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Методики. | Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Порядок проведения лабораторно-конструкторских испытаний. Методики измерений амплитудно-частотных и фазов 0-частотных характеристик. Методика транспортных испытаний. Методика траекторных вибрационных испытаний. Методика ударных испытаний. Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаний. Установки для вибрационных испытаний. Измерение и задание режимов нагружения при вибрационных испытаниях. |

### Практические/семинарские занятия

| №                | Наименование раздела /темы дисциплины                            | Содержание  |
|------------------|--|---|
| <b>3 семестр</b> |  |   |
| <b>Раздел 1.</b> |  |   |
| 1.1              | Тема 1. Спектральное разложение стационарных случайных процессов | Спектральная плотность стационарной случайной функции. Белый шум. Критерий широкополосности спектра. Система с одним входом и выходом. Амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики. Воздействие случайной |

|                  |  |  |
|------------------|--|--|
|                  |  | стационарной нагрузки на линейную колебательную систему. Выбросы случайных процессов.  |
| 1.2              | Тема 2. Усталостная прочность. Оценка долговечности                              | Усталая прочность. Малоцикловая усталость, многоцикловая усталость. Базы испытаний. Кривая усталость. Предел выносливости. Оценка долговечности при случайных режимов нагружения. Постулат теории Пальмгрена-Майнера.  |
| 1.3              | Тема 3. Теоретические основы удара и виброудара                                  | Теория Герца. Виброудар. Общие понятия. Причина возникновения виброударных нагрузок. Характеристики виброударных нагрузок.   |
| <b>Раздел 2.</b> |  |  |
| 2.1              | Тема 1. Общие сведения о производственной вибрации                               | Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.   |
| 2.2              | Тема 2. Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Методики. | Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Порядок проведения лабораторно-конструкторских испытаний. Методики измерений амплитудно-частотных и фазов 0-частотных характеристик. Методика транспортных испытаний. Методика траекторных вибрационных испытаний. Методика ударных испытаний. Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаний. Установки для вибрационных испытаний. Измерение и задание режимов нагружения при вибрационных испытаниях. |

#### 4.3. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы студентов

1. Методические рекомендации для выполнения практических работ.
2. Материалы с решениями задач, полученные студентами на практических занятиях.

В семестре предусмотрено проведение индивидуальных и контрольных работ по расчету параметров и организации производства взрывных технологий (сварка, упрочнение, резка), а также выполнение домашних заданий по описанию физических закономерностей динамического нагружения и разрушения конструкций.

Форма организации индивидуальных занятий:

- ✓ самостоятельное изучение отдельных проблемных вопросов курса и выполнение домашнего индивидуального задания под контролем преподавателя.

Содержание индивидуальных занятий:

- ✓ освоение основных элементов современных методов обработки экспериментальных данных;
- ✓ освоение концепции измерения в классическом естествознании.



#### 4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

##### 5.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

| Раздел                          | Темы занятий   | Компетенция  | Индикаторы освоения                              | Текущий контроль, неделя |
|---------------------------------|--|--------------|--|--------------------------|
| <b>Семестр 3</b>                |  |              |  |                          |
| Раздел 1                        | Тема 1. Спектральное разложение стационарных случайных процессов                 | ПК-2<br>ПК-3 | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | УО, ДЗ 1-2               |
|                                 | Тема 2. Усталостная прочность. Оценка долговечности                              |              | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | УО, ДЗ 3-5               |
|                                 | Тема 3. Теоретические основы удара и виброудара                                  |              | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | УО, ДЗ 6-7               |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | ПК-2<br>ПК-3 | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | ИЗ 8                     |
| Раздел 2                        | Тема 1. Общие сведения о производственной вибрации                               | ПК-2<br>ПК-3 | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | УО, ДЗ 9-12              |
|                                 | Тема 2. Общие вопросы организации и проведения динамических испытаний. Методики. |              | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | УО, ДЗ 13-16             |
| <b>Рубежный контроль</b>        |  | ПК-2<br>ПК-3 | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | ИЗ 16                    |
| <b>Промежуточная аттестация</b> |  | ПК-2<br>ПК-3 | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | <b>Зачет</b>             |

**5.2. Примерные контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

##### 5.2.1. Оценочные средства для текущего контроля

###### 5.2.1.1. Примерные вопросы для устного опроса (УО)

1. Колебания линейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания.

2. Выбросы случайных процессов  $X(t)$ , реализация  $X(t)$ . Эффективный период процесса. Средняя продолжительность выброса  $X(t)$ .
3. Свободные колебания при наличии сил сопротивления.
4. Выбросы процесса скоростей  $X(t)$ , процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса скоростей. Средняя продолжительность выброса при  $X_0 = 0$ .
5. Вынужденные колебания при отсутствии сил сопротивления. Резонанс.
6. Выбросы процесса ускорений  $X(t)$  процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса ускорений. Средняя продолжительность выброса ускорений при  $X_0 = 0$ .
7. Вынужденные колебания при наличии сил сопротивления пропорционально скорости колебаний.
8. Усталостная прочность. Определения: усталость материала, выносливость, малоцикловая усталость, база испытаний. Кривая Велера.
9. Колебания систем с несколькими степенями свободы. Динамика колебаний двухмассовой системы.
10. Оценка долговечности при случайных режимах нагружения.
11. Динамика колебаний двухмассовой системы. Действие сил вязкого сопротивления.
12. Теория Герца.
13. Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
14. Виброудар. Общие понятия. Причины возникновения виброударных нагрузок и их характеристики.
15. Случайные величины. Функция распределения случайной величины. Начальный и центральный момент порядка  $K$ . Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной величины.
16. Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.
17. Нормальный закон – закон Гаусса.
18. Методика транспортных испытаний.
19. Закон Релея.
20. Методика траекторных испытаний.
21. Закон распределения Райса.
22. Методика ударных испытаний.
23. Случайные функции, случайные процессы и их характеристики.
24. Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаниях.
25. Стационарные случайные функции.
26. Установка для вибрационных испытаний.
27. Свойства корреляционной функции.

28. Измерение амплитудно-частотных характеристик. Понятие о контрольных и задающих датчиках.
29. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.
30. Определение по АЧХ основных динамических характеристик конструкции.
31. Спектральная плотность стационарной случайной функции.
32. Способы исследования реакции механических колебательных систем при ЛКО.
33. Основные свойства спектральной плотности.
34. Понятие о методике идентификации механических систем путем минимизации функции качества. Последовательность ее осуществления.
35. Белый шум.
36. Общая классификация виброизмерительных приборов.
37. Критерий широкополосности спектра.
38. Устройство и принцип действия пьезоакселерометра. Технические характеристики датчика АП11.
39. Системы с одним входом и выходом.
40. Принцип действия и устройство электродинамического вибростенда.

#### **5.2.1.2. Примерные вопросы для домашнего задания (ДЗ)**

1. Колебания линейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания.
2. Выбросы случайных процессов  $X(t)$ , реализация  $X(t)$ . Эффективный период процесса. Средняя продолжительность выброса  $X(t)$ .
3. Свободные колебания при наличии сил сопротивления.
4. Выбросы процесса скоростей  $X(t)$ , процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса скоростей. Средняя продолжительность выброса при  $X_0 = 0$ .
5. Вынужденные колебания при отсутствии сил сопротивления. Резонанс.
6. Выбросы процесса ускорений  $X(t)$  процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса ускорений. Средняя продолжительность выброса ускорений при  $X_0 = 0$ .
7. Вынужденные колебания при наличии сил сопротивления пропорционально скорости колебаний.
8. Усталостная прочность. Определения: усталость материала, выносливость, малоцикловая усталость, база испытаний. Кривая Велера.
9. Колебания систем с несколькими степенями свободы. Динамика колебаний двухмассовой системы.
10. Оценка долговечности при случайных режимах нагружения.
11. Динамика колебаний двухмассовой системы. Действие сил вязкого сопротивления.

12. Теория Герца.
13. Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
14. Виброудар. Общие понятия. Причины возникновения виброударных нагрузок и их характеристики.
15. Случайные величины. Функция распределения случайной величины. Начальный и центральный момент порядка  $K$ . Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной величины.
16. Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.
17. Нормальный закон – закон Гаусса.
18. Методика транспортных испытаний.
19. Закон Релея.
20. Методика траекторных испытаний.
21. Закон распределения Райса.
22. Методика ударных испытаний.
23. Случайные функции, случайные процессы и их характеристики.
24. Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаниях.
25. Стационарные случайные функции.
26. Установка для вибрационных испытаний.
27. Свойства корреляционной функции.
28. Измерение амплитудно-частотных характеристик. Понятие о контрольных и задающих датчиках.
29. Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
30. Определение по АЧХ основных динамических характеристик конструкции.
31. Спектральная плотность стационарной случайной функции.
32. Способы исследования реакции механических колебательных систем при ЛКО.
33. Основные свойства спектральной плотности.
34. Понятие о методике идентификации механических систем путем минимизации функции качества. Последовательность ее осуществления.
35. Белый шум.
36. Общая классификация виброизмерительных приборов.
37. Критерий широкополосности спектра.
38. Устройство и принцип действия пьезоакселерометра. Технические характеристики датчика АП11.
39. Системы с одним входом и выходом.
40. Принцип действия и устройство электродинамического вибростенда.

## 5.2.2 Оценочные средства для рубежного контроля

### 5.2.2.1 Примерные вопросы для индивидуальных заданий (ИЗ)

1. Колебания линейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания.
2. Выбросы случайных процессов  $X(t)$ , реализация  $X(t)$ . Эффективный период процесса. Средняя продолжительность выброса  $X(t)$ .
3. Свободные колебания при наличии сил сопротивления.
4. Выбросы процесса скоростей  $X(t)$ , процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса скоростей. Средняя продолжительность выброса при  $X_0 = 0$ .
5. Вынужденные колебания при отсутствии сил сопротивления. Резонанс.
6. Выбросы процесса ускорений  $X(t)$  процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса ускорений. Средняя продолжительность выброса ускорений при  $X_0 = 0$ .
7. Вынужденные колебания при наличии сил сопротивления пропорционально скорости колебаний.
8. Усталостная прочность. Определения: усталость материала, выносливость, малоцикловая усталость, база испытаний. Кривая Велера.
9. Колебания систем с несколькими степенями свободы. Динамика колебаний двухмассовой системы.
10. Оценка долговечности при случайных режимах нагружения.
11. Динамика колебаний двухмассовой системы. Действие сил вязкого сопротивления.
12. Теория Герца.
13. Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
14. Виброудар. Общие понятия. Причины возникновения виброударных нагрузок и их характеристики.
15. Случайные величины. Функция распределения случайной величины. Начальный и центральный момент порядка  $K$ . Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной величины.
16. Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.
17. Нормальный закон – закон Гаусса.
18. Методика транспортных испытаний.
19. Закон Релея.
20. Методика траекторных испытаний.
21. Закон распределения Райса.
22. Методика ударных испытаний.
23. Случайные функции, случайные процессы и их характеристики.
24. Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаниях.

25. Стационарные случайные функции.
26. Установка для вибрационных испытаний.
27. Свойства корреляционной функции.
28. Измерение амплитудно-частотных характеристик. Понятие о контрольных и задающих датчиках.
29. Эргодическое свойство стационарных случайных процессов.
30. Определение по АЧХ основных динамических характеристик конструкции.
31. Спектральная плотность стационарной случайной функции.
32. Способы исследования реакции механических колебательных систем при ЛКО.
33. Основные свойства спектральной плотности.
34. Понятие о методике идентификации механических систем путем минимизации функции качества. Последовательность ее осуществления.
35. Белый шум.
36. Общая классификация виброизмерительных приборов.
37. Критерий широкополосности спектра.
38. Устройство и принцип действия пьезоакселерометра. Технические характеристики датчика АП11.
39. Системы с одним входом и выходом.
40. Принцип действия и устройство электродинамического вибростенда.

### **5.2.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **5.2.3.1. Примерные вопросы к зачету**

- 1 Колебания линейной системы с одной степенью свободы. Свободные колебания.
- 2 Выбросы случайных процессов  $X(t)$ , реализация  $X(t)$ . Эффективный период процесса. Средняя продолжительность выброса  $X(t)$ .
- 3 Свободные колебания при наличии сил сопротивления.
- 4 Выбросы процесса скоростей  $X(t)$ , процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса скоростей. Средняя продолжительность выброса при  $X_0 = 0$ .
- 5 Вынужденные колебания при отсутствии сил сопротивления. Резонанс.
- 6 Выбросы процесса ускорений  $X(t)$  процесса  $X(t)$ . Эффективный период процесса ускорений. Средняя продолжительность выброса ускорений при  $X_0 = 0$ .
- 7 Вынужденные колебания при наличии сил сопротивления пропорционально скорости колебаний.
- 8 Усталостная прочность. Определения: усталость материала, выносливость, малоцикловая усталость, база испытаний. Кривая Велера.

- 9 Колебания систем с несколькими степенями свободы. Динамика колебаний двухмассовой системы.
- 10 Оценка долговечности при случайных режимах нагружения.
- 11 Динамика колебаний двухмассовой системы. Действие сил вязкого сопротивления.
- 12 Теория Герца.
- 13 Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
- 14 Виброудар. Общие понятия. Причины возникновения виброударных нагрузок и их характеристики.
- 15 Случайные величины. Функция распределения случайной величины. Начальный и центральный момент порядка  $K$ . Математическое ожидание, дисперсия и среднее квадратическое отклонение случайной величины.
- 16 Общие сведения о производственной вибрации. Производственная вибрация и человек.
- 17 Нормальный закон – закон Гаусса.
- 18 Методика транспортных испытаний.
- 19 Закон Релея.
- 20 Методика траекторных испытаний.
- 21 Закон распределения Райса.
- 22 Методика ударных испытаний.
- 23 Случайные функции, случайные процессы и их характеристики.
- 24 Воспроизведение ударных воздействий при стендовых испытаниях.
- 25 Стационарные случайные функции.
- 26 Установка для вибрационных испытаний.
- 27 Свойства корреляционной функции.
- 28 Измерение амплитудно-частотных характеристик. Понятие о контрольных и задающих датчиках.
- 29 Эрготическое свойство стационарных случайных процессов.
- 30 Определение по АЧХ основных динамических характеристик конструкции.
- 31 Спектральная плотность стационарной случайной функции.
- 32 Способы исследования реакции механических колебательных систем при ЛКО.
- 33 Основные свойства спектральной плотности.
- 34 Понятие о методике идентификации механических систем путем минимизации функции качества. Последовательность ее осуществления.
- 35 Белый шум.
- 36 Общая классификация виброизмерительных приборов.
- 37 Критерий широкополосности спектра.

38 Устройство и принцип действия пьезоакселерометра. Технические характеристики датчика АП11.

39 Системы с одним входом и выходом.

40 Принцип действия и устройство электродинамического вибростенда.

### 5.3. Шкалы оценки образовательных достижений

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

| Сумма баллов | Оценка по 4-ех балльной шкале | Оценка ECTS | Требования к уровню освоению учебной дисциплины   |
|--------------|-------------------------------|-------------|---|
| 90-100       | 5 – «отлично»                 | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы. |
| 85-89        | 4 – «хорошо»                  | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.   |
| 75-84        |                               | C           |   |
| 70-74        |                               | D           |   |
| 65-69        | 3 «удовлетворительно»         | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.    |
| 60-64        |                               |             |   |
| Ниже 60      | 2 «неудовлетворительно»       | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не  |



|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  | знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. |
|--|--|--|--|

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

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник в 3-х томах. Под общ. Ред. Н.А. Биргера и Я.Г. Пановко. «Машиностроение», 1968г.
2. В.В. Екимов Вероятностные методы в строительной механике корабля. Л.; «Судостроение» 1967г.
3. В.С. Пугачев Теория случайных функций М.; Физматгиз.1962г.
4. Вибрация в технике. Справочник в 6 томах М.; Машиностроение; 1978г.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

1. Я.Г. Пановко. «Основы прикладной теории колебаний».-М.; Машгиз, 1957г
2. В.А. Светлицкий. «Случайные колебания механических систем». М.; Машиностроение, 1991г.
3. А.А. Свешников. «Прикладные методы теории случайной функций».-Л.; Судпромгиз, 1961г.
4. В.А. Светлицкий, И.В. Стасенко. «Сборник задач по теории колебаний». М.; Высшая школа, 1979г
5. А.Ф. Романенко, Г.А. Сергеев. «Вопросы прикладного анализа случайных процессов». М.; Советское радио, 1968г.
6. А. Ленк, Ю. Ренитц. «Механические испытания приборов и аппаратов». М.; Мир, 1976г

### **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:**

- 1 Операционные системы Windows,
- 2 Стандартные офисные программы.

### **LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

- 1 Интернет-ресурсы по тематике дисциплины.

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

Набор презентаций, экзаменационные вопросы, распечатки с исходными данными для решения задач, плакаты, учебники и методические рекомендации по курсу.

Аудитории СарФТИ, лабораторное оборудование кафедры ТиЭМ ФТФ СарФТИ и уникальные установки ИФВ ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ».

Выполнение практических работ, а также самостоятельной работы студентов осуществляется на рабочих местах, оснащенных ЭВМ. Здесь же проводятся консультации по текущим вопросам.

## **8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

В соответствии с требованиями ОС ВО по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков студентов.

В рамках учебного курса студенты работают с лекционным материалом, рекомендованной литературой, выполняют практические работы, готовятся к зачету.

Также запланированы лекционные занятия с использованием различных видов демонстрационной подачи учебного материала (компьютер, типичные образцы натуральных размеров, кино- видео-материалы и др.). В процессе подготовки студенты используют программные продукты, инструментальные среды, информационно-справочные системы, информационные источники, размещенные в сети Интернет (официальные сайты, веб-порталы, тематические форумы и телекоммуникации), электронные учебники и учебно-методические пособия.

Предусмотрен разбор конкретных постановок экспериментов с постадийным 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 Чтениях и других конференциях

По дисциплине «Динамика машин» в рабочем учебном плане предусмотрены интерактивные часы для проведения практических занятий. Для реализации интерактивных форм обучения используются учебно-методические материалы, разработанные сотрудниками кафедры «Теоретической и экспериментальной механики».

## **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Учебным планом на изучение дисциплины отводится один семестр. В конце семестра предусмотрен зачет.

При преподавании дисциплины методически целесообразно в каждом разделе курса выделить наиболее важные моменты и акцентировать на них внимание обучаемых. Такие моменты отражены в изложенных выше пунктах, касающихся формируемых знаний студентов и их проверки.

В процессе преподавания дисциплины рассматривается систематическое изложение прикладной теории случайных функций и вероятностных методов для оценки ударных, вибрационных и виброударных случайных нагрузок. Излагается материал, что вероятностные методы являются единственным средством для оценки такого явления, как усталостная прочность и долговечность различных видов конструкций и их деталей.

Дается описание методик испытаний при различных видах динамических нагрузок полномасштабных конструкций. Рассматривается устройство установок для ударных, вибрационных и виброударных испытаний, классификация виброизмерительных и ударных приборов.

При проведении практических занятий студентам прививаются также навыки работы с научной и учебно-методической литературой.

Обязательным является самостоятельная работа студентов дома и в аудитории под руководством преподавателя, выполнение индивидуальных заданий, посещение международных и всероссийских конференций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ к обязательному минимуму содержания основной образовательной программы по направлению подготовки 15.04.03 «Прикладная механика».

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

Н.Д. Муравьев

**Рецензент:** доцент кафедры ТиЭМ, к.ф.-м.н., доцент

Ю.В. Батьков