



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

Целью освоения учебной дисциплины «Уравновешивание механизмов» является ознакомление студентов с основными методами уравновешивания машин, снижающими их вибрацию.

При изучении дисциплины студенты знакомятся с теоретическими и практическими методами уравновешивания роторов и рычажных механизмов, организационно-методическими и нормативными документами, регламентирующими требования к процессам уравновешивания.

На практических занятиях студенты знакомятся с методами уравновешивания роторов тяговых электродвигателей и генераторов, колесных пар, рычажных механизмов двигателей внутреннего сгорания, компрессоров и др.

В результате изучения дисциплины студенты получают знания, необходимые для разработки, оценки методов уравновешивания конкретных изделий и снижения их вибрации в соответствии с требованиями нормативных документов

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

Учебная дисциплина "Уравновешивание механизмов" относится к блоку 1 "Дисциплины (модули)" и входит в его вариативную часть.

### **2.1. Наименования предшествующих дисциплин**

Для изучения данной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

#### **2.1.1. Обработка результатов испытаний:**

Знания:

Умения:

Навыки:

#### **2.1.2. Прикладная механика:**

Знания:

Умения:

Навыки:

### **2.2. Наименование последующих дисциплин**

### 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения дисциплины студент должен:

№ п/п	Код и название компетенции	Ожидаемые результаты
1	ПК-17 способностью проводить изучение и анализ необходимой информации, технических данных, показателей и результатов работы, их обобщение и систематизацию, проводить необходимые расчеты с использованием современных технических средств	<p>Знать и понимать: условия эксплуатации рассматриваемой продукции и предъявляемые требования к качеству уравнивания.</p> <p>Уметь: проводить анализ и изучение необходимой информации, технических данных, показателей и результатов работы, их обобщение и систематизацию.</p> <p>Владеть: методами расчета с использованием современных технических средств.</p>

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ И АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСАХ

##### 4.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет:

3 зачетные единицы (108 ак. ч.).

##### 4.2. Распределение объема учебной дисциплины на контактную работу с преподавателем и самостоятельную работу обучающихся

Вид учебной работы	Количество часов	
	Всего по учебному плану	Семестр 7
Контактная работа	54	54,15
Аудиторные занятия (всего):	54	54
В том числе:		
лекции (Л)	18	18
практические (ПЗ) и семинарские (С)	36	36
Самостоятельная работа (всего)	49	49
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, часы:	103	103
ОБЩАЯ трудоемкость дисциплины, зач.ед.:	2.86	2.86
Текущий контроль успеваемости (количество и вид текущего контроля)	ПК1, ПК2	ПК1, ПК2
Виды промежуточной аттестации (экзамен, зачет)	ЗЧ	ЗЧ

### 4.3. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	7	Раздел 1 1 Основы уравнивания роторов	8		16/4	3	21	48/4	
2	7	Тема 1.1 Тема 1 Режимы работы подшипников неуравновешенного ротора	2		4/1			6/1	
3	7	Тема 1.2 Тема 2 Уравнивание роторов при конструировании	2		4/1	1		7/1	
4	7	Тема 1.3 Тема 3 Статическая балансировка роторов и её недостатки	2		4/1	1		7/1	
5	7	Тема 1.4 Тема 4 Динамическая балансировка роторов. Определение допустимых дисбалансов	2		4/1	1		7/1	ПК1
6	7	Раздел 2 2 Основы уравнивания рычажных механизмов	10		20/5	2	28	60/5	
7	7	Тема 2.1 Тема 1 Понятие о статически уравниваемом рычажном механизме. Теорема о центре масс рычажного механизма	2		4/1			6/1	
8	7	Тема 2.2 Тема 2 Уравнивание рычажных механизмов методом нуль-векторов	2		4/1	1		7/1	
9	7	Тема 2.3 Тема 3	2		4/1			6/1	

№ п/п	Семестр	Тема (раздел) учебной дисциплины	Виды учебной деятельности в часах/ в том числе интерактивной форме						Формы текущего контроля успеваемости и промежу- точной аттестации
			Л	ЛР	ПЗ/ТП	КСР	СР	Всего	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Уравновешивание механизмов методом подобия							
10	7	Тема 2.4 Тема 4 Уравновешивание многоцилиндровых машин	2		4/1	1		7/1	
11	7	Тема 2.5 Тема 5 Моментное уравновешивание рычажных механизмов	2		4/1			6/1	ПК2
12	7	Зачет						0	ЗЧ
13		Всего:	18		36/9	5	49	108/9	

#### 4.4. Лабораторные работы / практические занятия

Лабораторные работы учебным планом не предусмотрены.

Практические занятия предусмотрены в объеме 36 ак. ч.

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Наименование занятий	Всего часов/ из них часов в интерактивной форме
1	2	3	4	5
1	7	Тема 1 Режимы работы подшипников неуравновешенного ротора	Нормативные и организационно-методические документы, регламентирующие особенности различных видов неуравновешенности роторов	4 / 1
2	7	Тема 2 Уравновешивание роторов при конструировании	Выбор способа уравновешивания роторов при конструировании	4 / 1
3	7	Тема 3 Статическая балансировка роторов и её недостатки	Динамическая балансировка колесных пар и роторов тяговых двигателей локомотивов	4 / 1
4	7	Тема 4 Динамическая балансировка роторов. Определение допустимых дисбалансов	Статическое уравновешивание колесных пар и осевых вентиляторов тепловозов	4 / 1
5	7	Тема 1 Понятие о статически уравновешенном рычаж-ном механизме. Теорема о центре масс рычажного механизма	Определение траектории движения центра масс рычажного механизма компрессора	4 / 1
6	7	Тема 2 Уравновешивание рычажных механизмов методом нуль-векторов	Уравновешивание механизма компрессора методом нуль-векторов	4 / 1
7	7	Тема 3 Уравновешивание механизмов методом подобия	Уравновешивание механизма компрессора методом подобия	4 / 1
8	7	Тема 4 Уравновешивание многоцилиндровых машин	Уравновешивание многоцилиндровых компрессоров подвижного со-става железных дорог	4 / 1
9	7	Тема 5 Моментное уравновешивание рычажных механизмов	Способы моментного уравновешивания рычажных механизмов	4 / 1
ВСЕГО:				36/9

#### 4.5. Примерная тематика курсовых проектов (работ)

Курсовой проект (работа) студентов, программой не предусмотрен.



## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

- Электронная оболочка АСТ (Автоматизированная система тестирования) для оценки уровня усвоения остаточных знаний студентов.
- Электронная оболочка АСТ для самостоятельного тренинга студентов при подготовке к тестированию

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	№ семестра	Тема (раздел) учебной дисциплины	Вид самостоятельной работы студента. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы	Всего часов
1	2	3	4	5
1	7	РАЗДЕЛ 1 1 Основы уравнивания роторов	Самостоятельная проработка теоретического материала по лекциям и учебникам в течение семестра  Уравнивание колесных пар подвижного состава железных дорог Уравнивание гибких роторов Подготовка к зачету	21
2	7	РАЗДЕЛ 2 2 Основы уравнивания рычажных механизмов	Самостоятельная проработка теоретического материала по лекциям и учебникам в течение семестра  Уравнивание рычажных механизмов тормозных компрессоров подвижного состава	28
ВСЕГО:				49

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 7.1. Основная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
1	Теория механизмов и машин	Учебник для ВТУЗов	Изд. МВТУ им. Баумана, 2012	Все разделы
2	Уравновешивание механизмов	Щепетильников В.А.	Машиностроение, 1982	Все разделы
3	Справочник по балансировке		Машиностроение, 1992	Все разделы

### 7.2. Дополнительная литература

№ п/п	Наименование	Автор (ы)	Год и место издания Место доступа	Используется при изучении разделов, номера страниц
4	Основы баланси-ровочной техники в 2-х томах	Под ред. В.А. Щепетильникова	Машиностроение, 1975	Все разделы

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ "ИНТЕРНЕТ", НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. <http://library.miit.ru/> - электронно-библиотечная система Научно-технической библиотеки МИИТ.
2. <http://elibrary.ru/> - научно-электронная библиотека.
3. [www.gost.ru](http://www.gost.ru) – сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии – раздел Информационные ресурсы.
4. [www.metrob.ru](http://www.metrob.ru) – метрологический сайт, раздел «Книги».
5. [www.i-exam.ru](http://www.i-exam.ru) – единый портал интернет тестирования (тесты для самообразования и контроля).
6. Поисковые системы: Yandex, Google, Mail.

## 9. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Для проведения лекционных и практических занятий используется специализированная лекционная аудитория с компьютером, сенсорной доской, проектором и экраном. При проведении практических занятий используются образцы рабочих документов, разработанных в соответствии с требованиями нормативных документов для конкретных реальных процессов.

Компьютеры обеспечены стандартными лицензионными программными продуктами и обязательно программным продуктом Microsoft Office не ниже Microsoft Office 2007. Тестирование проводится в компьютерном классе с достаточным количеством персональных компьютеров.

Программное обеспечение: Microsoft Office и Конструктор тестов АСТ.

## **10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуются:

Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключенным к сетям INTERNET. Программное обеспечение для создания текстовых и графических документов, презентаций.

Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

Для проведения тестирования: компьютерный класс; кондиционер.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина «Уравновешивание механизмов» посвящена одной из главных задач динамики машин – уравновешиванию роторов и рычажных механизмов, с целью снижения воздействия вибрации на работу машин и здоровье человека. Практика эксплуатации различных машин показывает, что неуравновешенность машин является основной, но не единственной, причиной возникновения вибраций. В связи с этим снижение уровня вибрации машин и механизмов повышает их качество (надежность, долговечность) и снижает отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

Структурно дисциплина разделена на 2 раздела, объединенных общей целевой направленностью.

В первом разделе рассматриваются силы, действующие на подшипники неуравновешенного ротора, определяются условия наименьшего их воздействия на работу машин, а также виды неуравновешенности роторов.

При изучении этого раздела студент должен уметь правильно выбрать способ балансировки в зависимости от конструкции ротора и определить значения допустимых дисбалансов, а также знать достоинства и недостатки статической и динамической балансировки.

В связи с увеличением скоростей движения на железных дорогах РФ необходимо уделить внимание статической и динамической балансировке колесных пар подвижного состава, определению допустимых дисбалансов и способам устранения их неуравновешенности. Значительное влияние на их надежность и окружающую среду оказывает неуравновешенность рычажных механизмов двигателей внутреннего сгорания, компрессоров и других машин с поступательно движущимися звеньями.

При изучении этого раздела следует обратить внимание на источники возникновения неуравновешенных сил, определение их величин и выбор метода уравновешивания в зависимости от конструкции механизма, условий его работы и предъявляемых требований по допустимым значениям величины вибрации.

Во втором разделе рассматривается уравновешивание не только простых, но и сложных механизмов компрессоров подвижного состава железных дорог. Так как эти механизмы (компрессоры) подлежат обязательной сертификации, необходимо обратить внимание на методы их уравновешивания и допустимые значения вибрации.

При изучении этой дисциплины студент может пользоваться не только указанной литературой, но и другими источниками по поиску в сети Интернет.