

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Вибрационная надежность турбомашин

**Код модуля**  
1161185(1)

**Модуль**  
Вибрационная надежность и диагностика  
энергоустановок

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Недошивина Татьяна Анатольевна	к.т.н., доцент	доцент	Турбины и двигатели
2	Плотников Леонид Валерьевич	д.т.н., Доцент	Доцент	Турбины и двигатели

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.В. Коновалова

**Авторы:**

- Недошивина Татьяна Анатольевна, доцент, Турбины и двигатели

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Вибрационная надежность турбомашин**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	3	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Домашняя работа	2

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Вибрационная надежность турбомашин**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3 -Способен планировать и проводить комплексные исследования и изыскания для решения инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию полученных результатов	З-2 - Характеризовать возможности исследовательской аппаратуры и методов исследования, используя технические характеристики и области применения П-1 - Выполнять в рамках поставленного задания экспериментальные комплексные научно-технические исследования и изыскания для решения инженерных задач в области профессиональной деятельности, включая обработку, интерпретацию и оформление результатов	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Контрольная работа № 1 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	У-1 - Собирать и анализировать научно-техническую информацию для оптимального планирования исследования и изыскания	
УК-4 -Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном(ых) языке(ах), для академического и профессионального взаимодействия	<p>Д-1 - Проявлять доброжелательность и толерантность по отношению к коммуникативным партнерам</p> <p>З-1 - Определять специфику, разновидности, инструменты и возможности современных коммуникативных технологий для академического и профессионального взаимодействия</p> <p>З-2 - Излагать нормы и правила составления устных и письменных текстов для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках</p> <p>П-1 - Составлять устные и письменные тексты для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках в соответствии с правилами и нормами</p> <p>П-2 - Осуществлять поиск вариантов использования инструментов современных коммуникативных технологий для решения проблемных ситуаций академического и профессионального взаимодействия</p> <p>У-1 - Анализировать и оценивать письменные и устные тексты для научного и официально-делового общения на родном и иностранном (-ых) языках на соответствие правилам и нормам и корректировать их</p> <p>У-2 - Воспринимать и анализировать содержание письменных и устных текстов на родном и иностранном (ых) языках с целью определения значимой информации</p>	<p>Домашняя работа № 1</p> <p>Домашняя работа № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

	У-3 - Выбирать инструменты современных коммуникативных технологий для эффективного осуществления академического и профессионального взаимодействия	
ОПК-6 -Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективност и производственного цикла и продукта	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p> <p>П-2 - Предлагать и аргументированно доказывать целесообразность корректировок параметров эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов для повышения уровня энерго и ресурсосбережения производственного цикла и продукта</p> <p>У-2 - Оценивать ход эксплуатации технологического оборудования и реализации технологических процессов на основании визуального анализа и показаний контрольно-измерительной аппаратуры</p>	<p>Домашняя работа № 1</p> <p>Домашняя работа № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>
ПК-5 -Способность проводить оценку технического состояния оборудования с использованием методов диагностики турбомашин, и принимать обоснованные решения по восстановлению состояния узлов и деталей в процессе	<p>З-1 - Перечислить основные понятия теории колебаний и виброметрии, динамики энергоустановок и технической диагностики</p> <p>З-2 - Охарактеризовать свойства материалов, используемых в энергоустановках для деталей, работающих при статической и динамической нагрузке</p> <p>З-3 - Перечислить характерные дефекты и неисправности узлов и деталей оборудования,</p>	<p>Домашняя работа № 2</p> <p>Контрольная работа № 1</p> <p>Контрольная работа № 2</p> <p>Лабораторные занятия</p> <p>Лекции</p> <p>Практические/семинарские занятия</p> <p>Экзамен</p>

<p>ремонта паротурбинных и газотурбинных установок и двигателей</p>	<p>причины их возникновения и способы устранения</p> <p>П-1 - Выполнять аналитические расчеты, проводить статистическую обработку и графический анализ данных по параметрам работы турбомашин</p> <p>П-2 - Производить расчеты колебаний роторов и валопроводов турбоустановок</p> <p>П-3 - Иметь первичный опыт дефектации изделий и обоснованного принятия решений о целесообразности проведения восстановительного ремонта деталей и узлов турбомашин</p> <p>У-1 - Анализировать данные по параметрам работы оборудования, используя метод графического анализа, для выполнения аналитических расчетов и статистической обработки</p> <p>У-2 - Различать свойства роторов и валопроводов турбоустановок, влияющие на динамику их работы и техническое состояние оборудования</p> <p>У-3 - Идентифицировать вид дефекта оборудования и определять возможности и способы восстановления его работоспособности</p>	
---	--	--

### **3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4**

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Контрольная работа 1</i>	1,1.17	50
<i>Контрольная работа 2</i>	1,1.17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.3</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа 1</i>	1,1.12	60
<i>Участие в работе на практических занятиях</i>	1,1.12	40
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.3</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>домашняя работа 2</i>	1,1.14	50
<i>выполнение отчетов по работам</i>	1,1.14	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– <b>не предусмотрено</b>		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – <b>не предусмотрено</b>		

#### 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)		
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов	Шкала оценивания



	<b>обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно но (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## **5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ**

### **5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля**

#### **5.1.1. Лекции**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### **5.1.2. Практические/семинарские занятия**

Примерный перечень тем

1. . Колебания систем. Уравнение движения системы.
2. Приборы для оценки вибрационного состояния объектов
3. Построение модели лопатки для оценки ее свойств.
4. Динамика роторов и валопроводов. Балансировка.
5. Показатели надежности.
6. Диагностические признаки повреждений оборудования энергоустановок.
7. Промышленная безопасность на опасных производственных объектах

Примерные задания

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.1.3. Лабораторные занятия**

Примерный перечень тем

1. Цифровая обработка сигнала вибрации.
2. Построение диаграммы Кемпбелла для лопаточного аппарата.
3. Изучение балансировочного оборудования, работа с прибором.

4. Построение схемы измерения вибрации на агрегате.
  5. . Исследование усталостной прочности лопаток системой Zetlab.
- LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа № 1**

Примерный перечень тем

1. Оценка уровня вибрации объекта, соответствия нормативной документации

Примерные задания

1. Указать показатели и единицы измерения вибрации технических устройств.
2. Сформулировать требования к нормальному вибрационному состоянию объекта
3. Указать нормативный документ, в соответствии с которым регламентируется работа

объекта.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.2. Контрольная работа № 2**

Примерный перечень тем

1. Расчет балансировочных грузов

Примерные задания

1. Выполнить расчет балансировочных грузов для уравнивания жесткого ротора.

Исходные данные: амплитуда колебаний опоры 1 -60 мкм, угол 130 градусов, опоры 2 - 70 мкм, угол 60 градусов. Результаты пусков с пробными грузами: груз 1 в плоскости первой опоры (100 грамм под углом 90 градусов) приводит к изменению вибрации на первой опоре до значений 40 мкм, угол 45 градусов, на второй - 60 мкм, угол 100 градусов; груз 2 в плоскости второй опоры (100 грамм под углом 90 градусов) приводит к изменению вибрации на первой опоре до значений 30 мкм, угол 90 градусов, на второй - 20 мкм, угол 90 градусов.

Степень уравниваемости 10% от исходного уровня вибрации. Рассчитать суммарные уравнивающие грузы и вектора влияния грузов в плоскостях.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.3. Домашняя работа № 1**

Примерный перечень тем

1. Исследование уравниваемости коленчатого вала двигателя

Примерные задания

1. Выбрать кривошипную схему коленчатого вала, исследовать на уравниваемость и, при необходимости, уравновесить все силы инерции и их моменты четырехтактного четырехцилиндрового V-образного двигателя.

2. Выбрать кривошипную схему коленчатого вала, исследовать на уравниваемость и, при необходимости, уравновесить все силы инерции и их моменты четырехтактного двухцилиндрового рядного двигателя.

3. Выбрать кривошипную схему коленчатого вала, исследовать на уравновешенность и, при необходимости, уравновесить все силы инерции и их моменты двухтактного четырехцилиндрового рядного двигателя.

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.2.4. Домашняя работа № 2**

Примерный перечень тем

1. Исследование динамики ротора

Примерные задания

В специализированных расчетных программах построить модель выбранного ротора, и исследовать его динамику на опорах различной жесткости. Определить собственные частоты и построить формы колебаний ротора при жесткости опор, близкой к реальному значению, на абсолютно жестких и податливых опорах. Построить зависимость изменения частот от жесткости опор. Провести анализ полученных результатов.

LMS-платформа – не предусмотрена

### **5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля**

#### **5.3.1. Экзамен**

Список примерных вопросов

1. Кинематика колебательного движения. Свободные и вынужденные колебания. Гармонические колебания. Векторное представление колебаний.
2. Сложение колебаний. Синхронные и несинхронные колебания. Биения и модулированные колебания
3. Общее уравнение движения системы с одной степенью свободы.
4. Уравнение вынужденных колебаний системы с одной степенью свободы под воздействием гармонической силы.
5. Колебания вала с диском по середине на жестких опорах.
6. Вал на податливых опорах. Влияние податливости опор на критические частоты вращения.
7. Вал на податливых анизотропных опорах.
8. . Влияние демпфирования на вынужденные колебания роторов.
9. Гироскопический эффект и его влияние на собственные частоты.
10. . Колебания систем с степенями свободы. Условие ортогональности главных форм колебаний.
11. . Колебания многодискового ротора.
12. Критическая частота вращения. Классификация роторов по гибкости.
13. Причины повышенной вибрации турбомашин. Высокочастотные колебания.
14. Неуравновешенность. Причины возникновения неуравновешенности.
15. . Причины возникновения высокочастотных колебаний. Причины возникновения низкочастотной вибрации.
16. Масляная низкочастотная вибрация. Паровая низкочастотная вибрация.
17. Основные положения балансировки жестких роторов. Необходимые и достаточные условия полной балансировки жесткого ротора.

18. . Векторный метод балансировки. Векторы влияния и динамические коэффициенты влияния (ДКВ).

19. Необходимые и достаточные условия полной балансировки гибкого ротора.

20. Уравновешивание гибких роторов по собственным формам.

21. Внезапные динамические воздействия на ротор. Внезапная разбалансировка

22. Спектр колебаний. Методы спектрального анализа.

23. Методы и средства диагностики

LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.