

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**
Динамика и прочность турбомашин

Код модуля
1156588(0)

Модуль
Специальный "Газотурбинные установки
газокомпрессорных станций"

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Плотников Петр Николаевич	доктор технических наук, профессор	Профессор	турбин и двигателей

Согласовано:

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

Авторы:

- **Плотников Петр Николаевич, Профессор, турбин и двигателей**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ **Динамика и прочность турбомашин**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	8	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен Курсовая работа	
4.	Текущая аттестация	Домашняя работа	2
		Реферат	2

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ **Динамика и прочность 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
ПК-5 -Способен демонстрировать умение пользоваться компьютерными программами для оформления графической и текстовой технической документации в соответствии с требованиями стандартов. Применять методы графического представления объектов, схем и систем	З-5 - Сформулировать основные терминологические понятия, связанные с вопросами динамики и прочности деталей турбомашин З-6 - Характеризовать условия работы деталей турбомашин и важнейшие факторы, определяющих их надежность З-7 - Продемонстрировать четкие представления о конструктивных элементах деталей, их связи с общей конструкцией агрегата З-8 - Назвать основные методы расчета распределения напряжений и деформаций, в том числе при колебаниях деталей	Домашняя работа № 1 Домашняя работа № 2 Курсовая работа Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Реферат № 2 Реферат №1 Экзамен

профессиональной деятельности	<p>З-9 - Изложить методики выбора материалов и назначения величин допускаемых напряжений</p> <p>П-3 - Использовать навыки работы в современных программных продуктах, позволяющих моделировать и управлять прочностью и надежностью деталей турбомашин</p> <p>У-7 - Решать задачи прочности и надежности деталей турбомашин с помощью прикладных программ на ПК</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 – 0.5		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Реферат № 1</i>	6,12	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.5		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	6,17	60
<i>Домашняя работа № 1</i>	6,10	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям – не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий – не предусмотрено		

Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - не предусмотрено		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –		

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– не предусмотрено		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено		

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

2. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.2		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Реферат № 2</i>	<i>7,17</i>	<i>100</i>
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.4		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение заданий на практических занятиях</i>	<i>7,17</i>	<i>60</i>

<i>Домашняя работа № 2</i>	7,8	40
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.4		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение лабораторных работ и отчетов по ним</i>	7,17	100
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено		
4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –		

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Выполнение курсовой работы</i>	7,17	100
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– 0.4		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – 0.6		

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 обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
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. Знакомство с ANSYS.
 2. Расчет рабочей лопатки на прочность.
 3. Расчет на прочность Т-образного хвостовика.
 4. Расчет фланцевого соединения горизонтального разъема корпуса турбины.
 5. Определение коэффициентов концентрации напряжений в районе галтельных переходов от рабочей части к полке хвостовика лопаток.
 6. Расчет собственных частот рабочей лопатки, находящейся в состоянии покоя.
 7. Расчет собственных частот вращающейся рабочей лопатки. Построение Кэмпбэлл-диаграммы.
 8. Расчет собственных частот рабочих лопаток, замкнутых на круг.
 9. Построение модели валопровода турбоагрегата.
 10. Определение собственных частот роторов.
 11. Расчет вынужденных колебаний роторов.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Определение собственных частот и форм колебаний лопаток турбомашин методом свободных колебаний.
 2. Определение собственных частот и форм колебаний лопаток турбомашин методом вынужденных колебаний.
 3. Определение распределения напряжений в колеблющейся лопатке методом тензометрирования.
 4. Определение собственных частот и форм колебаний диска турбомашин методом вынужденных колебаний.
 5. Определение критических частот вращения ротора с дисками.
 6. Исследование напряженного состояния хвостовиков лопаток поляризационно-оптическим методом.
 7. Исследование распределения напряжений в облопаченном колеблющемся диске турбомашин методом тензометрирования.
- 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. Домашняя работа № 1

Примерный перечень тем

1. Корпуса турбомашин.

Примерные задания

Произвести:

Статический прочностной расчет корпуса турбомашин под действием внутреннего давления.

Статический прочностной расчет корпуса турбомашин под действием тепловой нагрузки, обусловленной неравномерным полем температуры.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.2. Домашняя работа № 2

Примерный перечень тем

1. Колебания роторов и валов турбомашин.

Примерные задания

Определить собственные частоты и формы колебаний роторов турбомашин.

Построить амплитудно-частотные характеристики роторов турбомашин для разных точек.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.3. Реферат №1

Примерный перечень тем

1. Прочность материалов.

2. Рабочие лопатки турбомашин.

3. Роторы и диски турбомашин.

4. Корпуса турбомашин.

Примерные задания

Реферат по данной дисциплине состоит из введения, основной части, заключения и списка литературы. Объем реферата 10-15 страниц машинописного текста. На основе реферата необходимо подготовить доклад на 5 минут. Защита реферата заключается в его публичном представлении с ответами на вопросы по теме реферата.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2.4. Реферат № 2

Примерный перечень тем

1. Конструктивные особенности подшипников качения, применяемых в турбомашин.

2. Материалы, применяемые для лопаток турбомашин.

3. Материалы, применяемые для роторов, дисков, подшипников газовых турбин.

4. Схема маслоснабжения газовой турбины с подшипниками скольжения.
5. Схема маслоснабжения газотурбинного двигателя с подшипниками качения.
6. Схема маслоснабжения ГГПА.

Примерные задания

LMS-платформа – не предусмотрена

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

5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Законы деформирования. Виды напряженно-деформированных состояний деталей турбомашин.
2. Критерии прочности деталей турбомашин.
3. Надежность турбомашин.
4. Механические характеристики материалов. Требования к материалам деталей турбомашин.
5. Усталость, термоусталость и малоцикловая усталость.
6. Ползучесть и длительная прочность материалов. Релаксация напряжений.
7. Концентрация напряжений в деталях турбомашин и меры ее уменьшения.
8. Геометрические характеристики сечений лопаток и их расчет.
9. Конструкции рабочих лопаток. Основные элементы лопатки, расчетные сечения и размеры.
10. Расчет рабочих лопаток на растяжение под действием центробежных сил (для лопаток постоянного по высоте сечения).
11. Газодинамические силы и изгибающие моменты, действующие на лопатки. Расчет напряжений изгиба.
12. Расчет на прочность хвостовика типа «ласточкин хвост».
13. Классификации и конструкции роторов турбомашин.
14. Конструкции дисков турбин, их классификации. Автофретированные диски.
15. Расчет на прочность ротора барабанного типа.
16. Муфты турбомашин, конструкции, расчет на прочность.
17. Классификации и конструкции корпусов турбомашин, схемы опирания и обеспечение свободы термических расширений.
18. Расчет фланцевых соединений корпусов турбин (расчет затяжки, расчет шпильки на прочность, расчет фланца на изгиб).
19. Система маслоснабжения газовой турбины.
20. Факторы, влияющие на несущую способность опорных подшипников скольжения.
21. Принцип работы опорного подшипника.
22. Методика расчета опорного подшипника скольжения.
23. Понятие о колебаниях. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.
24. Причины колебаний лопаток.
25. Влияние различных факторов на частоты собственных колебаний рабочих лопаток.
26. Напряжения в лопатке при колебаниях. Пакетный множитель.
27. Частота собственных колебаний лопаток переменного профиля.

28. Формы колебаний дисков. Уравнение изгиба диска при колебаниях.
 29. Колебания вращающихся дисков. Диаграмма колебаний вращающегося диска.
 30. Критическая частота вращения вала постоянного диаметра.
 31. Причины колебаний роторов турбомашин.
 32. Анализ вибрационного состояния турбоагрегатов.
 33. Нормирование вибрации. Нормы вибрации подшипников турбин.
 34. Меры снижения вибрации турбоагрегатов.
 35. Устойчивость роторной системы.
- LMS-платформа – не предусмотрена

5.3.2. Курсовая работа

Примерный перечень тем

1. Расчет на прочность диска сложного профиля с применением ЭВМ (многовариантные расчеты различных конструкций дисков и условий эксплуатации).

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Формирование социально-значимых ценностей	профориентационная деятельность	Технология самостоятельной работы	ПК-5	З-5 У-7 П-3	Лабораторные занятия Практические/семинарские занятия