

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта»**

«УТВЕРЖДАЮ»
Руководитель ОНК
«Институт высоких технологий»
А.В. Юров

«_____»_____2023 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Колебания и вибрация механических систем»

для программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Калининград
2023

Лист согласования

Составитель:

Сутырин Валерий Игоревич, д.т.н., проф. Высшей школы нанотехнологий и инженерии ОНК «Институт высоких технологий» БФУ им. И. Канта;

Программа одобрена Ученым советом ОНК «Институт высоких технологий»

Протокол №7 от «6» июля 2023 г.

Председатель Ученого совета ОНК «Институт высоких технологий» _____ А.А. Шпилевой

Содержание

1. Общая характеристика дисциплины.....	4
2. Объём дисциплины.....	4
3. Учебно-тематический план дисциплины.....	5
4. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся.....	7
5. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.....	
6. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине	8
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	8
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	9

1. Общая характеристика дисциплины

Учебная дисциплина «Колебания и вибрация механических систем» относится к числу дисциплин, направленных на подготовку и сдачу кандидатского экзамена по программе подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре научной специальности 1.1.7 «Теоретическая механика, динамика машин».

Целью дисциплины "Колебания и вибрация механических систем" является приобретение основных профессиональных компетенций в ходе углубленного изучения данной области инженерной механики. Данная дисциплина предназначена для студентов аспирантуры и направлена на следующие ключевые цели и задачи:

1. Понимание фундаментальных основ колебаний и вибрации:

Основная цель - обеспечить студентов глубокими знаниями о физических законах, лежащих в основе вибрационных явлений в технике. Студенты должны научиться объяснять и предсказывать характеристики вибрации механических систем, предлагать и обосновывать собственные методы снижения вибрации.

2. Анализ и применение в научных исследованиях:

Дисциплина направлена на приобретение аспирантами новых знаний в рассматриваемой предметной области, развитие у студентов навыков критического анализа динамики поведения технических объектов, на применение знаний при решении научных проблем, связанных с вибрацией

3. Исследование вибрационных процессов:

Студенты должны углубленно изучить теорию колебаний, численные методы модального анализа механических систем, а также современные методы и средства экспериментальных исследований вибрации.

Применение знаний в практических областях:

Дисциплина направлена на применение знаний в практической (производственной) сфере, на разработку новых технологий проектирования, производства и эксплуатации технических объектов, находящихся под действием сил, изменяющихся во времени.

В результате успешного изучения дисциплины аспирант должен:

знать современные методы численного анализа динамики поведения технических объектов как деформируемых твердых тел;

-обладать пониманием возможностей и целей применения методологии расчета динамики при решении технических проблем, связанных с вибрацией новых и эксплуатируемых объектов техники:

-уметь применять методологию численного, а также экспериментального инженерного анализа вибрации механических систем при решении практических задач:

-уметь применять современные программные и инструментальные (аппаратные) средства для оценки вибрационных процессов в технике.

Язык реализации дисциплины – русский.

2. Объем дисциплины

Вид учебной работы	Всего, час.	Объем по семестрам
		3
Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (КР):	18	18

<i>Лекционные занятия (Л)</i>		8	8
<i>Семинарские/ Практические занятия (СПЗ)</i>		10	10
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)		90	90
Вид промежуточной аттестации: Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)		30	
Общий объем	В часах	108	108
	В зачетных единицах	3	3

3. Учебно-тематический план дисциплины

Номер раздела, темы	Наименование разделов, тем	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	Л	СПЗ	СР	
Семестр 3		108	18	8	10	90	30
Раздел 1	Основы теории колебаний механических систем	12	4	2	2	16	
Раздел 2	Моделирование и численный анализ динамики механических систем	12				16	
Раздел 3	Программные средства cad/cae-класса и их применение для анализа динамики механических систем	4	4	2	2	12	
Раздел 4	Демпфирование в материалах и конструкциях	16	4	2	2	12	
Раздел 5	Инструментарий для анализа вибрации инженерных объектов	16				12	
Раздел 6	Экспериментальная оценка модальных параметров механической системы	16	4	2	2	12	
Раздел 7	Расчетно- экспериментальная оценка характеристик колебаний механических систем	16				12	
Раздел 8	Моделирование динамических процессов в демпфированных системах	16	2		2	10	
Общий объем		108	18	8	10	90	

4. Учебно-методическое сопровождение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа осуществляется в виде изучения литературы, данных по публикациям, подготовке индивидуальных работ, работа с лекционным материалом, самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины; поиск и обзор литературы и электронных источников; чтение и изучение учебника и учебных пособий.

4. Промежуточная аттестация по дисциплине «Колебания и вибрация механических систем»

Промежуточная аттестация по дисциплине «Колебания и вибрация механических систем» проводится в формате кандидатского экзамена.

Перечень вопросов к кандидатскому экзамену:

1. Уравнение колебаний механической системы с одной степенью свободы и его решение.

2. Моделирование и расчет динамики механических систем с применением программных комплексов CAD/CAE- класса
3. Демпфирование в конструкциях и материалах
4. Аналитические и численные методы исследования динамики поведения механической системы
5. Метод конечных элементов и его применение в расчетах динамики механических систем
6. Методы исследования динамики больших механических систем по частям. Метод Гайяна-Айронса
7. Расчет собственной вибрации механической системы. Явление резонанса.
8. Уравнение колебаний механической системы со многими степенями свободы и его решение.
9. Коэффициент демпфирования механической системы и его определение
10. Влияние изменения жесткости, массы и демпфирования на колебания механической системы
11. Преобразование Фурье для различных сигналов
12. Амортизация и виброизоляция в механических системах
13. Методы борьбы с вибрацией на технических объектах
14. Нагрузки, приводящие к вибрации и их определение
15. Поглощение энергии в колебательных системах. Петля гистерезиса.
16. Датчики, используемые в экспериментальных исследованиях колебаний механических систем.
17. Объединение экспериментальной и расчетной моделей при исследовании колебаний механической системы.
18. Уравнение колебаний механической системы во временной области и в области изображений Лапласа
19. Системы амортизации машин и механизмов и характеристики ее эффективности
20. Средства для экспериментального определения характеристик вибрации технических объектов.

6. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

По итогам кандидатского экзамена на основе совокупности ответов по вопросам программы кандидатского экзамена, выставляется оценка по шкале порядка: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Отлично	<ul style="list-style-type: none">– грамотно и точно использована научная терминология;– четко сформулирована проблема, выдвигаемые тезисы основательно аргументированы;– указаны основные точки зрения по рассматриваемому вопросу;– выражена и аргументирована собственная точка зрения на рассматриваемые аспекты проблемы
Хорошо	<ul style="list-style-type: none">– научная терминология применяется, допускаются несущественные ошибки или неточность в понятийном аппарате;– проблема сформулирована,– имеются недостатки в аргументации выдвигаемых тезисов, допущены фактические неточности, которые не носят существенного характера;– продемонстрировано знание дискуссионных проблем по излагаемому вопросу- выражена и аргументирована собственная точка зрения на рассматриваемые аспекты проблемы
Удовлетворительно	<ul style="list-style-type: none">– имеется представление о научной терминологии, но допущены существенные неточности в дефинициях;– названы и определены лишь некоторые характеристики рассматриваемой проблемы, система аргументации высказываемых тезисов отсутствует– допущены незначительные фактические неточности;– научные дискуссии по рассматриваемой проблеме не охарактеризованы– собственная позиция по проблемным моментам вопросов не выражена
Неудовлетворительно	<ul style="list-style-type: none">– отсутствие знаний терминологии, научных дискуссий по рассматриваемой проблематике;– в ответе допускаются грубые фактические ошибки,– не представлена собственная точка зрения по характеризующей проблеме

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. Бидерман В.Л. Теория механических колебаний. -М.: Высшая школа, 1980, 408 с.
2. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. - М.: Высшая школа, 1975 (и посл. издания).- 248 с.

3. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний: Пер. с англ.- М.: Мир, 1988.- 448 с.
4. Сутырин В.И. Использование расчетных и моделирующих систем.- Учебн. Пособие.- Калининград: Изд. БФУ им. И.Канта, 2020, 332 с.
5. Вард Хейлен, Стефан Ламменс, Пол Сас Модальный анализ: теория и испытания: Пер. с англ. - М.: ООО «Новатест», 2010, 419 с.

Дополнительная литература

7. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний.- М.: Высшая школа, 1972 (и посл. издания).- 416 с.
8. Сутырин В.И. Системотехнический подход к автоматизированному инженерному анализу конструкций. -Монография.- Калининград: Изд. БФУ им. И.Канта, 2019, 377 с.
9. Прочность. Устойчивость. Колебания. Справочник. /Под общей ред. И.А.Биргера и Я.Г.Пановко.- Том 3.- М.: Машиностроение, 1968.- 567 с.
10. Яблонский А.А., Норейко С.С. Курс теории колебаний. - М.: Высшая школа, 1975 (и посл. издания).- 248 с.

Программное обеспечение:

- система электронного образовательного контента БФУ им. И. Канта – www.lms-3.kantiana.ru, обеспечивающую разработку и комплексное использование электронных образовательных ресурсов;
- серверное программное обеспечение, необходимое для функционирования сервера и связи с системой электронного обучения через Интернет;
- установленное на рабочих местах студентов ПО: Microsoft Windows 7, Microsoft Office Standart 2010, антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.
- программный комплекс для инженерного анализа CAD/CAE класса FEMAP with NX NASTRAN.

Электронные образовательные ресурсы:

- НЭБ Национальная электронная библиотека, диссертации и прочие издания
- eLIBRARY.RU Научная электронная библиотека, книги, статьи, тезисы докладов конференций
- Гребенников Электронная библиотека ИД журналы
- ЭБС Консультант студента
- ПРОСПЕКТ ЭБС
- ЭБС ZNANIUM.COM
- РГБ Информационное обслуживание по МБА
- БЕН РАН
- Электронно-библиотечная система (ЭБС) Кантиана (<https://elib.kantiana.ru/>)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

БФУ им. И. Канта имеет специальные помещения и лаборатории для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, научных исследований, промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования.