

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский
Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Институт информационных технологий, математики и механики

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДАЮ:

Директор _____ Гергель В.П.

« ____ » _____ 2018 г.

Рабочая программа дисциплины

ВОЛНОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

бакалавриат

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

01.03.03 Механика и математическое моделирование

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

профиль «**Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг**»

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Квалификация (степень)

бакалавр

(бакалавр / магистр / специалист)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2018 год

1. Место и цели дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» (Б1.В.06) ОПОП подготовки бакалавра по направлению 01.03.03. Механика и математическое моделирование, профиль «Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг». Дисциплина обязательна для освоения на определенном периоде обучения - 4год, 8 семестр

Целями освоения дисциплины «Волновые процессы в механических системах» являются получение специальных знаний по механике деформируемых твердых тел (МДТТ), включая следующие вопросы: общая теория распространения волн в линейно упругих и вязкоупругих однородных материалах; свободные и вынужденные колебания стержней, балок, пластин, оболочек; определение их дисперсионных и диссипативных характеристик.

При освоении дисциплины вырабатываются навыки математического и механического подходов к проблеме моделирования динамического поведения деформируемых твердых тел: умение логически мыслить, строить механические модели, формулировать и анализировать математические постановки задач, проводить построение аналитических и численных решений, применять полученные знания для решения актуальных практических задач. Получаемые знания необходимы для понимания и освоения практических задач промышленности.

Этим курсом дополняется базовое образование в области механики. Знания, полученные в ходе изучения данной дисциплины, могут использоваться при выполнении курсовых (учебно-исследовательских) и выпускных квалификационных работ. Слушатели должны владеть знаниями курсов «Теоретическая и прикладная механика», «Механика материалов», «Основы механики сплошной среды», а также математических дисциплин, изучаемых на первых трех курсах, в том числе «Уравнения математической физики».

Успешное изучение дисциплины необходимо для выполнения научно-исследовательской работы, прохождения производственной практики и итоговой государственной аттестации (выполнения ВКР).

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью к самоорганизации и к самообразованию (ОК-7);
- готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности (ОПК-2);
- способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области (ПК-1);
- способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики (ПК-2);

- готовностью использовать основы теории эксперимента в механике, понимание роли эксперимента в математическом моделировании процессов и явлений реального мира (ПК-4);

Формируемые компетенции (код компетенции, уровень освоения – при наличии в карте компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), характеризующие этапы формирования компетенций
<i>ОК-7</i> способностью к самоорганизации и к самообразованию завершающий этап	<i>Уметь</i> работать самостоятельно и в коллективе, формулировать результат; точно представить математические знания в устной форме; <i>Знать</i> предметную область механики, математики и информатики <i>Владеть</i> навыками самостоятельной учебно-исследовательской работы; способностью формулировать результат
<i>ОПК-2</i> готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности завершающий этап	<i>Уметь</i> применять основные понятия и теоремы при решении задач механики, проводить их доказательства, реализовывать известные модели МСС <i>Знать</i> разделы механики деформируемого твердого тела и смежных дисциплин, необходимые при реализации моделей МСС <i>Владеть</i> подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС, в том числе в междисциплинарных областях
<i>ПК-1</i> способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области завершающий этап	Уметь строить математические модели в различных областях естествознания, приводить их к необходимому виду, выбирать и реализовывать наиболее рациональный метод решения поставленной задачи Знать: основные понятия и утверждения, входящие в содержание дисциплины, материал, основные требования к математической модели Владеть современными знаниями о математических моделях и применять их в приложениях
<i>ПК-2</i> способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики завершающий этап	Уметь: применять классические модели СС для описания поведения реальных сред Знать: разделы теоретической механики и МСС, необходимые при рассмотрении моделей классических СС Владеть: подходами, применяемыми при разработке математических моделей классических СС
ПК-4 готовностью использовать основы теории эксперимента в механике, понимание роли эксперимента в математическом моделировании процессов и	Уметь при решении задач МСС выделять основные механические, требующие проведения экспериментальных исследований Знать: основы проведения экспериментальных работ для определения требуемых механических ха-

явлений реального мира завершающий этап	рактических. Владеть методами обработки результатов эксперимента
--	---

3. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) составляет ___3___ зачетных единиц, всего _108 часов, из которых 49 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (24 часа занятия лекционного типа, 24 часа занятия семинарского типа (семинары, научно-практические занятия, лабораторные работы и т.п.), 1 час промежуточной аттестации), 59 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)			В ТОМ ЧИСЛЕ															
				контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них												Самостоятельная работа обучающегося, часы			
	Очная	Вечерняя	Заочная	Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Занятия лабораторного типа							Всего						
Тема1. Сведения из теории линейных волн и аналитической механики распределенных систем	10			2			2							4			6		
Тема 2 Распространение упругих волн в безграничной среде и ограниченных телах	34			6			6							12			22		
Тема 3 Продольные, крутильные и изгибные волны в стержнях. Математические модели и дисперсионные свойства	26			6			6							12			14		
Тема 4 Волны в вязкоупругих стержнях	24			6			6							12			12		
Тема 5 Волно-	13			4			4							8			5		

вая динамика пластин и обо- лочек																			
В т.ч. текущий контроль	1					1													
Промежуточная аттестация - зачет																			

Содержание разделов дисциплины

1. **Сведения из теории линейных волн и аналитической механики распределенных систем:** гармоническая волна, волна импульсной формы, волновой пакет; дисперсия волны (нормальная и аномальная); фазовая скорость; групповая скорость; формула Рэлея; вариационный принцип Гамильтона-Остроградского в динамике распределенных систем.

2. **Распространение упругих волн в безграничной среде и ограниченных телах:** уравнения Ламе; волны дилатации и сдвига; отражение волн от свободной поверхности полупространства; поверхностные волны Рэлея; нормальные волны в упругом слое; уравнение переноса энергии.

3. **Продольные, крутильные и изгибные волны в стержнях. Математические модели и дисперсионные свойства:** типы нормальных волн в стержнях; продольные волны: техническая теория Бернулли, уточненные теории Рэлея-Лява и Бишопы, теория Миндлина-Германа; крутильные волны: технические теории Кулона и Сен-Венана, уточненные теории Тимошенко и Власова; изгибные волны: техническая теория Бернулли-Эйлера, уточненные теории Рэлея и Тимошенко.

4. **Волны в вязкоупругих стержнях:** о внешнем, внутреннем и конструкционном трении; соотношения между напряжением, деформацией и временем деформации; стержни Фойхта-Кельвина и Максвелла; внутреннее трение как результат рассеяния волн на случайных неоднородностях материала.

5. **Волновая динамика пластин и оболочек:** основные гипотезы; математические модели; анализ дисперсионных и диссипативных свойств.

Содержание практических занятий

6. **Сведения из теории линейных волн и аналитической механики распределенных систем:** получение уравнений динамики распределенных систем по известным лагранжианам; графическое определение фазовых и групповых скоростей.

7. **Распространение упругих волн в безграничной среде и ограниченных телах:** вывод волновых уравнений из уравнения Ламе; вычисление средних плотностей потока энергии по известным значениям плотностей энергии и групповых скоростей; вычисление групповой скорости по известной фазовой скорости.

8. **Продольные, крутильные и изгибные волны в стержнях. Математические модели и дисперсионные свойства:** определение закона дисперсии, фазовых и групповых скоростей продольных, крутильных и изгибных волн, распространяющихся в упругих стержнях.

9. **Волны в вязкоупругих стержнях:** определение законов дисперсии и частотно-зависимого затухания волн, распространяющихся в вязкоупругих стержнях.

10. **Волновая динамика пластин и оболочек:** анализ дисперсионных и диссипативных свойств волн, распространяющихся в пластинах и оболочках.

4. Образовательные технологии

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов. Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, тематические контрольные работы, экзамен. Из традиционных методов преподавания используется: рассказ по теме. Из активных и интерактивных методов преподавания используются различные методы обсуждения ин-

дивидуальных случаев, различных точек зрения на те или иные проблемы, дискуссии по спорным вопросам.

В течение семестра студенты решают задачи, указанные преподавателем. Проводятся самостоятельные контрольные работы.

5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

В соответствии с рабочей программой и тематическим планом изучение дисциплины проходит в виде аудиторной и самостоятельной работы студентов.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы

- повторение пройденного на занятиях материала,
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы,
- подготовка к практическим занятиям,
- подготовка к текущему контролю успеваемости,
- выполнение контрольной работы в виде тематической контрольной работы,
- подготовка к текущему контролю успеваемости 2 (защита контрольной работы).

Зачеты оцениваются по системе: не зачтено, зачтено. На практических занятиях контроль осуществляется при ответе у доски и при проверке домашних заданий.

Примеры контрольных вопросов

1. Проверить правильность формулы Рэлея для струны, лежащей на упругом основании.
2. Проверить правильность формулы Рэлея для стержня, совершающего изгибные колебания.
3. Вывести волновое уравнение для волны дилатации из уравнения Ламе.
4. Вывести волновое уравнение для волны сдвига из уравнения Ламе.
5. Показать, что энергия изгибных колебаний стержня переносится с групповой скоростью.
6. Могут ли изгибные волны в стержне распространяться быстрее, чем продольные (ответ обосновать).

6. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

- 6.1. Перечень компетенций выпускников образовательной программы с указанием результатов обучения (знаний, умений, владений), характеризующих этапы их формирования, описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования.

Дисциплина направлена на развитие 5-и компетенций

ОК-7 Способностью к самоорганизации и к самообразованию

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4

ЗНАТЬ: концепции механики, математики и информатики	Отсутствие знаний или фрагментарное знание концепций механики, математики и информатики	В целом успешное, но не систематическое знание концепций механики, математики и информатики	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание концепций механики, математики и информатики	Успешное и систематическое знание концепций механики, математики и информатики.
УМЕТЬ: Самостоятельно работать с учебной литературой по разным отраслям механики. Публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме	Отсутствие умений или частично освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме	В целом успешное, но не систематически освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение освоенное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме	Сформированное умение работать с учебной литературой по разным отраслям механики, публично представить результаты своей учебно-исследовательской работы: в устной и письменной форме, осваивать новые подходы.
ВЛАДЕТЬ: навыками самостоятельной учебно-исследовательской работы; способностью формулировать результат	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки учебной работы; формулировать результат	Общие, но не структурированные навыки учебной работы; формулировать результат.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки учебной работы; формулировать результат.	Сформированные систематические навыки учебной работы; формулировать результат.

ОПК-2 Готовностью использовать фундаментальные знания в области теоретической и прикладной механики, механики сплошной среды, математического анализа, комплексного и функционального анализа, алгебры, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и топологии, дифференциальных уравнений, численных методов, теории вероятностей, математической статистики и случайных процессов в будущей профессиональной деятельности

Планируемые результаты обучения* (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
ЗНАТЬ разделы теоретической механики и смежных дисциплин, необходимые при реализации моделей	Отсутствие знаний или фрагментарное знание разделов теоретической механики и смежных дисциплин, необходимых при реализации моделей	В целом успешное, но не систематическое знание разделов теоретической механики, МСС и смежных дисциплин, необходимых при реализации моделей МСС	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание разделов теоретической механики, МСС и смежных дисциплин, необходимых при реализации моделей МСС	Успешное и систематическое применение положений специализированных разделов знание разделов теоретической механики, МСС и смежных дисциплин, необходимых при реализации моделей МСС
УМЕТЬ: применять основные понятия и теоремы при решении задач механики, проводить их доказательства, реализовывать известные модели МСС	Отсутствие умений или частично освоенное умение анализировать и использовать классические модели МСС	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение анализировать и использовать классические модели МСС	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение анализировать и использовать классические модели МСС	Сформированное умение анализировать и использовать классические модели МСС, делать самостоятельные выводы по их применению.

ВЛАДЕТЬ: подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС, в том числе в междисциплинарных областях	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС	Общие, но не структурированные навыки владения подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС.	Сформированные систематические навыки владения подходами, применяемыми при реализации математических моделей МСС,
--	---	--	--	---

ПК-1. Способностью к определению общих форм и закономерностей отдельной предметной области

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
ЗНАТЬ: основные понятия и утверждения, входящие в содержание дисциплины, основные требования к математической модели	Отсутствие знаний или фрагментарное знание разделов механики СС	В целом успешное, но не систематическое знание разделов механики СС.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание разделов механики СС	Успешное и систематическое знание разделов механики СС, в том числе в междисциплинарных областях.
УМЕТЬ: строить классические математические модели, отражающие основные закономерности поведения реальных СС	Отсутствие умений или частично освоенное умение строить классические математические модели, отражающие основные закономерности поведения реальных СС	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение строить классические математические модели, отражающие основные закономерности поведения реальных СС	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение строить классические математические модели, отражающие основные закономерности поведения реальных СС	Сформированное умение строить классические математические модели, отражающие основные закономерности поведения реальных СС
ВЛАДЕТЬ: современными знаниями о способах построения математических моделей и применять их в приложении к СС	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения математическими методами, применяемыми при построении математических моделей классических СС	Общие, но не структурированные навыки владения математическими методами, применяемыми при построении математических моделей классических СС	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения математическими методами, применяемыми при построении математических моделей классических СС.	Сформированные систематические навыки владения математическими методами, применяемыми при построении математических моделей классических СС

ПК-2. Способностью математически корректно ставить естественнонаучные задачи, знание постановок классических задач математики и механики

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4

ЗНАТЬ: разделы механики теоретической механики и МСС, необходимые при рассмотрении волновых процессов в механических системах	Отсутствие знаний или фрагментарное знание разделов теоретической механики и МСС, необходимых при рассмотрении волновых процессов в механических системах	В целом успешное, но не систематическое знание разделов теоретической механики и МСС, необходимых при рассмотрении волновых процессов в механических системах	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание разделов теоретической механики и МСС, необходимых при рассмотрении волновых процессов в механических системах	Успешное и систематическое применение знание разделов теоретической механики и МСС, необходимых при волновых процессов в механических системах в том числе в междисциплинарных областях.
УМЕТЬ: применять классические модели СС для описания поведения реальных сред	Отсутствие умений или частично освоенное умение применять волновые процессы в механических системах для описания поведения реальных сред	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение применять волновые процессы в механических системах для описания поведения реальных сред	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять волновые процессы в механических системах для описания поведения реальных сред	Сформированное умение применять волновые процессы в механических системах для описания поведения реальных сред
ВЛАДЕТЬ: подходами, применяемыми при разработке математических моделей классических СС	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения подходами, применяемыми при разработке математических моделей волновых процессов в механических системах	Общие, но не структурированные навыки владения подходами, применяемыми при разработке математических моделей волновых процессов в механических системах	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения специальными подходами, применяемыми при разработке математических моделей волновых процессов в механических системах	Сформированные систематические навыки владения специальными методами, подходами, применяемыми при разработке математических моделей волновых процессов в механических системах, в том числе в смежных областях.

ПК-4. Готовностью использовать основы теории эксперимента в механике, понимание роли эксперимента в математическом моделировании процессов и явлений реального мира

Планируемые результаты обучения*(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
	1	2	3	4
ЗНАТЬ: разделы механики СС, необходимые при выборе механических характеристик, входящих в классические модели волновых процессов в механических системах	Отсутствие знаний или фрагментарное знание разделов механики СС.	В целом успешное, но не систематическое знание разделов механики СС.	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание разделов механики СС.	Успешное и систематическое знание разделов механики СС,, в том числе в междисциплинарных областях.
УМЕТЬ: определять механические характеристики, входящие в классические модели волновых процессов в механических системах	Отсутствие умений или частично освоенное умение выделения необходимых механических констант при построении модели	В целом успешное, но не систематически осуществляемое умение выделения необходимых механических констант при построении модели	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение выделения необходимых механических констант при построении модели	Сформированное умение выделения необходимых механических констант при построении модели

ВЛАДЕТЬ: знаниями о простейших экспериментах, в которых определяются механические характеристики, входящие в классические модели волновых процессов в механических системах	Отсутствие знаний или фрагментарные навыки владения основами эксперимента	Общие, но не структурированные навыки владения основами эксперимента.	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы навыки владения основами эксперимента.	Сформированные систематические владения основами эксперимента, в том числе в смежных областях.
---	---	---	--	--

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

Знать: основные понятия и математические модели теории распространения волн и механических колебаний упругих тел; подходы (аналитические и численные) к решению задач линейно упругих колебаний различных элементов конструкций.

Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования рассматриваемого физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Владеть: методами механики сплошной среды.

6.2. Описание шкал оценивания. Используется традиционная форм аттестации - **зачет**

Шкала оценок в соответствии со стандартом	Описание оценки
Зачтено	Студент самостоятельно решает задачу, показывает хороший уровень знания вопросов билета
Не зачтено	Студент показывает неудовлетворительное знание вопросов билета, основ курса и базовых понятий.

6.3. Критерии и процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), характеризующих этапы формирования компетенций (если дисциплина (модуль) завершает освоение какой-то компетенции, то критерии и процедуры оценивания формируются под итоговый контроль освоения данной компетенции).

Для оценивания результатов обучения в виде знаний используются следующие процедуры и технологии:

- индивидуальное собеседование,
- письменные ответы на вопросы.

Для оценивания результатов обучения в виде умений и владений используются следующие процедуры и технологии:

- практические контрольные задания (далее – ПКЗ), включающих одну или несколько задач (вопросов) в виде краткой формулировки действий (комплекса действий), которые следует выполнить, или описание результата, который нужно получить.

Типы практических контрольных заданий:

- задания на установление правильной последовательности, взаимосвязанности действий, выяснения влияния различных факторов на результаты выполнения задания;

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции.

1. Вывод уравнений динамики распределенных систем по известным лагранжианам; графическое

2. Определение фазовых и групповых скоростей.

3. Вывод волновых уравнений из уравнения Ламе;

4. Нахождение средних плотностей потока энергии по известным значениям плотностей энергии и групповых скоростей;

5. Определение групповой скорости по известной фазовой скорости.

6. Определение закона дисперсии, фазовых и групповых скоростей продольных, крутильных и изгибных волн, распространяющихся в упругих стержнях.

7. Нахождение законов дисперсии и частотно-зависимого затухания волн, распространяющихся в вязкоупругих стержнях.

8. Дисперсионные и диссипативные свойства волн, распространяющихся в пластинах и оболочках.

6.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания.

Положение «О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в ННГУ», утверждённое приказом ректора ННГУ от 13.02.2014 г. №55-ОД,

Положение о фонде оценочных средств, утвержденное приказом ректора ННГУ от 10.06.2015 №247-ОД.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) основная литература:

1. Виноградова М. Б., Руденко О. В., Сухоруков А. П. - Теория волн: [учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов]. - М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1979. - 383 с. – **44экз.**
2. Рабинович М.И., Трубецков Д.И. Введение в теорию колебаний и волн. М.: Наука, 1984. 432 с. – 18экз.
3. Ерофеев В.И., Кажаяев В.В., Семерикова Н.П. Волны в стержнях. Дисперсия. Диссипация. Нелинейность. М.: Физматлит. 2002. 208 с. – 3экз.

б) дополнительная литература:

1. Артоболевский И.И., Бобровницкий Ю.И., Генкин М.Д. Введение в акустическую динамику машин. М.: Наука, 1979. 295 с. – 1экз
2. Весницкий А. И., Лисенкова Е. Е., Уткин Г. А - Волновые процессы в одномерных механических системах с движущимися вдоль них объектами: учеб. пособие. - Н. Новгород: Изд-во Нижегород. ун-та, 1998. - 75 с. – **1экз**
3. Гринченко В.Т., Мелешко В.В. Гармонические колебания и волны в упругих телах. Киев: Наукова думка, 1981. 283 с. . – 1экз.
4. Исакович М.А. Общая акустика. М.: Наука, 1973. 496 с. – 1экз.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы: не требуются

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории, оборудованные мультимедийными средствами обучения для проведения лекционных и семинарских занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО с учетом рекомендаций и ОПОП ВО по направлению 01.03.03 «Механика и математическое моделирование» (профиль «Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг»)

Автор(ы) д.ф.-м.н., профессор

В.И.Ерофеев

Рецензент (ы) _____

Заведующий кафедрой ТКиЭМ д.ф.-м.н., профессор

Л.А. Игумнов

Программа одобрена на заседании методической комиссии института информационных технологий, математики и механики

от _____ года, протокол № _____