

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования\_  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Численные методы решения задач динамики

---

Уровень высшего образования  
Магистратура

---

Направление подготовки / специальность  
01.04.03 - Механика и математическое моделирование

---

Направленность образовательной программы  
Информационное и программное обеспечение. Инженерия

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.02.01 Численные методы решения задач динамики относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-6: Владение навыками самостоятельного анализа поставленной задачи, выбора корректного метода ее решения, построения алгоритма и его реализации	ПК-6.1: Умеет самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его ПК-6.2: Владеет навыками решения практических задач, анализа результатов решения	ПК-6.1: Уметь самостоятельно анализировать задачу, выбирать методы решения, создавать алгоритм решения и реализовывать его в задачах динамики.  ПК-6.2: Владеть навыками решения практических задач в области численных методов решения задач динамики, а также анализом результатов решения.	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы
ПК-9: Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	ПК-9.1: Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике ПК-9.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических знаний ПК-9.3: Имеет практический опыт	ПК-9.1: Знать теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике для решения задач динамики.  ПК-9.2: Уметь использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач динамики на основе полученных теоретических знаний.	Собеседование	Экзамен: Контрольные вопросы

	использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики	ПК-9.3: Владеть опытом использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики жидкостей и газов.		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>4</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>144</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>16</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>16</b>
- КСР	<b>2</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>74</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0	0 ф 0
Основные понятия. Виды динамических воздействий. Общее уравнение движения. Его формы для различных типов динамических анализов. Способы решения общего уравнения движения.	8	2		2	6
Метод прямого интегрирования Ньюмарка. Метод Гильбера-Хьюза-Тейлора.	8		2	2	6
Модальный анализ. Кратные частоты собственных колебаний. Производные по направлению для кратных частот. Модальный анализ предварительно напряженных конструкций.	8	2		2	6

Гармонический анализ. Полный метод. Усеченный метод. Метод суперпозиции мод. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде набора амплитуд и фазовых углов, в виде реальной и мнимой частей решения. Три типа демпфирования. Матрица демпфирования.	8		2	2	6
Анализ переходных процессов. Расчет систем с одной степенью свободы при действии произвольной нагрузки. Интеграл Дюамеля. Динамический анализ переходных процессов полным методом, редуцированным методом, методом суперпозиции мод.	8	2		2	6
Ударные спектры для максимального отклика от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов для линейной системы.	8		2	2	6
Максимальные отклики системы с n степенями свободы от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов спектральным методом.	8	2		2	6
Численное моделирование динамического контакта деформируемых тел в Ansys.	8		2	2	6
Разработка алгоритмов и программных модулей для численного решения нелинейных задач динамики конструкций.	8	2		2	6
Решение модельных задач динамики конструкций на основе программы LS-DYNA.	34	6	8	14	20
Аттестация	36				
КСР	2			2	
Итого	144	16	16	34	74

### Содержание разделов и тем дисциплины

1. Основные понятия. Виды динамических воздействий. Общее уравнение движения. Его формы для различных типов динамических анализов. Способы решения общего уравнения движения.
2. Метод прямого интегрирования Ньюмарка. Метод Гильбера-Хьюза-Тейлора.
3. Модальный анализ. Кратные частоты собственных колебаний. Производные по направлению для кратных частот. Модальный анализ предварительно напряженных конструкций.
4. Гармонический анализ. Полный метод. Усеченный метод. Метод суперпозиции мод. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде набора амплитуд и фазовых углов, в виде реальной и мнимой частей решения. Три типа демпфирования. Матрица демпфирования.
5. Анализ переходных процессов. Расчет систем с одной степенью свободы при действии произвольной нагрузки. Интеграл Дюамеля. Динамический анализ переходных процессов полным методом, редуцированным методом, методом суперпозиции мод.
6. Ударные спектры для максимального отклика от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов для линейной системы.
7. Максимальные отклики системы с n степенями свободы от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов спектральным методом.
8. Численное моделирование динамического контакта деформируемых тел в Ansys.
9. Разработка алгоритмов и программных модулей для численного решения нелинейных задач динамики конструкций.
10. Решение модельных задач динамики конструкций на основе программы LS-DYNA.

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Самостоятельная работа обучающегося включает в себя расчетно-графические работы, домашние задания.

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-6:**

1. В каких задачах требуется проводить динамический анализ.
2. Виды динамических воздействий.
3. Общее уравнение движения. Его формы для различных типов динамических анализов.
4. Способы решения общего уравнения движения.
5. Метод суперпозиции собственных форм.
6. Метод прямого интегрирования (метод Ньюмарка, метод Гильбера-Хьюза-Тейлора).
7. Модальный анализ. Последовательность действий при проведении модального анализа в ANSYS.
8. Кратные частоты собственных колебаний. Производные по направлению для кратных частот.
9. Модальный анализ предварительно напряженных конструкций.
10. Гармонический анализ. Полный метод. Усеченный метод. Метод суперпозиции мод.
11. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде набора амплитуд и фазовых углов.
12. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде реальной и мнимой частей решения.
13. Матрица коэффициентов динамического усиления внешней нагрузки.
14. Три типа демпфирования. Матрица демпфирования.
15. Последовательность действий при проведении гармонического анализа в ANSYS.
16. Анализ переходных процессов. Три метода решения.
17. Расчет систем с одной степенью свободы при действии произвольной нагрузки. Интеграл Дюамеля.
18. Динамический анализ переходных процессов полным методом.
19. Динамический анализ переходных процессов редуцированным методом.
20. Динамический анализ переходных процессов методом суперпозиции мод.
21. Последовательность действий при проведении анализа переходных процессов в ANSYS.
22. Ударные спектры для максимального отклика от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульса для линейной системы.
23. Максимальные отклики системы с  $n$  степенями свободы от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов спектральным методом.
24. Спектральный анализ в ANSYS.
25. Решение задач механики контактного взаимодействия в ANSYS.
26. Проведение расчетов быстротекущих процессов в модуле ANSYS/LS-DYNA.

#### **5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Собеседование) для оценки сформированности компетенции ПК-9:**

1. В каких задачах требуется проводить динамический анализ.
2. Виды динамических воздействий.

3. Общее уравнение движения. Его формы для различных типов динамических анализов.
4. Способы решения общего уравнения движения.
5. Метод суперпозиции собственных форм.
6. Метод прямого интегрирования (метод Ньюмарка, метод Гильбера-Хьюза-Тейлора).
7. Модальный анализ. Последовательность действий при проведении модального анализа в ANSYS.
8. Кратные частоты собственных колебаний. Производные по направлению для кратных частот.
9. Модальный анализ предварительно напряженных конструкций.
10. Гармонический анализ. Полный метод. Усеченный метод. Метод суперпозиции мод.
11. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде набора амплитуд и фазовых углов.
12. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде реальной и мнимой частей решения.
13. Матрица коэффициентов динамического усиления внешней нагрузки.
14. Три типа демпфирования. Матрица демпфирования.
15. Последовательность действий при проведении гармонического анализа в ANSYS.
16. Анализ переходных процессов. Три метода решения.
17. Расчет систем с одной степенью свободы при действии произвольной нагрузки. Интеграл Дюамеля.
18. Динамический анализ переходных процессов полным методом.
19. Динамический анализ переходных процессов редуцированным методом.
20. Динамический анализ переходных процессов методом суперпозиции мод.
21. Последовательность действий при проведении анализа переходных процессов в ANSYS.
22. Ударные спектры для максимального отклика от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульса для линейной системы.
23. Максимальные отклики системы с  $n$  степенями свободы от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов спектральным методом.
24. Спектральный анализ в ANSYS.
25. Решение задач механики контактного взаимодействия в ANSYS.
26. Проведение расчетов быстротекущих процессов в модуле ANSYS/LS-DYNA.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Собеседование)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя.
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой

	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
<b>не зачтено</b>	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-6

1. Модальный анализ консольной балки. Анализ предварительно напряженной консольной балки.
2. Модальный анализ жестко закрепленной цилиндрической оболочки. Анализ предварительно напряженной жестко закрепленной цилиндрической оболочки.
3. Оптимальное проектирование стержневых систем с учетом ограничений по прочности и кратным частотам собственных колебаний.
4. Гармонический анализ консольной балки. Полный метод.

Определение полей перемещений, напряжений на первой резонансной частоте.

Решите данную задачу, если постоянное демпфирование равно 5%, 10%.

Сравните результаты.

5. Гармонический анализ пластины. Разложение по модам.

Определение полей перемещений, напряжений на первой резонансной частоте.

Решите данную задачу, если постоянное демпфирование равно 5%, 10%.

Сравните результаты.

6. Работа гасителя поперечных колебаний шарнирно опертой балки.
7. Определить отклик системы, состоящей из трех масс и четырех пружин,

на гармоническую силу, приложенную к одной из масс. Решите данную задачу,

если постоянное демпфирование равно 0%, 4%. Сравнить результаты, полученные

в ANSYS и MATHEMATICA.

8. Определить отклик системы с одной степенью свободы на импульсно ступенчато приложенную нагрузку с учетом и без демпфирования. Сравнить результаты, полученные в ANSYS и MATHEMATICA.



9. Определить отклик системы с одной степенью свободы на импульсно треугольно приложенную нагрузку с учетом и без демпфирования. Сравнить результаты, полученные в ANSYS и MATHEMATICA.
10. Определить отклик системы с одной степенью свободы на двухступенчатую импульсно приложенную нагрузку с учетом и без демпфирования. Сравнить результаты, полученные в ANSYS и MATHEMATICA.
11. Определить отклик системы с одной степенью свободы на полусинусоидально импульсно приложенную Нагрузку с учетом и без демпфирования. Сравнить результаты, полученные в ANSYS и MATHEMATICA.
12. Провести анализ переходных процессов (транзиентный анализ) консольной балки на импульсно ступенчато приложенную нагрузку с учетом и без демпфирования.
13. Получить ударный спектр для максимального отклика от действия полусинусоидального импульса для линейной системы с одной степенью свободы как функции отношения длительности импульса к периоду собственных колебаний. Рассмотреть влияние демпфирования на отклики и ударные спектры.
14. Определение максимального отклика системы с  $n$  степенями свободы от действия полусинусоидального импульса спектральным методом.
15. Получить ударный спектр для максимального отклика от действия прямоугольного импульса для линейной системы с одной степенью свободы как функции отношения длительности импульса к периоду собственных колебаний. Рассмотреть влияние демпфирования на отклики и ударные спектры.
16. Определение максимального отклика системы с  $n$  степенями свободы от действия прямоугольного импульса спектральным методом.
17. Провести спектральный анализ для плоской рамы в ANSYS. Выполнить сравнительный анализ максимальных значений выбранных компонент вектора узловых перемещений, полученных с использованием метода квадратного корня SRSS из суммы квадратов вручную и с помощью Ansys.
18. Провести спектральный анализ для пространственной фермы в ANSYS. Выполнить сравнительный анализ максимальных значений выбранных компонент вектора узловых перемещений, полученных с использованием метода квадратного корня SRSS из суммы квадратов вручную и с помощью Ansys.
19. Моделирование контактной задачи на примере плоского недеформируемого штампа в изотропную линейно упругую полуплоскость с помощью ANSYS.
20. Моделирование контактной задачи на примере цилиндрического недеформируемого штампа в изотропную линейно упругую полуплоскость с помощью ANSYS.
21. Моделирование штамповки профиля эластичным инструментом в ANSYS.
22. Исследование соударения полого шара с недеформируемой преградой в ANSYS.
23. Исследование падения контейнера в ANSYS.
24. Проведение расчетов быстротекущих процессов в модуле ANSYS/LS-DYNA на примере падения блока на длинную балку.

### **5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-9**

1. В каких задачах требуется проводить динамический анализ.
2. Виды динамических воздействий.
3. Общее уравнение движения. Его формы для различных типов динамических анализов.
4. Способы решения общего уравнения движения.
5. Метод суперпозиции собственных форм.
6. Метод прямого интегрирования (метод Ньюмарка, метод Гильбера-Хьюза-Тейлора).

7. Модальный анализ. Последовательность действий при проведении модального анализа в ANSYS.
8. Кратные частоты собственных колебаний. Производные по направлению для кратных частот.
9. Модальный анализ предварительно напряженных конструкций.
10. Гармонический анализ. Полный метод. Усеченный метод. Метод суперпозиции мод.
11. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде набора амплитуд и фазовых углов.
12. Нахождение решения задачи гармонического анализа в виде реальной и мнимой частей решения.
13. Матрица коэффициентов динамического усиления внешней нагрузки.
14. Три типа демпфирования. Матрица демпфирования.
15. Последовательность действий при проведении гармонического анализа в ANSYS.
16. Анализ переходных процессов. Три метода решения.
17. Расчет систем с одной степенью свободы при действии произвольной нагрузки. Интеграл Дюамеля.
18. Динамический анализ переходных процессов полным методом.
19. Динамический анализ переходных процессов редуцированным методом.
20. Динамический анализ переходных процессов методом суперпозиции мод.
21. Последовательность действий при проведении анализа переходных процессов в ANSYS.
22. Ударные спектры для максимального отклика от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов для линейной системы.
23. Максимальные отклики системы с  $n$  степенями свободы от действия прямоугольного, треугольного, полусинусоидального импульсов спектральным методом.
24. Спектральный анализ в ANSYS.
25. Решение задач механики контактного взаимодействия в ANSYS.
26. Проведение расчетов быстротечущих процессов в модуле ANSYS/LS-DYNA.

#### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
превосходно	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
отлично	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.
очень хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок.
хорошо	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок.
удовлетворительно	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.
неудовлетворительно	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.
плохо	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### Основная литература:

1. Баженов В. Г. Решение задач нестационарной динамики пластин и оболочек вариационно-разностным методом : учеб. пособие / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2000. - 107 с. : ил., табл., граф., схемы. - ISBN 5-85746-474-9 : 25.00., 15 экз.
2. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике : пер. с англ. / под ред. Б. Е. Победри. - М. : Мир, 1975. - 541 с. : ил. - 2.70., 2 экз.
3. Голованов Александр Иванович. Метод конечных элементов в статистике и динамике тонкостенных конструкций. - М. : Физматлит, 2006. - 392 с. - ISBN 5-9221-0674-0 : 54.00., 2 экз.

### Дополнительная литература:

1. Абросимов Николай Анатольевич. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2002. - 400 с. : ил. - ISBN 5-85746-639-3 : 40.00., 4 экз.
2. Коробейников Сергей Николаевич. Нелинейное деформирование твердых тел : монография / РАН, СО, Ин-т гидродинамики им. М. А. Лаврентьева. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. - 262 с. - ISBN 5-7692-0381-1 : 26.00., 2 экз.
3. Абросимов Николай Анатольевич. Нелинейные задачи динамики композитных конструкций : монография / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во ННГУ, 2002. - 400 с. : ил. - ISBN 5-85746-639-3 : 40.00., 4 экз.
4. Роуч П. Вычислительная гидродинамика / пер. с англ. В. А. Гущина, В. Я. Мясницкого ; под ред. П. И. Чушкина. - М. : Мир, 1980. - 616 с. : ил. - 3.40., 2 экз.

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Программный комплекс компьютерного моделирования процессов динамического деформирования сложных конструктивных элементов в трехмерной постановках «Динамика-3» (сертификат соответствия №РОСС RU.МЕ20.Н00338 Госстандарта России)
2. Сертифицированный программный комплекс ANSYS, приобретенный ННГУ им. Н.И. Лобачевского в рамках национального проекта "Образование"
3. Информационно-аналитические материалы  
<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics.htm>  
<http://www.dynasupport.com/manuals>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.04.03 - Механика и математическое моделирование.

Автор(ы): Сергеев Олег Анатольевич, кандидат технических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Игумнов Леонид Александрович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.