

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

Компьютерное моделирование

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.17 Компьютерное моделирование относится к обязательной части 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-2: Способен самостоятельно анализировать поставленную задачу, выбирать корректные методы её решения, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах, реализовывать в них новые алгоритмы	<p>ПК-2.1: Знает теоретические основы и методологию построения решений фундаментальных задач математики и механики, основы информационных технологий</p> <p>ПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности</p> <p>ПК-2.3: Владеет навыками решения задач математики и механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов</p>	<p>ПК-2.1: Знает теоретические основы и методологию построения решений фундаментальных задач математики и механики, основы информационных технологий.</p> <p>ПК-2.2: Умеет осуществлять анализ и выбор методов и алгоритмов решения задач профессиональной деятельности.</p> <p>ПК-2.3: Владеет навыками решения задач математики и механики в соответствии с выбранным методом и построенным алгоритмом с использованием современных программных комплексов.</p>	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы
ПК-3: Умеет самостоятельно разрабатывать, исследовать, применять математические модели для расчётов, проводить расчётные работы и исследования, обработку результатов,	ПК-3.1: Знает классические модели естествознания, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований	ПК-3.1: Знает классические модели естествознания, методы решения задач, современные программные комплексы для проведения расчётных исследований, методы проведения, обработки и анализа результатов экспериментальных исследований.	Задания	Зачёт: Контрольные вопросы

оформление отчётной документации	<p>ПК-3.2: Умеет проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований</p> <p>ПК-3.3: Владеет навыками применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований</p>	<p>ПК-3.2: Умеет проводить расчётно-экспериментальные исследования, выбирать и применять современные программные комплексы, получать, обрабатывать и анализировать результаты исследований.</p> <p>ПК-3.3: Владеет навыками применения математического моделирования и расчётно-экспериментальных исследований.</p>		
--	---	---	--	--

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	43
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

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/ лабора- торные работы), часы	Всего	
	о ф	о ф	о ф	о ф	о ф

	0	0	0	0	0
1. Геометрическое моделирование на плоскости. Задание № 1 (ANSYS APDL).	13	4	4	8	5
2. Геометрическое моделирование трёхмерных (объёмных) объектов. Задание № 2 (ANSYS APDL).	13	4	4	8	5
3. Геометрическое моделирование на плоскости. Задание № 3 (ANSYS Workbench Designer Modeller).	13	4	4	8	5
4. Геометрическое моделирование трёхмерных (объёмных) объектов. Задание № 4 (ANSYS Workbench Designer Modeller).	13	4	4	8	5
5. Дискретизация 2D и 3D объектов. Задание № 5 (ANSYS APDL).	13	4	4	8	5
6. Дискретизация 2D и 3D объектов. Задание № 6 (ANSYS Workbench Meshing).	13	4	4	8	5
7. Задача теплопроводности (математическая модель, основы МКЭ, компьютерное моделирование. Задание № 7.	14	4	4	8	6
8. Визуализация результатов численного решения модельной задачи теплопроводности (ANSYS APDL и Workbench).	15	4	4	8	7
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	32	65	43

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Геометрическое моделирование на плоскости. Задание № 1 (ANSYS APDL).
2. Геометрическое моделирование трёхмерных (объёмных) объектов. Задание № 2 (ANSYS APDL).
3. Геометрическое моделирование на плоскости. Задание № 3 (ANSYS Workbench Designer Modeller).
4. Геометрическое моделирование трёхмерных (объёмных) объектов. Задание № 4 (ANSYS Workbench Designer Modeller).
5. Дискретизация 2D и 3D объектов. Задание № 5 (ANSYS APDL).
6. Дискретизация 2D и 3D объектов. Задание № 6 (ANSYS Workbench Meshing).
7. Задача теплопроводности (математическая модель, основы МКЭ, компьютерное моделирование. Задание № 7.
8. Визуализация результатов численного решения модельной задачи теплопроводности (ANSYS APDL и Workbench).

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.

В рамках дисциплины предусмотрены следующие виды самостоятельной работы (порядок их выполнения, форма контроля):

- повторение материала, пройденного на занятиях лекционного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лекционного и семинарского типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях семинарского типа),
- подготовка к занятиям семинарского типа, решение задач по списку, представленному

преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях семинарского типа),

- подготовка к промежуточному контролю успеваемости (зачет).

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 - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-2:

1. Геометрические примитивы на плоскости
2. Построение отрезка прямой
3. Построение дуги окружности
4. Касательная к окружности
5. Моделирование снизу вверх
6. Моделирование сверху вниз
7. Булевы операции с объектами
8. Построения в ANSYS Mechanical APDL
9. Типы элементов
10. Свободная сетка
11. Регулярная сетка

5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

1. Геометрические примитивы на плоскости
2. Построение отрезка прямой
3. Построение дуги окружности
4. Касательная к окружности
5. Моделирование снизу вверх
6. Моделирование сверху вниз
7. Булевы операции с объектами
8. Построения в ANSYS Mechanical APDL
9. Типы элементов
10. Свободная сетка
11. Регулярная сетка

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

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 незначительные ошибки, исправленные по требованию преподавателя

Оценка	Критерии оценивания
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 отдельным 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	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

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
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	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»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	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-2

1. Геометрические примитивы на плоскости
2. Построение отрезка прямой
3. Построение дуги окружности
4. Касательная к окружности
5. Моделирование снизу вверх
6. Моделирование сверху вниз
7. Булевы операции с объектами
8. Построения в ANSYS Mechanical APDL
9. Типы элементов
10. Свободная сетка
11. Регулярная сетка

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-3

1. Геометрические примитивы на плоскости
2. Построение отрезка прямой
3. Построение дуги окружности
4. Касательная к окружности
5. Моделирование снизу вверх
6. Моделирование сверху вниз
7. Булевы операции с объектами
8. Построения в ANSYS Mechanical APDL
9. Типы элементов
10. Свободная сетка
11. Регулярная сетка

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

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

Основная литература:

1. ANSYS: справочник пользователя / Басов К.А. - Москва : ДМК-пресс, 2008., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636508&idb=0>.
2. Банщикова И. А. Комплекс ANSYS: нелинейный прочностной анализ конструкций : учеб. пособие / Банщикова И. А., Расторгуев Г. И. - Новосибирск : НГТУ, 2015. - 94 с. - Утверждено Редакционно-издательским советом университета в качестве учебного пособия. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции НГТУ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-7782-2816-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=720657&idb=0>.
3. Басов К.А. ANSYS для конструкторов : монография / Басов К.А. - Москва : ДМК-пресс, 2016. - 248 с. - ISBN 978-5-97060-372-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=868697&idb=0>.
4. Басов К.А. ANSYS: справочник пользователя : справочник / Басов К.А. - Москва : ДМК-пресс, 2014. - 640 с. - ISBN 978-5-97060-089-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=772953&idb=0>.
5. Жидков А. В. Моделирование композитов в среде ansys с помощью пространственного слоистого конечного элемента : учебно-методическое пособие / Жидков А. В., Леонтьев Н. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 35 с. - Рекомендовано научно-методическим советом исследовательской школы «Компьютерная и экспериментальная механика» для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 01.05.01 «Фундаментальные математика и механика», 01.03.03 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Физика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?>

Action=FindDocs&ids=783255&idb=0.

6. Жидков А. В. Применение ansys : Учебно-методическое пособие. Ч. 2. Применение ansys : Учебно-методическое пособие / Жидков А. В., Леонтьев Н. В. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 32 с. - Рекомендовано методической комиссией института информационных технологий, математики и механики для студентов ННГУ, обучающихся по специальности 01.05.01 «Фундаментальная математика и механика», направлениям подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика», 01.04.03 «Механика и математическое моделирование». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Математика., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783354&idb=0>.

7. Применение системы ANSYS к решению задач механики сплошной среды : практ. рук. / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2006. - 227 с. - В надзаг.: Нац. проект "Образование". Инноват. образоват. программа Нижегород. ун-та : Образоват.-науч. центр "Информат.-телекоммуникац. системы: физ. основы и мат. обеспечение". - Авт. указ. на обороте тит. л. - ISBN 5-85746-928-7 : 47-00., 52 экз.

Дополнительная литература:

1. Берендеев Николай Николаевич. Исследование влияния внутреннего трения и способа возбуждения на вынужденные колебания системы : учебно-методическое пособие / Н. Н. Берендеев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2012. - 50 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=851269&idb=0>.

2. Берендеев Н. Н. Методы решения задач усталости в пакете ansys workbench : учебно-методическое пособие / Берендеев Н. Н. - 2-е изд., испр. и доп. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2020. - 73 с. - Рекомендовано методической комиссией физического факультета для студентов ННГУ, обучающихся по направлениям подготовки: 03.03.02 «Физика» и 03.04.02 «Физика». - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ННГУ им. Н. И. Лобачевского - Инженерно-технические науки., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=783339&idb=0>.

3. Решение задач механики сплошной среды в программном комплексе ANSYS / Мурашов М.В., Панин С.Д. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=643006&idb=0>.

4. Павлов А. С. Решение задач механики деформируемого твёрдого тела в программе ANSYS : практикум для вузов / Павлов А. С. - Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. - 34 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-85546-825-0., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=714340&idb=0>.

5. Оконечников А. С. Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH : учебное пособие / Оконечников А. С., С. Д., Ф. Г. - Москва : МАИ, 2021. - 101 с. - Редсовет МАИ. - Книга из коллекции МАИ - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-4316-0805-6., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=799097&idb=0>.

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

- Жидков А.В. Применение системы ANSYS к решению задач геометрического и конечно-элементного моделирования. Учебно-методический материал по программе повышения

квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 115 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/1.pdf>.

- Леонтьев Н.В. Применение системы ANSYS к решению задач модального и гармонического анализа. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 101 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/2.pdf>

- Шабаров В.В. Применение системы ANSYS к решению гидрогазодинамических задач. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные системы в математике и механике». Нижний Новгород, 2006, 108 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/3.pdf>

- Берендеев Н.Н. Применение системы ANSYS к оценке усталостной долговечности. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые подходы в исследованиях и разработках информационно-телекоммуникационных систем и технологий». Нижний Новгород, 2006, 83 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2006/4.pdf>

- Шабаров В.В. Расчет гидроаэродинамических характеристик крыльев вихревыми методами. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород, 2007, 39 с. <http://www.unn.ru/pages/e-library/aids/2007/58.pdf>

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 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Жидков Александр Васильевич, кандидат технических наук, доцент
Гонов Михаил Евгеньевич, кандидат технических наук.

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

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