Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 01.11.2023 18:21:31
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
Декан транспортного факультета
/П. Итурралде/
«28» 08 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование в задачах механики»

Направление подготовки
01.06.01 Математика и механика

профиль
«Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

Квалификация (степень) выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Москва 2021 г.

1. Цель освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Математическое моделирование в задачах механики» является формирование у обучающегося системы знаний по основам современных численных методов и навыков их эффективного применения при проектировании и исследовании различных механических систем.

Основными задачами изучения студентами дисциплины являются:

- - прямые и итерационные методы решения задачи Коши и краевых задач;
- - одношаговые и многошаговые методы решения систем ОДУ;
- - разностные методы решения линейных дифференциальных уравнений в частных производных;
- - методы интегрирования дифференциальных уравнений, основанные на вариационных принципах.
- - анализ задач и обоснованный выбор уровня детализации математической модели и метода численного решения для конкретной задачи;
- - выполнение качественной дискретизации задачи – выбор типа элементов и построение расчетной сетки с учетом геометрических и физических особенностей объекта и приложенных нагрузок;
- - реализация алгоритмов численных методов в рамках собственных программ или в составе современных коммерческих вычислительных комплексов;
- - оценка скорости и сходимости численных методов, анализ достоверности полученных расчетных результатов;
- - освоение методов математического моделирования в задачах механики, методов определения оптимальных и рациональных технических решений

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина «Математическое моделирование в задачах механики» относится к базовым дисциплинам (Б1.Б) программы аспирантуры.

Назначение дисциплины – изучение основных алгоритмов построения приближенных (численных) решений краевых и начально-краевых задач механики деформируемого твердого тела, в том числе изучение базовых понятий, определяющих принципы построения рассматриваемых алгоритмов, а также их обоснование и изложение различных подходов к

оценке достоверности и погрешности результатов, получаемых с помощью численных методов.

Дисциплина относится к теоретическим дисциплинам. Ее освоение позволяет сформировать представление о сути вычислительных процессов, реализованных в современных общеинженерных и специализированных программных комплексах для решения краевых и начально-краевых задач, и о степени достоверности получаемых с их помощью результатов. Изучение дисциплины позволяет повысить уровень компетентности обучаемого (исследователя) в выборе метода численного решения, качественной дискретизации задачи и анализе полученных результатов, сформировать навыки самостоятельного ведения научно-исследовательской деятельности в соответствующей профессиональной области.

Изучение дисциплины «Математическое моделирование в задачах механики» опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в рамках предшествующих дисциплин, и предполагает предварительное освоение следующих дисциплин: математический анализ, обыкновенные дифференциальные уравнения, уравнения математической физики, физика, теоретическая механика, сопротивление материалов.

Для успешного освоения дисциплины обучающийся должен:

- знать: базовые понятия и определения дифференциального и интегрального исчисления, физики, теоретической механики, сопротивления материалов;
- уметь: строить математические модели в задачах физики, теоретической механики и сопротивления материалов; пользоваться современной вычислительной техникой в объеме, необходимом для решения определенного набора учебных задач;
- владеть: методами решения дифференциальных уравнений, задач теоретической механики и сопротивления материалов.

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП: Динамические расчеты транспортных машин; Расчеты на трещиностойкость и живучесть; Современные методы вычислительной механики; Спецглавы по динамике механических систем.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих универсальных компетенций:

УК-1, УК-2, УК-5:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
- способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

Дисциплина вносит вклад в формирование следующих профессиональных компетенций:

ПК-1:

- способностью строить корректные математические модели современных механических систем и конструкций (ПК-1)

знать

- - основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем;
- - методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей;
- - способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений;
- - основы метода конечных элементов и контрольных объемов (способы дискретизации расчетной области, построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений)
- - особенности методов математического моделирования для исследования механических систем;
- - особенности методов вычислительной математики для исследования механических систем
- - особенности методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах

уметь

- - разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды;
- - применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем;
- - реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем;
- - применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем;
- - применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем;
- - применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах

владеть

- - навыками постановки краевых задач;
- - навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей;
- - навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач;
- - навыками применения конечно-элементных методов;
- - методами нахождения оптимальных технических решений;
- - методами нахождения рациональных технических решений;
- - методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений

4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Трудоемкость освоения дисциплины составляет **3** зачетных единицы (з.е.) или **108** академических часа, в том числе **24** часа аудиторных занятий и **84** часа самостоятельная работа.

4.1. Виды учебной работы

Таблица 1

Виды учебной работы	в зачетных единицах	в академ. часах
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	**3**	**108**
Аудиторные занятия:	**0,67**	**24**
лекции (Л)	0,335	12
практические занятия (ПЗ)	0,335	12
исследовательские лабораторные занятия (ИЛЗ)		–
Самостоятельная работа (СР):	**2,33**	**84**
консультации		–
реферат		–
самостоятельное изучение разделов дисциплины	2	72
Вид контроля: **экзамен**		

4.2. Содержание дисциплины по разделам и видам учебной работы

Таблица 2

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)				
		всего	очная форма обучения			
			Л	ПЗ	ИЛЗ	СР
1	Моделирование геометрии.	10	1	1		8
2	Построение сетки конечных элементов.	10	1	1		8
3	Моделирование различных типов материалов. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами.	10	1	1		8
4	Моделирование статической и динамической линейной задачи	10	1	1		8
5	Моделирование контактной задачи.	10	1	1		8
6	Моделирование геометрически нелинейной задачи.	10	1	1		8
7	Моделирование физически нелинейной задачи.	16	2	2		12
8	Моделирование предельного состояния	16	2	2		12

№ п/п	Раздел дисциплины	Трудоемкость по видам учебной работы (час.)				
		всего	очная форма обучения			
			Л	ПЗ	ИЛЗ	СР
	конструкций.					
9	Моделирование геометрически нелинейного деформирования упругопластического деформирования конструкций с учетом контактного взаимодействия.	16	2	2		12
	Итого:	108	12	12		84

Примечание: Л – лекции; ПЗ – практические занятия; ИЛЗ – исследовательские лабораторные занятия;

СР – самостоятельная работа обучающихся.

4.3. Тематика аудиторных занятий

Тематика лекционных и практических занятий занятий

Таблица 3

№ раздела	Основное содержание	Кол-во часов
1	Тема 1. Моделирование геометрии. Создание геометрических объектов. Моделирование геометрии «сверху вниз». Моделирование геометрии «снизу-вверх». Операции копирования, отражения, переноса, искажения, удаления различных геометрических объектов. Булевы операции с объектами. Измерение геометрических параметров по рисунку. Построение симметричных и циклически симметричных объектов.	2
2	Тема 2. Построение сетки конечных элементов. Автоматическое построение сетки. Начальные параметры дискретизации геометрических объектов. Максимальное число элементов по линии, поверхности, объему. Максимальный размер элементов. Структурированные конечно-элементные сетки. Свободные конечно-элементные сетки. Операции конкатенации. Вырожденные элементы. Линейные элементы. Квадратичные элементы. Выбор элементов для расчета. Локальное уточнение сетки. Экстренное прерывание разбиения. Проверка формы элемента. Дополнительные возможности разбиения. Назначение атрибутов различным геометрическим объектам.	2

	Установка атрибутов различным геометрическим объектам по умолчанию.	
3	Тема 3. Моделирование различных типов материалов. Приложение нагрузок, проведение вычислений и операции с результатами. Нагружения. Обзор нагружений. Нагрузки на твердую модель: преимущества и недостатки. Нагрузки на конечно элементную модель: преимущества и недостатки. Ограничивающие условия. Установка симметричных или антисимметричных граничных условий. Передача сил. Поверхностные нагрузки. Объемные нагрузки. Задание объемных нагрузок на элементы. Задание объемных нагрузок на ключевые точки. Задание объемных нагрузок на линии, площади и объемы. Задание общей объемной нагрузки. Повторное задание объемной нагрузки. Передача объемных нагрузок. Масштабирование значений объемной нагрузки. Разрешение конфликтных ситуаций, возникающих при задании объемных нагрузок.	2
4	Тема 4. Моделирование статической и динамической линейной задачи. Основные команды пакетного и интерактивного режимов статической задачи. Постановка задачи. Построение модели. Ввод имени задачи. Ввод заголовка и системы единиц. Ввод заголовка и системы единиц. Ввод типов элементов. Ввод констант элементов. Задание свойств материала. Построение модели. Моделирование «сверху-вниз». Моделирование «снизу-вверх. Моделирование с применением булевых операций. Выбор метода построения сетки. Построение произвольной (free) сетки. Построение упорядоченной (mapped) сетки. Приложение нагрузок и получение решения. Граничные условия. Сосредоточенные нагрузки (силы и моменты сил). Поверхностные нагрузки.	2
5	Тема 5. Моделирование контактной задачи. Обзор контактных проблем. Средства для расчета явного динамического контакта. Общая классификация контактов. Возможности программ при расчете контактных задач. Контактные элементы "поверхность-поверхность". Контактные элементы "узел-поверхность". Контактные элементы "узел-узел". Выполнение контактного анализа "поверхность-поверхность". Использование контактных элементов "поверхность-поверхность". Шаги при выполнении контактного анализа.	2

6	Тема 6. Моделирование геометрически нелинейной задачи. Варианты нелинейного поведения конструкций. Нелинейное изменение геометрии. Нелинейное поведение материала. Нелинейное изменение условий нагружения и взаимодействия конструкций, включая условия контакта. Консервативное и неконсервативное поведение конструкций. Задание опций нелинейного деформирования. Структурно-трансформирующиеся расчетные схемы. «Рождение» и «смерть» элементов. Метод Ньютона-Рафсона. Опции метода Ньютона-Рафсона. Расчет предварительно-напряженных конструкций.	2
7	Тема 7. Моделирование физически нелинейной задачи. Моделирование пластической деформации и деформационного упрочнения материала. Билинейная модель кривой деформирования материала. Мультилинейная модель кривой деформирования материала. Нелинейная модель кривой деформирования материала. Изотропное нагружение. Анизотропное нагружение материала. Пластичность по Мизесу. Пластичность по Хиллу. Изотропное упрочнение материала. Кинематическое нагружение материала. Вязкопластическое деформирование.	4
8	Тема 8. Моделирование предельного состояния конструкций. Пластические модели для конструкционных материалов. Пластическое деформирование конструкций. Модели пластического деформирования конструкций. Библиотека моделей пластического поведения конструкций. Модель Друккера-Прагера. Реологические модели. Параметры реологических моделей. Закон сухого трения. Критерий пластичности Кулона-Мора. Критерий пластичности Сен-Венана-Треска. Критерий пластичности Мизеса-Боткина. Решение модельных задач упругопластического деформирования конструкций.	4
9	Тема 9. Моделирование геометрически нелинейного упругопластического деформирования конструкций с учетом контактного взаимодействия. Создание модели и сеточное разбиение. Определение контактных пар. Назначение целевой и контактной поверхностей. Асимметричный и симметричный контакт. Задание целевой поверхности. Задание деформируемой контактной поверхности. Задание реальных постоянных и ключевых опций элементов. Создание геометрии и сеточное разбиение. Создание контактных элементов.	4

	Задание контактной нормали. Задание начального перекрытия или зазора. Выбор контактного алгоритма. Приложение граничных условий. Решение задачи. Просмотр результатов. Передача ограничивающих условий. Переустановка ограничивающих условий.	
ВСЕГО		24

5. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Текущий контроль успеваемости обучающихся осуществляется на занятиях руководителем в форме собеседования.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины осуществляется в форме экзамена на 5-ом семестре.

5.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**
1	2
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ПК-1	способностью строить корректные математические модели современных механических систем и конструкций

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплины в соответствии с учебным

планом и календарным графиком учебного процесса.

5.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины, описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине.

УК-1 способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях **УК-2 способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки** **УК-5 способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития**				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем; методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений; основы метода конечных	Обучающийся не освоил основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем; методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений; основы метода конечных элементов и контрольных объемов	Обучающийся демонстрирует неполное знание основных этапов разработки математических моделей сложных технических систем; методов теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; способов построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений; основы метода конечных элементов и контрольных	Обучающийся демонстрирует частичное знание основных этапов разработки математических моделей сложных технических систем; методов теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; способов построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений;	Обучающийся полностью освоил основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем; методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений; основы

элементов и контрольных объемов		объемов	основы метода конечных элементов и контрольных объемов	метода конечных элементов и контрольных объемов
уметь: разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем; реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем;	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем; реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем;	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем; реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем; реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических моделей исследуемых систем; реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях

		операровании умениями при их переносе на новые ситуации.	операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	повышенной сложности.
владеть: навыками постановки краевых задач; навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; навыками применения конечно-элементных методов	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками постановки краевых задач; навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; навыками применения конечно-элементных методов	Обучающийся слабо владеет навыками постановки краевых задач; навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; навыками применения конечно-элементных методов. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками постановки краевых задач; навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; навыками применения конечно-элементных методов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками постановки краевых задач; навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; навыками применения конечно-элементных методов. Обучающийся свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-1 способностью строить корректные математические модели современных механических систем и конструкций				

Показатель	Критерии оценивания			
	2	3	4	5
знать: особенности методов математического моделирования для исследования механических систем; особенности методов вычислительной математики для исследования механических систем; особенности методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: особенностей методов математического моделирования для исследования механических систем; особенностей методов вычислительной математики для исследования механических систем; особенностей методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: особенностей методов математического моделирования для исследования механических систем; особенностей методов вычислительной математики для исследования механических систем; особенностей методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: особенностей методов математического моделирования для исследования механических систем; особенностей методов вычислительной математики для исследования механических систем; особенностей методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: особенностей методов математического моделирования для исследования механических систем; особенностей методов вычислительной математики для исследования механических систем; особенностей методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах.
уметь:	Обучающийся не	Обучающийся	Обучающийся	Обучающийся

применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах	умеет или в недостаточной степени умеет применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах.	демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей.	демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических решениях.	демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; применять разнообразные методы математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть: методами нахождения оптимальных технических решений; методами нахождения рациональных технических решений; методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами нахождения оптимальных технических решений; методами нахождения рациональных технических решений; методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений.	Обучающийся в недостаточной степени владеет методами нахождения оптимальных технических решений; методами нахождения рациональных технических решений; методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами нахождения оптимальных технических решений; методами нахождения рациональных технических решений; методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся в полном объеме владеет методами нахождения оптимальных технических решений; методами нахождения рациональных технических решений; методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только аспиранты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Математическое моделирование в задачах механики»

Шкала оценивания	***Описание***

Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Аспирант демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Аспирант демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Аспирант демонстрирует полное или по большей части соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Аспирант демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков, приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, аспирант испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

6. Образовательные технологии по дисциплине

Обучение дисциплине ведется с применением традиционных потоково-

групповых с использованием информационно-телекоммуникационных технологий.

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используются следующие информационно-телекоммуникационные технологии:

- подготовка выступления и выступление с демонстрацией компьютерной презентации;
- поиск информации в Интернете и других источниках.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Самарский, А.А. Математическое моделирование [Электронный ресурс] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — Москва: Физматлит,2005. —160 с. — Режим доступа: http://www.knigafund.ru/books/207683.

б) дополнительная литература:

2. Введение в математическое моделирование: Учебное пособие [Электронный ресурс] / Под ред. П.В. Трусова. — М.: Логос, 2004. — 440 с. — Режим доступа : http://www.knigafund.ru/books/178937

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование программного обеспечения / ссылка на Интернет-ресурс	Компания-производитель
http://www.rsl.ru/	Российская государственная библиотека
http://www.gpntb.ru/	Государственная публичная научно-техническая библиотека России
http://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека
http://www.gost.ru/	Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)
http://www.ansi.org/	ANSI (American National Standards Institute)
http://www.iso.org/	ISO (International Organization for Standardization)
http://www.extech.ru/	Федеральное государственное автономное научное учреждение "Научно-исследовательский институт — Республиканский

	исследовательский научно-консультационный центр экспертизы" (ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ)
http://www.rfbr.ru/	Российский фонд фундаментальных исследований
http://www.shareware.com/	Служба поиска свободно распространяемого программного обеспечения
http://eqworld.ipmnet.ru/indexr.htm,	Международный научно-образовательный сайт EqWorld
http://www.mi.ras.ru	Сайт Математического института им. В.А. Стеклова Российской Академии наук
http://www.mysopromat.ru	MYsopromat.ru: Сопротивление материалов и науки о прочности
http://lib.mami.ru/	Научно-техническая библиотека университета машиностроения
http://e.lanbook.com/	Электронно-библиотечная система издательства «Лань»
http://iprbookshop.ru	Электронно-библиотечная система IPRbooks
http://www.biblio-online.ru	Электронно-библиотечной системе издательства «Юрайт»
http://cyberleninka.ru	Электронный ресурс «КиберЛенинка»
www.scopus.com	Реферативная база данных Scopus
Springer Protocols – www.springerprotocols.com Springer Materials – www.springermaterials.com Springer Images – www.springerimages.com Zentralblatt MATH – www.zentralblatt-math.org/zbmath/en	Ресурсы издательства Springer
Операционная система Windows 7(или ниже) - Microsoft Open License Лицензия № 61984214, 61984216,61984217, 61984219, 61984213, 61984218, 61984215 Офисные приложения Microsoft Office 2013(или ниже) - Microsoft Open LicenseЛицензия № 61984042	

ANSYS Academic Teaching Mechanical Лицензия №664946	

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебный процесс обеспечивается наличием следующего материально-технического оборудования:

1) Аудитория, оборудованная аудиторной доской, столами стульями (столами со скамьями);

2) Компьютерный класс Н-212 оборудованный компьютерами с установленным программным обеспечением и выходом в сеть Internet, маркерной доской, подвесным проектором с интерактивной доской.

Приложение
к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
Московский политехнический университет

Направление подготовки: 01.06.01 Математика и механика

Направленность
Динамика, прочность машин и сопротивление материалов
Форма обучения: очная

Кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Математическое моделирование в задачах механики

Квалификация (степень) выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Москва, 2021 год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ					
ФГОС **01.06.01 Математика и механика**					
В процессе освоения данной дисциплины аспирант формирует и демонстрирует следующие **компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства****	**Степени уровней освоения компетенций**
ИН-ДЕКС	**ФОРМУЛИРОВ-КА**				
УК-1	способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	**Знать:** • основные этапы разработки математических моделей сложных технических систем; • методы теории подобия для анализа технических систем и их математических моделей; • способы построения разностных схем для решения дифференциальных уравнений; • основы метода конечных элементов и контрольных объемов (способы дискретизации расчетной области, построение дискретных аналогов дифференциальных уравнений) **Уметь:** • разрабатывать математические модели технических систем на основе законов механики твердого тела и деформируемой среды; • применять методы решения дифференциальных уравнений для численной реализации математических	лекция, практические занятия, самостоятельная работа	УО, Э	**Базовый уровень** - способен разрабатывать математические модели технических систем. **Повышенный уровень** - способен разрабатывать математические модели технических систем, выбирать оптимальные модели для расчетов и исследований.
УК-2	способностью проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с				

	использованием знаний в области истории и философии науки	моделей исследуемых систем; • реализовывать эффективные численные методы в виде программ расчета и проектирования технических систем; **Владеть:** • навыками постановки краевых задач; • навыками построения разностных аналогов дифференциальных уравнений методом конечных разностей; • навыками применения вариационных принципов для решения краевых задач; • навыками применения конечно-элементных методов;			
УК-5	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития				
ПК-1	способностью строить корректные математические модели современных механических систем и конструкций	**Знать:** • особенности методов математического моделирования для исследования механических систем; • особенности методов вычислительной математики для исследования механических систем • особенности методов математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. **Уметь:** • применять разнообразные методы математического моделирования для исследования механических систем; • применять разнообразные методы вычислительной математики для исследования механических систем; • применять разнообразные методы	лекция, практические занятия, самостоятельная работа	УО, Э	**Базовый уровень** - способен проводить математическое моделирование и исследования механических систем. **Повышенный уровень** - способен проводить математическое моделирование и исследования механических систем, давать рекомендации на основе проведенных исследований.

		математического моделирования и вычислительной математики для исследования закономерностей, явлений и процессов в механических системах. **Владеть:** • методами нахождения оптимальных технических решений; • методами нахождения рациональных технических решений; • методами нахождения оптимальных и рациональных технических решений.			

Описание оценочных средств

Вопросы для проведения экзамена для оценки компетенций (УК-1, УК-2, УК-5, ПК-1):

1. Обзор существующих программных средств, на основе которых можно проводить расчеты нелинейных задач механики деформируемого твердого тела в полуавтоматическом режиме.
2. Автоматическое построение сетки.
3. Начальные параметры дискретизации геометрических объектов.
4. Максимальное число элементов по линии;
5. Максимальное число элементов по поверхности;
6. Максимальное число элементов по объему;
7. Максимальный размер элементов.
8. Структурированные конечно-элементные сетки.
9. Свободные конечно-элементные сетки.
10. Выбор типа решаемой задачи.
11. Выбор физической модели.
12. Задание типов элемента. Определение вещественных констант элемента. Создание сечений.
13. Определение свойств материалов. Линейные свойства материала. Нелинейные свойства материала. Анизотропные упругие свойства материала.
14. Интерфейс модели материала. Доступ к интерфейсу.
15. Основные команды интерактивного режима статической задачи.
16. Основные команды пакетного режима статической задачи
17. Моделирование с применением булевых операций.
18. Граничные условия. Сосредоточенные нагрузки (силы и моменты сил). Поверхностные нагрузки.
19. Обзор контактных проблем.
20. Средства для расчета явного динамического контакта. Общая классификация контактов.
21. Возможности программ при расчете контактных задач.
22. Контактные элементы "поверхность-поверхность".
23. Контактные элементы "узел-поверхность".
24. Контактные элементы "узел-узел".
25. Шаги при выполнении контактного анализа.
26. Варианты нелинейного поведения конструкций. Нелинейное изменение геометрии. Нелинейное поведение материала. Нелинейное изменение условий нагружения и взаимодействия конструкций, включая условия контакта.
27. Консервативное и неконсервативное поведение конструкций.
28. Задание опций нелинейного деформирования.
29. Структурно-трансформирующиеся расчетные схемы.
30. «Рождение» и «смерть» элементов.

31. Метод Ньютона-Рафсона. Опции метода Ньютона-Рафсона.
32. Расчет предварительно-напряженных конструкций.
33. Билинейная модель кривой деформирования материала. Мультилинейная модель кривой деформирования материала. Нелинейная модель кривой деформирования материала.
34. Изотропное нагружение. Анизотропное нагружение материала.
35. Пластичность по Мизесу. Пластичность по Хиллу.
36. Изотропное упрочнение материала. Кинематическое упрочнение материала.
37. Модель Друккера-Прагера.
38. Определение контактных пар. Назначение целевой и контактной поверхностей. Асимметричный и симметричный контакт.
39. Задание целевой поверхности. Задание деформируемой контактной поверхности. Задание реальных постоянных и ключевых опций элементов.

Образец экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет ТРАНСПОРТНЫЙ, кафедра «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов»
Дисциплина Математическое моделирование в задачах механики
Направление 01.06.01 Математика и механика
Курс 3, семестр 5

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4.

1. Отказы – по происхождению, по изменению режима работы, по последствиям.
2. Испытания на усталость.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «26 » сентября 2017 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой _____ /А.А.Скворцов/

Примерные вопросы для проведения устного опроса и оценки компетенций УК-1, УК-2, УК-5, ПК-1

1. Моделирование геометрии.
2. Создание геометрических объектов.
3. Моделирование геометрии «сверху вниз».
4. Моделирование геометрии «снизу-вверх».
5. Операции копирования различных геометрических объектов.
6. Операция отражения различных геометрических объектов.
7. Операция переноса различных геометрических объектов.
8. Операция искажения различных геометрических объектов.
9. Операция удаления различных геометрических объектов.
10. Булевы операции с объектами.
11. Измерение геометрических параметров по рисунку.
12. Построение симметричных и циклически симметричных объектов
13. Контактные элементы "поверхность-поверхность".
14. Контактные элементы "узел-поверхность".
15. Контактные элементы "узел-узел".
16. Моделирование физически нелинейной задачи.
17. Моделирование пластической деформации и деформационного упрочнения материала.
18. Билинейная модель кривой деформирования материала.
19. Мультилинейная модель кривой деформирования материала.
20. Нелинейная модель кривой деформирования материала.
21. Изотропное нагружение.
22. Анизотропное нагружение материала.
23. Пластичность по Мизесу.
24. Пластичность по Хиллу.
25. Изотропное упрочнение материала.
26. Кинематическое нагружение материала.
27. Вязкопластическое деформирование