

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

Моделирование высокоскоростного удара с грунтом в среде
моделирования ЛОГОС

Уровень высшего образования
Бакалавриат

Направление подготовки / специальность
15.03.03 - Прикладная механика

Направленность образовательной программы
Инженерное приложение суперкомпьютерного моделирования

Форма обучения
очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Моделирование высокоскоростного удара с грунтом в среде моделирования ЛОГОС 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-3: Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование, применять математически сложные алгоритмы в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование ПК-3.3: Имеет практический опыт применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	ПК-3.1: Знает методологию определения круга задач в рамках поставленной цели. ПК-3.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира и современное экспериментальное оборудование ПК-3.3: Владеет навыками применения математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах	Задачи Собеседование	Зачёт: Контрольные вопросы

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	2
Часов по учебному плану	72
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	16

- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	39
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/лабораторные работы), часы	Всего	
	Ф	Ф	Ф	Ф	Ф
1. Методы экспериментального исследования процессов высокоскоростного деформирования и разрушения	9	2	2	4	5
2. Математические модели динамического деформирования и разрушения материалов	9	2	2	4	5
3. Использование экспериментальных данных для идентификации математических моделей	9	2	2	4	5
4. Численные методы и схемы моделирования быстротекущих процессов	10	2	2	4	6
5. Моделирование процессов ударного взаимодействия объектов с использованием различных методов и подходов	11	2	2	4	7
6. Моделирование взрывных процессов	12	3	3	6	6
7. Пользовательское программирование в ПП Ansys-AUTODYN	11	3	3	6	5
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	16	16	33	39

Содержание разделов и тем дисциплины

1. Методы экспериментального исследования процессов высокоскоростного деформирования и разрушения

1.1. Особенности поведения материалов при высоких скоростях деформирования

1.2. Обзор методов и средств экспериментального изучения быстротекущих процессов

1.3. Математическая формулировка и использование метода Кольского

2. Математические модели динамического деформирования и разрушения материалов

2.1. Адиабатичность процесса высокоскоростного деформирования

2.2. Влияние условий нагружения (скорость деформации, температура) на диаграмму деформирования материала

2.3. Эмпирические определяющие соотношения

3. Использование экспериментальных данных для идентификации математических моделей
 - 3.1. Экспериментальное определение диаграмм деформирования для различных условий нагружения
 - 3.2. Формулировка и решения оптимизационной задачи для определения параметров эмпирических определяющих соотношений
4. Численные методы и схемы моделирования быстропротекающих процессов
 - 4.1. Пространственная дискретизация уравнений механики сплошной среды: метод конечных разностей и метод конечного элемента
 - 4.2. Явные и неявные схемы интегрирования уравнений по времени
5. Моделирование процессов ударного взаимодействия объектов с использованием различных методов и подходов
 - 5.1. подход Лагранжа
 - 5.2. схема Эйлера
 - 5.3. метод ALE
 - 5.4. метод SPH
6. Моделирование взрывных процессов
 - 6.1. Методы и подходы оценки действия взрыва на конструкции и их элементы
 - 6.2. Математическая модель взрывчатого вещества
 - 6.3. Моделирования процесса детонации в взрывчатом веществе и формирования ударной воздушной волны
7. Пользовательское программирование в ПП Ansys-AUTODYN
 - 7.1. Создание пользовательского проекта ПП ЛОГОС и работа с ним (модификация, отладка, сборка)
 - 7.2. Подпрограмма ПП ЛОГОС Прочность доступные для пользователя
 - 7.3. Программирование собственных определяющих соотношений и критериев разрушения в ПП ЛОГОС

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 лабораторного типа (в течение всего семестра, опрос на занятиях лабораторного типа),
- самостоятельное изучение отдельных вопросов программы (1 раз в семестр, опрос на занятиях лабораторного типа),
- решение задач по списку, представленному преподавателем (в течение всего семестра, опрос на занятиях лабораторного типа),
- подготовка к промежуточной аттестации.

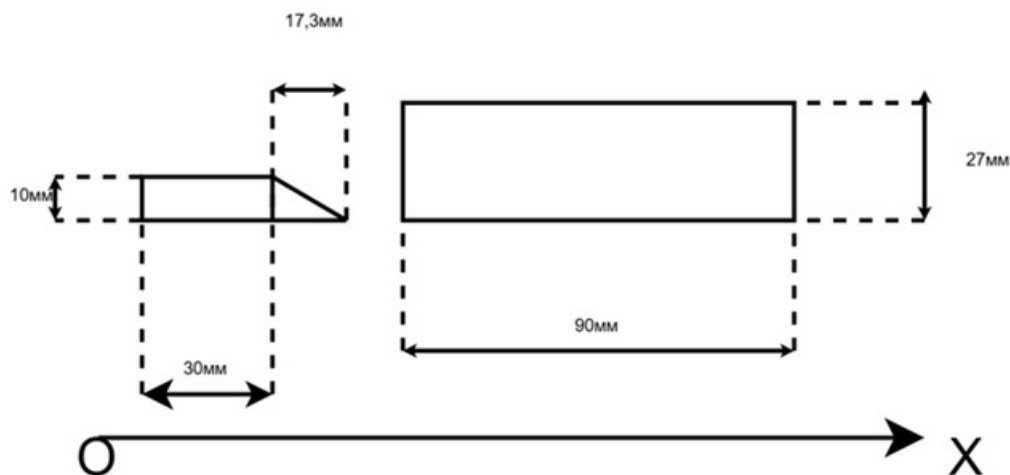
5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

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 - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-3:

С помощью пакета программ ЛОГОС и его модуля Логос прочность необходимо рассчитать задачу проникания конического стального ударника с углом раствора 60° и длиной цилиндрической части 80мм в сухую глину размерами $d=54\text{мм}$ и $L=90\text{мм}$, используя параметры модели Грунтов и пеноматериалов. Расчет необходимо провести при различных скоростях ударника и плотностях материала.

Геометрия задачи представлена на рисунке ниже.



Параметры модели Грунтов и пеноматериалов в ПП Логос:

Плотность $1,98 \cdot 10^{-3}$. Модуль сдвига 5200Мпа, модуль разгрузочной ветви задается числом 11383Мпа, параметры из связи уравнения текучести от давления $A_0=75$, $A_1=8,26$, $A_2=0,227$. Логарифм деформации $EPS_1=0$, $EPS_2=-0.05$, $EPS_3=-0.1$, $EPS_4=-0.125$, $EPS_5=-0.15$, $EPS_6=-0.175$, $EPS_7=-0.2$, $EPS_8=-0.22$. Давления $p_1=0$, $p_2=20$, $p_3=53$, $p_4=75$, $p_5=105$, $p_6=150$, $p_7=220$, $p_8=275$.

Параметры ударника: использовать упругую модель и изотропный материал. Плотность $7,8 \cdot 10^{-3}$. Модуль упругости 200000. Коэффициента Пуассона 0,3.

Задание 1

Вариант 1

Определить значение максимальной силы сопротивления при скорости удара 100 м/с

Вариант 2

Определить значение максимальной силы сопротивления при скорости удара 110 м/с

Вариант 3

Определить значение максимальной силы сопротивления при скорости удара 120 м/с

Задание 2

Вариант 1

Определить значение максимальной силы сопротивления при плотности глины $1,7 \text{ кг/м}^3$ и скорости проникания 200 м/с .

Вариант 2

Определить значение максимальной силы сопротивления при плотности глины $1,8 \text{ кг/м}^3$ и скорости проникания 200 м/с .

Вариант 3

Определить значение максимальной силы сопротивления при плотности глины $1,9 \text{ кг/м}^3$ и скорости проникания 200 м/с .

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

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

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

1. Методы экспериментального исследования процессов высокоскоростного деформирования и разрушения
2. Математические модели динамического деформирования и разрушения материалов
3. Использование экспериментальных данных для идентификации математических моделей
4. Численные методы и схемы моделирования быстротекущих процессов
5. Моделирование процессов ударного взаимодействия объектов с использованием различных методов и подходов
6. Пользовательское программирование в ПП ЛОГОС

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.

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-3

1. Методы экспериментального исследования процессов высокоскоростного деформирования и разрушения:
2. Особенности поведения материалов при высоких скоростях деформирования
3. Методы и средства экспериментального изучения быстропротекающих процессов
4. Математическая формулировка и использование метода Кольского
5. Математические модели динамического деформирования и разрушения материалов:
6. Адиабатичность процесса высокоскоростного деформирования
7. Влияние условий нагружения (скорость деформации, температура) на диаграмму деформирования материала
8. Эмпирические определяющие соотношения
9. Использование экспериментальных данных для идентификации математических моделей:
10. Экспериментальное определение диаграмм деформирования для различных условий нагружения
11. Формулировка и решения оптимизационной задачи для определения параметров эмпирических определяющих соотношений
12. Численные методы и схемы моделирования быстропротекающих процессов:

13. Пространственная дискретизация уравнений механики сплошной среды: метод конечных разностей и метод конечного элемента
14. Явные и неявные схемы интегрирования уравнений по времени
15. Моделирование процессов ударного взаимодействия объектов с использованием различных методов и подходов:
16. - подход Лагранжа
17. - схема Эйлера
18. - метод ALE
19. - метод SPH
20. Моделирование взрывных процессов:
21. Методы и подходы оценки действия взрыва на конструкции и их элементы
22. Математическая модель взрывчатого вещества
23. Моделирования процесса детонации в взрывчатом веществе и формирования ударной воздушной волны
24. Пользовательское программирование в ПП ЛОГОС:
25. Создание пользовательского проекта ПП ЛОГОС и работа с ним (модификация, отладка, сборка)
26. Подпрограммы ПП ЛОГОС Прочность доступные для пользователя
27. Программирование собственных определяющих соотношений и критериев разрушения в ПП ЛОГОС

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

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 несущественные 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.

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

Основная литература:

1. Динамика удара / пер. с англ. под ред. С. С. Григоряна. - М. : Мир, 1985. - 295 с. : ил. - 2.90., 2 экз.

Дополнительная литература:

1. Эпштейн Григорий Наумович. Высокоскоростная деформация и структура металлов . - М. : Металлургия, 1971. - 197 с. : ил. - 1.32., 3 экз.

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

1. ПП ЛОГОС, модуль Логос Прочность

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

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

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 ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 15.03.03 - Прикладная механика.

Автор(ы): Баландин Владимир Владимирович, кандидат технических наук.

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