

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского»

Факультет механико-математический

УТВЕРЖДАЮ

Декан  
механико-математического факультета

\_\_\_\_\_ А.К.Любимов

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2014 г.

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Нелинейные задачи механики деформируемого твердого тела**

*наименование дисциплины (модуля)*

Направление подготовки (специальность)

\_\_\_\_\_ 010800 «Механика и математическое моделирование» \_\_\_\_\_

*указывается код и наименование направления(ий) подготовки  
(специальности(ей) и/или профилей (специализаций))*

Профиль подготовки (специализация)

**Механика деформируемых тел и сред,  
Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг**

Квалификация (степень) выпускника

\_\_\_\_\_ магистр \_\_\_\_\_

*магистр, специалист, бакалавр*

Форма обучения

\_\_\_\_\_ очная \_\_\_\_\_

*очная, очно-заочная, заочная*

Нижний Новгород

2014 год

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины (модуля) «Нелинейные задачи механики деформируемого твердого тела» являются изучение основ и компьютерного моделирования процессов деформирования сред и конструкций при наличии нелинейностей различной природы: геометрической, физической, контактного взаимодействия, а также решение комплексных задач при наличии различных видов нелинейностей.

При освоении дисциплины вырабатываются навыки численного исследования и компьютерного моделирования процессов нелинейного деформирования с использованием современных конечно-элементных пакетов на современной высокопроизводительной компьютерной технике. Проводится ознакомление с особенностями распараллеливания вычислений при решении задач. В процессе приобретения указанных выше навыков происходит ознакомление с основными представлениями и методами численного компьютерного моделирования нелинейных процессов в рамках механики деформируемого твердого тела. Получаемые знания служат расширению и улучшению усвоения представлений, полученных в ходе изучения теоретических курсов МДТТ и численных методов.

---

*(Указываются цели освоения дисциплины (или модуля), соотнесенные с общими целями ООП ВПО)*

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части профессионального цикла. Компьютерный практикум «Нелинейные задачи МДТТ» продолжается знакомить студентов с методами компьютерного моделирования и исследования в рамках общемеханического образования. Знания, полученные в этом курсе, используются при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ. Слушатели должны владеть знаниями курсов, читаемых в блоке бакалаврского образования по профилю «Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг (Механика деформируемых тел и сред)». Данный практикум является основой для дальнейшего изучения механики сплошной среды, в частности, курса «Моделирование процессов разрушения».

---

*(Указывается цикл (раздел) ООП, к которому относится данная дисциплина (модуль). Дается описание логической и содержательно-методической взаимосвязи с другими частями ООП (дисциплинами, модулями, практиками). Указываются требования к «входным» знаниям, умениям и готовностям обучающегося, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин (модулей). Указываются те теоретические дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее)*

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-12, ПК-13, ПК-14.

---

*(указываются в соответствии с ФГОС ВПО)*

*Если в результате освоения дисциплины (модуля) формируется та или иная компетенция(-ции) целиком, то указывается название(-ния) соответствующей(-их) компетенции(-ий). Если в результате освоения дисциплины (модуля) формируется только часть той или иной компетенции, то это указывается и дополнительно раскрываются компоненты формируемой компетенции в виде знаний, умений, владений.*

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

- 1) Знать: основы компьютерного моделирования процессов нелинейного деформирования сред и конструкций с применением методов высокопроизводительных вычислений на основе технологий параллельных вычислений.
- 2) Уметь: адекватно подойти к проблеме компьютерного моделирования и исследования рассматриваемого физического явления, сформулировать цель выбрать методы моделирования и уметь оценить адекватность полученных результатов реальным протекающим процессам. Уметь применять существующие

КЭ пакеты для решения задачи исследования процесса разрушения. Применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

- 3) Владеть: современными численными методами, системными и прикладными программными средствами, аппаратными вычислительными средствами.

#### 4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часов.

№ пп	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы*, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Т	СР	Труд	
1.	Геометрически нелинейные задачи.	10	1-3	6	6		Проверка домашнего задания
2.	Физически нелинейные задачи. Малые и конечные упруго-пластические деформации. Ползучесть.	10	4-7	8	8		Проверка домашнего задания
3.	Контактные задачи. Использование контактных технологий системы ANSYS.	10	8-9	4	4		Проверка домашнего задания
4.	Высокопроизводительные вычисления и особенности распараллеливания решения задач в системе ANSYS..	10	10-15	6	6		Проверка домашнего задания
5.	Решение комплексных задач, включающих различные виды нелинейности, на высокопроизводительном кластере.	10	16-18	12	12		Проверка домашнего задания
	Отчетность	<b>10</b>					зачет
	<b>Всего</b>			<b>36</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>с зачетом</b>
* <b>ОБОЗНАЧЕНИЯ:</b> Л – лекции, Конс – консультации, С – семинары, П – аудиторные практические занятия, Т – занятия в терминал-классе, ЛР – лабораторные работы, РГР – расчетно-графические работы, КР – контрольные работы, Колл – коллоквиумы, СР – самостоятельные работы, КСР – контроль самостоятельной работы, НИР – научно-исследовательская работа, Пр – практики, Курс – курсовое проектирование (курсовая работа), Труд – трудоемкость.							

В соответствии с Типовым положением о вузе к видам учебной работы отнесены: лекции, консультации, семинары, практические занятия, лабораторные работы, контрольные работы, коллоквиумы, самостоятельные работы, научно-исследовательская работа, практики, курсовое проектирование (курсовая работа). Высшее учебное заведение может устанавливать другие виды учебных занятий.

#### Содержание практических занятий (занятий в терминал-классе)

1. **Геометрически нелинейные задачи.** Задачи с конечными смещениями и малыми деформациями. Исследование потери устойчивости и закритического поведения стержневых систем, связь с теорией Эйлера и линеаризованными подходами. Задачи с конечными деформациями для тел из гиперупругих материалов. Технология **rezoning**

(ANSYS) адаптивного перестроения КЭ сетки при решении задач с большими деформациями.

**2. Физически нелинейные задачи. Малые и конечные упругопластические деформации. Ползучесть.** Малые упругопластические деформации. Модели с линейным изотропным и кинематическим упрочнением. Циклическое нагружение. Модели с кусочно-линейной диаграммой деформирования. Комбинация моделей. Модели с нелинейным упрочнением. Моделирование процесса ползучести.

**3. Контактные задачи.** Контактные технологии ANSYS, контактные пары, типы контактов, контактные алгоритмы. Классические контактные задачи, задача Герца. Контактные задачи с трением. Использование контактных технологий ANSYS, расчет сборок, использование комбинированных расчетных схем

**4. Высокопроизводительные вычисления и особенности распараллеливания решения задач в системе ANSYS.** Высокопроизводительный вычислительный комплекс для моделирования в МСС. Аппаратная часть, вычислительный кластер и рабочие станции. Состав серверов кластера. Вычислительные серверы, Intel – сегмент, AMD – сегмент, управляющий сервер и хранилище данных, высокопроизводительные коммуникации (Infiniband). Программная часть, ОС Linux Red Hat, организация очереди решения задач и распределение ресурсов, Sun Grid Engine (SGE), удаленное управление запуском задач, скрипты для запуска задач. Прикладное ПО ANSYS. Лицензирование Прикладное ПО ANSYS. Организация подготовки данных, решения задачи, обработки и анализа результатов. Возможности ANSYS в области параллельных вычислений: модель с общей памятью (SMP), модель с распределенной памятью (Distributed ANSYS). Решатели ANSYS, допускающие распараллеливание. Производительность ANSYS в режимах параллельных вычислений. Масштабируемость ANSYS.

**5. Решение комплексных задач, включающих различные виды нелинейности, на высокопроизводительном кластере.** Моделирование процесса установки заклепки повышенного трения. Упругопластическое выпучивание пространственной тонкостенной оболочки. Неустойчивое пластическое течение с большими деформациями (образование шейки при растяжении образца).

## **5. Образовательные технологии**

Активные и интерактивные формы, лабораторные работы по компьютерному моделированию механических процессов с использованием пакетов прикладных программ. В течение семестра студенты выполняют лабораторные работы и сдают отчеты к каждому занятию.

*(Указываются образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы.*

*В соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки (специальности) реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.*

*Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью (миссией) программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин, и в целом в учебном процессе они должны составлять не менее **30%** аудиторных занятий (определяется требованиями ФГОС с учетом специфики ООП). Занятия лекционного типа для соответствующих групп студентов не могут составлять более **50%** аудиторных занятий (определяется соответствующим ФГОС)).*

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Для выполнения самостоятельной работы студенты получают раздаточные материалы с методическими рекомендациями по выполнению заданий. Зачет оценивается по степени текущей успеваемости: набору сданных отчетов по проведенным лабораторным работам. Промежуточный контроль знаний проводится по результатам выполнений заданий практикума.

*(Приводятся виды самостоятельной работы обучающегося, порядок их выполнения и контроля, дается учебно-методическое обеспечение (возможно в виде ссылок) самостоятельной работы по отдельным разделам дисциплины.*

*Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.)*

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

### *а) основная литература*

1. Оден Дж. Конечные элементы в нелинейной механике сплошных сред. М.: Мир, 1976 464 с.
2. Казаков Д.А., Капустин С.А., Коротких Ю.Г. Моделирование процессов деформирования и разрушения материалов и конструкций. Монография / Н.Новгород: Изд-во Нижегородского гос. ун-та, 1999. - 226 с.
3. Encyclopedia of Computational Mechanics. V2 Solid and Structures/Eds. E. Stain etc. Wiley, 2004. 620 p.

### *б) дополнительная литература*

1. Александров В.М., Мхитарян С.М. Контактные задачи для тел с тонкими покрытиями и прослойками. М.: Наука, 1983 . 458 с.
2. Кравчук А.С. Контактные задачи с односторонними связями и учетом сил трения. В кн.: Механика контактных взаимодействий/ под ред. Воровича И.И. М.: ФИЗМАЛИТ, 2001. С. 491-498.
3. Лурье А. И. Нелинейная теория упругости. М.: Наука. 1980.
4. Ansys Help System 14.0, 14.5. Ansys Inc.

*в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы* При проведении занятий лабораторных работ требуется MS Excel и FEA пакет ANSYS. Для получения дополнительной информации рекомендуются Интернет сайты:

<http://www.cadfem-cis.ru/>

<https://www.facebook.com/cadfemcis>

<http://www.youtube.com/user/CADFEM>

[/ http://www.cae-club.ru/forum](http://www.cae-club.ru/forum)

И др.

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

Для проведения компьютерного эксперимента используется вычислительная техника имеющихся лабораторий.

*(Указывается материально-техническое обеспечение данной дисциплины (модуля))*

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению *((профилю), специальности (специализации))* «Механика и математическое моделирование».

Автор(ы)

к.т.н., Н.В. Леонтьев

Рецензент(ы)

Заведующий кафедрой теории упругости и пластичности

д.ф.-м.н., проф. А.К.Любимов

Программа одобрена на заседании Ученого совета механико-математического факультета от 00 июня 2014 года, протокол № 00.

---

*(Наименование уполномоченного органа вуза (УМК, Ученый совет факультета))*