

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

А.Д.Король

24 декабря 2024 г.

Регистрационный № 2673/м.



**РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ В
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ПАКЕТАХ**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

7-06-0533-06 Механика и математическое моделирование

Профилизация: Теоретическая и прикладная механика

2024 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта ОСВО 7-06-0533-06-2023 и учебного плана № М54-5.4-44/уч. от 15.02.2023.

СОСТАВИТЕЛИ:

Чорный Андрей Дмитриевич, доцент кафедры теоретической и прикладной механики механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Жукова Юлия Владимировна, ведущий научный сотрудник Института тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой теоретической и прикладной механики БГУ
(протокол № 6 от 05.12.2024)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 5 от 19.12.2024)

Заведующий кафедрой



М.А.Журавков



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» является углубление знаний и расширение навыков и умений применения современных пакетов прикладных программ для решения широкого класса фундаментальных и прикладных задач механики.

Дисциплина «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» связана с формированием фундаментальных знаний в области численного моделирования задач механики; освоением вычислительных методов и теоретическим обоснованием выбора оптимального численного метода при решении задач механики; приобретением практических навыков инженерного анализа, построением математических моделей при решении задач механики с использованием современных пакетов прикладных программ.

Задачи учебной дисциплины:

- ознакомление с теоретическими основами численного моделирования и принципами компьютерной реализации в современных пакетах прикладных программ;
- обучение студентов корректной теоретико-численной постановке задач механики при использовании различных средств инженерного анализа на основе современных пакетов прикладных программ;
- формирование практических умений и навыков решения задач механики средствами инженерного анализа в виде современных пакетов прикладных программ.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с углубленным высшим образованием относится к модулю «Численные и аналитические методы в современной механике. Пакеты прикладных программ» компонента учреждения образования.

Связи с другими учебными дисциплинами. Учебная программа составлена с учетом межпредметных связей с учебными дисциплинами «Инженерные приложения механики: проектирование, расчеты и эксперимент», «Компьютерное проектирование, моделирование и анализ сложных систем», «Современные численные методы и пакеты прикладных программ в механике».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» должно обеспечить формирование следующей *специализированной компетенции*:

Самостоятельно разрабатывать и применять аналитические, приближенные и численные методы и пакеты прикладных программ к специальным разделам механики сплошных сред.

В результате изучения дисциплины магистрант должен **знать**:

- физико-математические модели и численные методы, используемые при решении задач механики;

– теоретические основы компьютерного моделирования и основные принципы работы современных пакетов прикладных программ для решения задач механики;

уметь:

– применять методы математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач механики;

– использовать вычислительные возможности современных пакетов прикладных программ для инженерного анализа задач механики, включая все этапы: препроцессинг, решение, постпроцессинг (работать с компонентами пакета программ для создания твердотельной модели, расчетной области и сеток; производить постановку задачи; работать с файлами, создаваемыми пакетами (импортировать, экспортировать, редактировать); создавать дополнительные функции; представлять расчетные результаты в графическом виде и вычислять дополнительные характеристики; создавать дополнительные программные модули к пакету; параметризовать решаемую задачу);

– проводить анализ результатов и формулировать объективные физические выводы;

владеть:

– математическими методами решения сформулированных задач механики;

– навыками компьютерного моделирования при решении задач механики.

– основными средствами современных пакетов прикладных программ для решения задач механики.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается во 2 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» отведено:

– для очной формы получения углубленного высшего образования – 90 часов, в том числе 52 аудиторных часа, из них: лекции – 18 часов, лабораторные занятия – 30 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Математическое моделирование и инженерный анализ

Тема 1.1. Понятие о математическом моделировании.

Математическое моделирование как способ применения научных принципов и подходов инженерного анализа в качестве инструмента выявления физического состояния изучаемой технической системы, машины, устройства или конструкции.

Тема 1.2. Понятие о физико-математическом проектировании.

Физико-математическое проектирование, вывод алгоритмов, компьютерное моделирование для задач механики.

Тема 1.3. Современные программные пакеты инженерного анализа.

Обзор современных программных пакетов инженерного анализа. Инженерные среды и симуляторы (ANSYS Inc., Siemens, Cd-Adapco, MSC Nastran, ЛОГОС, OpenFoam, COMSOL Multiphysics, Mathcad, Mathematica, LabView и др.). Преимущества и недостатки.

Раздел 2. Теоретические основы применения методов математического моделирования

Тема 2.1. Применение методов математического моделирования в задачах механики.

Физико-математическая и дискретная модели. Классификация физико-математических моделей и численных методов для решения задач механики.

Тема 2.2. Характерные практические задачи механики.

Основные уравнения. Методы их решения.

Раздел 3. Численные методы решения задач механики

Тема 3.1. Расчетная постановка задач механики.

Метод конечных разностей, метод конечных элементов, метод конечных объемов.

Тема 3.2. Применение численных методов.

Сходимость вычислительных методов и алгоритмов. Согласованность. Устойчивость численных методов решения. Точность численного решения. Вычислительная эффективность. Методы решения нелинейных задач и требования для их сходимости итерационного процесса. Распараллеливание вычислений. Методы распараллеливания.

Раздел 4. Организация современных пакетов численного моделирования и их использование для решения задач механики

Тема 4.1. Виды и организация пакетов.

Классификация по методам решения. Этапы работы при численном моделировании задач механики.

Тема 4.2. Организация работы в специализированном для задач механики пакете прикладных программ.

Принцип организации рабочего процесса в программной среде ANSYS Workbench, как примера пакета для решения различных задач механики сплошной среды. Базовый интерфейс пользователя. Шаги анализа. Поддержка параллельной обработки данных на высокопроизводительных вычислительных системах как с общей, так и распределенной памятью.

Тема 4.3. Использование специализированного для задач механики пакета прикладных программ.

Примеры использования программной среды ANSYS Workbench для задач механики сплошной среды: прочностные расчеты; определение напряженного деформируемого состояния механической системы; расчет гидродинамики вязких жидкостей с учётом конвективного теплообмена; моделирование турбулентных течений вязких сред; задачи газовой динамики; задачи теплопроводности в твёрдых телах. Задание расчетной области, построение сетки и постановка граничных условий. Выбор и настройка решателей. Выбор метода решения СЛАУ, настройка параметров процесса решения. Обработка, анализ и визуализация данных расчетов (визуализация скалярных и векторных полей, линий тока, изолиний, изоповерхностей и т. д.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Математическое моделирование и инженерный анализ							
1.1	Понятие о математическом моделировании	2						Собеседование
1.2	Понятие о физико-математическом проектировании	2			2			Отчет
1.3	Современные программные пакеты инженерного анализа	2			2			Отчет
2	Теоретические основы применения методов математического моделирования							
2.1	Применение методов математического моделирования в задачах механики	2			2			Отчет
2.2	Характерные практические задачи.	2			4			Отчет
3	Численные методы решения задач механики							
3.1	Расчетная постановка задач механики	2			4			Отчет
3.2	Применение численных методов.							Отчет,
		2			4		2	Контрольная работа по разделу 3
4	Организация современных пакетов численного моделирования и их использование для решения задач механики							

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов VCP	Форма контроля знаний
		лекции	практические занятия	семинарские занятия	лабораторные занятия	иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4.1	Виды и организация пакетов	1						Собеседование
4.2	Организация работы в специализированном для задач механики пакете прикладных программ	1			4			Отчет
4.3	Использование специализированного для задач механики пакета прикладных программ	2			8		2	Отчет, Контрольная работа по разделу 4
Всего		18			30		4	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. Журавков, М. А. Современные численные методы в механике: курс лекций / М. А. Журавков; БГУ, Механико-математический фак., Каф. теоретической и прикладной механики. - Минск: БГУ, 2022. - URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/286556>.
2. Мкртычев, О. В. Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг: учебное пособие / О. В. Мкртычев. - Москва : МИСИ - МГСУ, 2021. - 66 с. - Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/179197>.
3. Бирюков, А. Н. Вычислительная газогидродинамика, тепломассообмен и компьютерный инжиниринг: учебник / А. Н. Бирюков, В. В. Карнаух, К. А. Ржесик. - Донецк : ДонНУЭТ имени Туган-Барановского, 2021. - 177 с. - Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/323039>
4. Журавков М.А. Технологии искусственного интеллекта и интеллектуальные системы компьютерного моделирования и инженерных расчетов. Вводный курс: учебное пособие / М.А. Журавков; БГУ, Механико-математический фак. – Минск: БГУ, 2024. – 177 с. <https://elib.bsu.by/handle/123456789/309072>

Дополнительная литература

1. Computer Mechanics: Introduction to FEA and CAD/CAE Systems: lecture course / Громыко О.В., Журавков М.А., Медведев Д.Г., Гляков С.А., Громыко А.О., Громыко А.О., Царева А.А.; под общ. ред. проф. М.А. Журавкова. – Минск: БГУ, 2011. – 303 с
2. Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг: учебное пособие для реализации основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки магистров 15.04.03 Прикладная механика / О. В. Антонова, И. Б. Войнов, А. В. Гаев [и др.]; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. - Санкт-Петербург: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. - URL:<http://elib.spbstu.ru/dl/2/i21-262.pdf>.
3. Огородникова, О.М. Вычислительные методы в компьютерном инжиниринге: учебное пособие / О.М. Огородникова. - Екатеринбург: Уральский федеральный университет, 2013. - 130 с.
4. Каплун, А. Б. ANSYS в руках инженера. Практическое руководство. / А. Б. Каплун - М.: Либроком, 2015. -272 с.
5. Максимов Н. В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем: Учебник / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015 - 512 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Диагностика результатов учебной деятельности по дисциплине «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» проводится, как правило, во время аудиторных занятий. Для диагностики используются:

- проверка отчетов по лабораторным работам;
- собеседование на аудиторных занятиях;
- контрольная работа.

Отметка за ответы на лекциях (собеседование) и выполнение отчетов по лабораторным работам включает в себя полноту ответа, наличие аргументов, примеров из практики. Контрольная работа выполняется по темам 2-4.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» учебным планом предусмотрен зачет.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Управляемая самостоятельная работа студентов по дисциплине «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» осуществляется в форме контрольной работы по разделам 3 и 4.

Тема 3.2. Применение численных методов.

Сходимость вычислительных методов и алгоритмов. Согласованность. Устойчивость численных методов решения. Точность численного решения. Вычислительная эффективность. Методы решения нелинейных задач и требования для их сходимости итерационного процесса. Распараллеливание вычислений. Методы распараллеливания.

Задание: выбрать самостоятельно задачу механики. Построить численную модель на основе различных численных методов. Определить сходимость, согласованность и устойчивость методов. Сравнить полученные результаты решения.

Форма контроля - контрольная работа (2 ч).

Тема 4.3. Использование специализированного для задач механики пакета прикладных программ

Задание: исполнить полную процедуру построения геометрически сложного объекта в программной среде ANSYS Workbench. Выполнить расчеты для самостоятельно выбранной задачи механики сплошных сред для этого объекта. Обработать и провести анализ с визуализацией данных расчетов.

Форма контроля - контрольная работа (2 ч).

Примерный перечень лабораторных занятий

1. Определение напряженного состояния пластины с учетом пластических деформаций в среде ANSYS Workbench
2. Расчёт балок и рам в среде ANSYS Workbench.
3. Решение стационарных и нестационарных задач теплопроводности в среде ANSYS Workbench.
4. Решение задач механики жидкости и газа в среде ANSYS Workbench (обтекание цилиндра, пристеночные течения, течение вязких жидкостей в каналах).
5. Компьютерное моделирование процессов деформирования конструкций в среде ANSYS Workbench.

По каждой лабораторной работе из списка необходимо провести физико-математическую постановку задачи, построить расчетную модель на основе численных методов, выполнить расчеты для выбранной задачи, обработать и провести анализ с визуализацией данных расчетов в виде графиков, таблиц, пространственных распределений физических параметров задачи и подготовить отчет по лабораторной работе.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

В качестве инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины «Решение прикладных задач механики в специализированных пакетах» используются **практико-ориентированный подход, метод анализа конкретных ситуаций и метод группового обучения**, которые позволяют студентам освоить содержание дисциплины через решение практических задач механики с приобретением эффективных навыков проведения компьютерного моделирования с развитием способностей анализировать получаемую научно-техническую информацию, используя общедоступные профессиональные знания, а также собственный опыт. В качестве формы организации учебно-познавательной деятельности при выполнении лабораторных работ **предполагается работа малыми группами** над специфическими учебными заданиями.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

При изучении дисциплины организация самостоятельной работы магистрантов должна представлять единство трех взаимосвязанных форм: внеаудиторная, аудиторная и творческая самостоятельные работы. Аудиторная самостоятельная работа осуществляется под непосредственным руководством преподавателя. Творческая работа включает элементы научно-исследовательской.

На лабораторных занятиях по дисциплине «Решение прикладных задач

механики в специализированных пакетах» рекомендуется применять многовариантные индивидуальные задания для приобретения навыков самостоятельного решения практических задач. В силу различного уровня готовности магистрантов на лабораторных занятиях по дисциплине следует проводить при необходимости дополнительные консультации для объяснения и закрепления сложного материала.

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Инженерный анализ, научные принципы и подходы.
2. Инструменты инженерного анализа.
3. Математическое моделирование как инструмент для выявления физического состояния изучаемой технической системы, машины, устройства или конструкции. Что включает в себя математическое моделирование?
4. Основные этапы инженерного анализа с помощью математического моделирования.
5. Этапы проведения математического моделирования и анализа задачи механики.
6. Пакеты программ для численного моделирования при решении задач механики.
7. Структура пакетов программ для численного моделирования задач механики.
8. Пакет трехмерного твердотельного моделирования.
9. Пакеты для проведения компьютерного моделирования в задачах теории упругости, прочности.
10. Пакеты для проведения компьютерного моделирования в задачах механики жидкости и газа.
11. Численные методы для решения задач механики.
12. Метод конечных разностей.
13. Метод конечных элементов.
14. Метод конечных объемов.
15. Метод аппроксимации дифференциальных уравнений системой алгебраических уравнений в некотором наборе дискретных положений в пространстве и времени.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Учебная дисциплина не требует согласования			

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной механики

доктор физико-математических наук, профессор

М.А.Журавков

05 декабря 2024 г.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
