



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

Институт математики и информационных технологий  
Кафедра математического анализа и дифференциальных уравнений



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

**Б1.В.10 Компьютерные системы проектирования (пакеты прикладных программ)**

Направление подготовки	01.03.02 Прикладная математика и информатика
Направленность (профиль) подготовки	Математическое моделирование
Квалификация выпускника	бакалавр
Форма обучения	очная

Иркутск 2024 г.

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

Цели: формирование у обучающихся знаний в составлении математических моделей динамических систем и методов их обработки с использованием компьютерных технологий.

Задачи:

- развитие в процессе обучения творческого мышления, необходимого для решения научных, прикладных и инженерно-технических задач с применением вычислительной техники и специализированных программных продуктов, а также навыков и умения в применении знаний для конкретных условий;
- изучение современных компьютерных систем автоматизированного проектирования (САПР) и моделирования, методов их использования, изучение современных программных средств, для проектирования технических объектов и моделирования их функционирования;
- изучение законов и уравнений, описывающих различные физические процессы, составление математических моделей и анализ результатов разработанных моделей.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО**

Учебная дисциплина Б1.В.10 Компьютерные системы проектирования (пакеты прикладных программ) относится к части Блока 1 образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений.

Для изучения данной учебной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые предшествующими дисциплинами:

- Б1.О.26 «Информатика и программирование»,
- Б1.В.01 «Теоретическая механика»,
- Б1.О.15 «Дифференциальные уравнения»,
- Б1.В.ДВ.02.01 «Технологии программирования»,
- Б1.В.ДВ.02.02 «Языки и системы программирования»,
- Б1.В.05 «Компьютерное моделирование в технике».

Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Б2.В.04(П) «Технологическая (проектно-технологическая) практика»,
- Б2.О.01(Пд) «Преддипломная практика».

## **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс освоения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОП ВО по направлению подготовки 01.03.02 Прикладная математика и информатика:

ПК-2 Способен определять компонентный состав и архитектуру программного обеспечения или программно-аппаратного комплекса в соответствии с его назначением, осуществлять выбор оптимальных технологий и средств его разработки и сопровождения.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:

- методы и средства компьютерного моделирования и проектирования технических систем и физических процессов;
- основные приемы работы при использовании современных двух- и трехмерных графических программ (систем 2D- и 3D- проектирования);

- фундаментальные законы и уравнения динамики, кинематики и основных физических законов.

уметь:

- создать объемную трехмерную модель с использованием системы автоматизированного проектирования;
- разрабатывать модели технических объектов (деталей, агрегатов, сборочных единиц, взаимосвязанных элементов и т.п.) и систем (механических, статических и динамических и т.п.), используя системные и прикладные программные средства;
- составлять математические модели состояния технической системы и физических процессов в виде дифференциальных или алгебраических уравнений;
- применять полученные знания при анализе технических объектов физических явлений, формировать структурные модели объектов, выполнять оценки параметров механической системы;
- эффективно применять типовые программные продукты, ориентированные на решение научных, проектных и технологических задач.

владеть:

- навыками создания моделей технических объектов с использованием систем автоматизированного проектирования;
- навыками решения научно-прикладных задач.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины составляет 5 зачетных ед., 180 час.

Форма промежуточной аттестации: экзамен, курсовая работа.

##### 4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов

Раздел дисциплины / тема	Сем.	Виды учебной работы				Самост. работа	Формы текущего контроля; Формы промежут. аттестации
		Контактная работа преподавателя с обучающимися					
		Лекции	Лаб. занятия	Практ. занятия			
Тема 1. Теоретическая база физического моделирования.	7		4		4	Защита лабораторной работы.	
Тема 2. Особенности оценки результатов эксперимента полученных с применением CAE-систем.	7		4		4	Защита лабораторной работы.	
Тема 3. Системы компьютерного моделирования. Метод конечных элементов в инженерных расчетах.	7		4		8	Защита лабораторной работы. Оценка результатов контрольной работы.	
Тема 4. Практика эффективной работы в CAE-системах.	7		32		28	Защита лабораторной работы. Оценка результатов контрольной работы.	
Тема 5. Разработка технических приложений с применением CAE-систем.	7		16		22	Защита лабораторной работы. Оценка результатов контрольной работы.	
Итого (7 семестр):			60		66	экз., курс. раб.	

##### 4.2. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Раздел дисциплины / тема	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самост. работы
	Вид самост. работы	Сроки выполнения	Затраты времени		

Тема 1	Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации. Подготовка к занятию.	2 недели	4		Основная: [1...5]. Дополнительная: [1...4].
Тема 2	Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации. Подготовка к занятию.	2 недели	4		Основная: [1...5]. Дополнительная: [1...4].
Тема 3	Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации. Подготовка к занятию.	3 недели	8		Основная: [1...5]. Дополнительная: [1...4].
Тема 4	Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации. Подготовка к занятию.	5 недель	28		Основная: [1...5]. Дополнительная: [1...4].
Тема 5	Изучение учебной, научной и методической литературы с привлечением электронных средств информации. Подготовка к занятию.	3 недели	22		Основная: [4,5].
Общая трудоемкость самостоятельной работы (час.)			66		
Из них с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (час.)					

### 4.3. Содержание учебного материала

**Тема 1. Теоретическая база физического моделирования.**

Размерности величин. Условия подобия явлений. Теоремы подобия. Способы определения критериев подобия. Ошибки моделирования.

**Тема 2. Особенности оценки результатов эксперимента полученных с применением САЕ-систем.**

Свойства оценок и критерии точности. Оценка адекватности компьютерной модели.

**Тема 3. Системы компьютерного моделирования. Метод конечных элементов в инженерных расчетах.**

Понятия о САЕ-системах. Обзор программ и область применения в инженерной деятельности. Основные понятия и сущность метода конечных элементов. Понятие сетки и ее разновидности.

**Тема 4. Практика эффективной работы в САЕ-системах.**

Анализ модели. Виды исследований. Назначение материала. Задание граничных условий. Работа с сеткой. Анализ и обработка результатов моделирования.

**Тема 5. Разработка технических приложений с применением САЕ-систем.**

Применение среды разработки Comsol Multiphysics для разработки приложений. Методика создания, привязка математической модели физического явления.

**4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ**

Тема занятия	Всего часов	Оценочные средства	Формируемые компетенции
Тема 1. Лабораторная работа 1. Построение и оценка физической модели.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 2. Лабораторная работа 2. Построение и оценка статистических моделей.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 3. Лабораторная работа 3. Влияние параметров сетки на результаты моделирования.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования. Контрольная работа №1.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 4. Механика твердого тела. Подготовка расчетной модели, проведение исследования и обработка результатов моделирования.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 5. Применение системы ANSYS к решению задач гидро-газодинамики. Подготовка расчетной модели, проведение исследования и обработка результатов моделирования.	6	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2

Тема 4. Лабораторная работа 6. Применение системы ANSYS к решению задач гидро-газодинамики. Моделирование нестационарной аэродинамики крыла летательного аппарата.	2	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 7. Применение динамических (перестраиваемых) сеток в ANSYS при решении прикладных задач.	8	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования. Контрольная работа №2.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 8. Моделирование взаимодействия потока и механических конструкций в ANSYS.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 9. Моделирование турбулентных течений в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 4. Лабораторная работа 10. Моделирование теплопереноса по поверхности модели в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 5. Лабораторная работа 11. Разработка приложения обтекания крыла в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 5. Лабораторная работа 12. Разработка приложения по измерению гидравлических потерь в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования. Контрольная работа №3.	ПК-2
Тема 5. Лабораторная работа 13. Разработка приложения по исследованию грузоподъемности автомобильного крана в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2
Тема 5. Лабораторная работа 14. Разработка приложения по исследованию прочности конструкции при различных механических свойствах материала в среде Comsol Multiphysics.	4	Защита лабораторной работы в форме устного индивидуального собеседования.	ПК-2

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы

Тема	Задание	Формируемые компетенции
------	---------	-------------------------

Тема 1	Условия подобия явлений. Теоремы подобия. Способы определения критериев подобия. Ошибки моделирования. Типовые критерии подобия механических систем.	ПК-2
Тема 2	Свойства оценок и критерии точности. Оценка адекватности модели компьютерной. Понятие распределенной модели.	ПК-2
Тема 3	Понятия о САЕ-системах. Основные понятия и сущность метода конечных элементов. Понятие сетки и ее разновидности. Основные этапы расчета по методу конечных элементов.	ПК-2
Тема 4	Анализ модели. Виды исследований. Назначение материала. Задание граничных условий. Работа с сеткой. Анализ и обработка результатов моделирования.	ПК-2
Тема 5	Программа Comsol Multiphysics и ее преимущества перед другими САЕ-системами. Применение среды разработки Comsol Multiphysics для разработки приложений.	ПК-2

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов всех форм и видов обучения является одним из обязательных видов образовательной деятельности, обеспечивающей реализацию требований Федеральных государственных стандартов высшего образования. Согласно требованиям нормативных документов самостоятельная работа студентов является обязательным компонентом образовательного процесса, так как она обеспечивает закрепление получаемых на лекционных занятиях знаний путем приобретения навыков осмысления и расширения их содержания, навыков решения актуальных проблем формирования общекультурных и профессиональных компетенций, научно-исследовательской деятельности, подготовки к семинарам, лабораторным работам, сдаче зачетов и экзаменов. Самостоятельная работа студентов представляет собой совокупность аудиторных и внеаудиторных занятий и работ. Самостоятельная работа в рамках образовательного процесса в вузе решает следующие задачи:

- закрепление и расширение знаний, умений, полученных студентами во время аудиторных и внеаудиторных занятий, превращение их в стереотипы умственной и физической деятельности;
- приобретение дополнительных знаний и навыков по дисциплинам учебного плана;
- формирование и развитие знаний и навыков, связанных с научно-исследовательской деятельностью;
- развитие ориентации и установки на качественное освоение образовательной программы;
- развитие навыков самоорганизации;
- формирование самостоятельности мышления, способности к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- выработка навыков эффективной самостоятельной профессиональной теоретической, практической и учебно-исследовательской деятельности.

**Подготовка к лабораторному занятию.** Подготовка к лабораторному занятию включает следующие элементы самостоятельной деятельности: четкое представление цели и задач его проведения; выделение навыков умственной, аналитической, научной



деятельности, которые станут результатом предстоящей работы. Выработка навыков осуществляется с помощью получения новой информации об изучаемых процессах и с помощью знания о том, в какой степени в данное время студент владеет методами исследовательской деятельности, которыми он станет пользоваться на лабораторном занятии. Подготовка к лабораторному занятию нередко требует подбора материала, данных и специальных источников, с которыми предстоит учебная работа. Студенты должны дома подготовить к занятию 3–4 примера формулировки темы исследования, представленного в монографиях, научных статьях, отчетах. Затем они самостоятельно осуществляют поиск соответствующих источников, определяют актуальность конкретного исследования процессов и явлений, выделяют основные способы доказательства авторами научных работ ценности того, чем они занимаются. В ходе самого лабораторного занятия студенты сначала представляют найденные ими варианты формулировки актуальности исследования, обсуждают их и обосновывают свое мнение о наилучшем варианте. Время на подготовку к лабораторному занятию по нормативам составляет не менее 0,2 часа.

**Подготовка к экзамену.** Самостоятельная подготовка к экзамену схожа с подготовкой к зачету, особенно если он дифференцированный. Но объем учебного материала, который нужно восстановить в памяти к экзамену, вновь осмыслить и понять, значительно больше, поэтому требуется больше времени и умственных усилий. Важно сформировать целостное представление о содержании ответа на каждый вопрос, что предполагает знание разных научных трактовок сущности того или иного явления, процесса, умение раскрывать факторы, определяющие их противоречивость, знание имен ученых, изучавших обсуждаемую проблему. Необходимо также привести информацию о материалах эмпирических исследований, что указывает на всестороннюю подготовку студента к экзамену. Время на подготовку к экзамену по нормативам составляет 36 часов для бакалавров.

В ФБГОУ ВО «ИГУ» организация самостоятельной работы студентов регламентируется Положением о самостоятельной работе студентов, принятым Ученым советом ИГУ 22 июня 2012 г.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература:

1. Персова, М. Г. Методы конечноэлементного анализа: учебное пособие / М. Г. Персова, Ю. Г. Соловейчик. — 2-е изд. — Новосибирск: НГТУ, 2017. — 204 с. — ISBN 978-5-7782-3374-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118457> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

2. Оконечников, А. С. Прочностные и динамические расчеты в программном комплексе ANSYS WORKBENCH: учебное пособие / А. С. Оконечников, С. Д., Ф. Г.. — Москва: МАИ, 2021. — 101 с. — ISBN 978-5-4316-0805-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/207485> (дата обращения: 03.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

4. Красников, Г. Е. Моделирование физических процессов с использованием пакета comsolMultiphysics: учебное пособие / Г. Е. Красников, О. В. Нагорнов, Н. В. Старостин. — Москва: НИЯУ МИФИ, 2012. — 184 с. — ISBN 978-5-7262-1688-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75844> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

5. Математическое моделирование физико-химических процессов в среде ComsolMultiphysics 5.2 : учебное пособие / А. В. Коваленко, А. М. Узденова, М. Х. Уртенев, В. В. Никоненко. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 228 с. — ISBN 978-5-8114-2512-9. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/209906> (дата обращения: 05.04.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.+

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы:

1. URL: <https://www.ansys.com>
2. URL: <https://www.comsol.ru>
3. URL: <http://www.3dcontentcentral.com>
4. URL: <https://grabcad.com>
5. URL: <https://vmasshtabe.ru>
6. URL: <https://www.youtube.com/c/caeexpert/playlists>
7. Единое окно к образовательным ресурсам - URL: <https://window.edu.ru> (дата обращения: 04.05.2022).
8. Открытое образование - URL: <https://openedu.ru/> (дата обращения: 04.05.2022).

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-лабораторное оборудование

### 6.2. Программное обеспечение

Microsoft Windows 10; Office O365; ANSYS; Comsol Multiphysics.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 7.1. Оценочные средства текущего контроля

Вид контроля	Контролируемые темы	Контролируемые компетенции
Контрольная работа №1	Тема №3	ПК-2
Контрольная работа №2	Тема №4	ПК-2
Контрольная работа №3	Тема №5	ПК-2

### Примеры оценочных средств текущего контроля

#### 1. Демонстрационный вариант контрольной работы №1.

Для заданной модели объекта построить сетку с высокими характеристиками качества сетки обеспечивающую получение точных результатов моделирования (модель объекта выдается преподавателем).

#### 2. Демонстрационный вариант контрольной работы №2.

Для модели объекта и динамической зоны, выбрать тип динамической перестраиваемой сетки и параметры движения сеточных зон (модель объекта и динамическая зона задаются преподавателем). Выполнить визуализацию процесса перестроения сетки.

### 3. Демонстрационный вариант контрольной работы №3.

Определить гидравлические потери в точках трубопровода в соответствии с заданием выданным преподавателем. Построить поля распределения давления и вектора скоростей жидкости.

## 7.2. Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Список вопросов для промежуточной аттестации:

1. Понятие размерности физической величины.
2. Основная система размерностей.
3. Условия подобия явлений.
4. Критерии подобия.
5. Типовые критерии подобия механических систем.
6. Способы определения критериев подобия.
7. Способы определения масштабных коэффициентов.
8. Теоремы подобия.
9. Оценка ошибки масштабирования.
10. Методика моделирования, основные этапы.
11. Свойства оценок и критерии точности.
12. Понятие САЕ-системы.
13. Метод конечных элементов.
14. Типы сеток и их особенности.
15. Методика построения сетки. Характеристики качества сетки.
16. Типы граничных условий.
17. Особенности стационарной и нестационарной постановки задачи.
18. Типы динамических перестраиваемых сеток.
19. Типы динамических зон и их особенности.
20. Способы задания движения динамических зон.
21. Принцип итерационного подхода.

### Типовой вариант (пример) задания на курсовую работу:

С использованием программного продукта ANSYS CFD провести исследование аэродинамических характеристик крыла, получить качественные и количественные характеристики модели.

Работа должна содержать следующие материалы:

- введение;
- модель исследуемого объекта;
- результаты расчета аэродинамических характеристик (графики, визуализация процесса обтекания крыла);
- результаты расчета вращательных производных аэродинамических коэффициентов сил и моментов (визуализация процесса обтекания крыла при гармонических колебаниях);
- заключение;
- список используемой литературы.

**Примеры оценочных средств для промежуточной аттестации:**



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Иркутский государственный университет»**  
**(ФГБОУ ВО «ИГУ»)**

**Институт математики и информационных технологий**  
Направление: Прикладная математика и информатика  
Профиль: «Математическое моделирование»  
Дисциплина: Компьютерные системы проектирования  
(пакеты прикладных программ)

**Утверждаю**  
Заведующий кафедрой  
математического анализа  
и дифференциальных уравнений  
\_\_\_\_\_ М.В. Фалалеев

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Методика моделирования, основные этапы.

2. Критерии подобия.
3. Практическое задание:  
Построить модель технического объекта, и произвести анализ с учетом воздействия нагрузки (тип объекта исследования, вид нагружения задаются преподавателем).

Разработчик: Вшивков Юрий Федорович, старший преподаватель