

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
д.т.н. проф. Драгунов В.К.

« 24 » сентября 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
специальной дисциплины
Специальность 2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация
проектирования**

Москва 2022

Программа составлена на основе паспорта специальности научных работников и программы - минимум кандидатского экзамена по специальности 2.3.7. «Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования» в действующей редакции и в соответствии с Положением о подготовке научных и научно- педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 30 ноября 2021г. № 2122.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся фундаментальных знаний и навыков, позволяющих им ставить и решать задачи разработки основ построения систем компьютерного моделирования и автоматизации проектирования, включая постановку, формализацию и типизацию проектных процедур и процессов моделирования и проектирования, вопросы выбора методов и средств для применения в разрабатываемых программно-технических комплексах моделирования и автоматизации проектирования, разработки научных основ построения средств компьютерного моделирования и автоматизации проектирования, разработки и исследования моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений, включая конструкторские и технологические решения в системах моделирования, автоматизации проектирования и автоматизированных процедур для поддержки основных этапов жизненного цикла (ЖЦИ) проектируемых изделий и систем.

Задачами дисциплины являются: изучение современных методов разработки и средств взаимодействия проектировщик – система, научных основ реализации компьютерного моделирования, а также жизненного цикла проектируемого автоматизированными методами сложного изделия или системы, научных основ построения средств автоматизации для поддержки отдельных этапов ЖЦИ, методов геометрического моделирования проектируемых объектов, основ обучения компьютерному моделированию и автоматизированному проектированию.

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ПРОГРАММЫ АСПИРАНТУРЫ

Специальная дисциплина в структуре программы аспирантуры входит в Блок 2 «Образовательный компонент. Общая трудоемкость составляет 7 зачетных единиц (з.е.).

Формула специальности:

Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования – специальность, занимающаяся проблемами создания и повышения эффективности функционирования систем компьютерного моделирования и автоматизации проектирования, управления качеством проектных работ на

основе использования современных методов компьютерного моделирования и синтеза и анализа проектных решений, перехода на безбумажные сетевые формы документооборота и интеллектуальной обработки информации, интеграции систем автоматизации проектирования и компьютерного моделирования в общую архитектуру автоматизированной проектно – производственной среды. Специальность включает принципы, алгоритмы и методы, содержащие разработку и исследования научных основ проектирования, построения и функционирования интегрированных интерактивных комплексов анализа и синтеза проектных решений и систем автоматизации проектирования и разработки сложных технических объектов и систем, образцов новой техники и технологий, а также компьютерного моделирования процессов, систем и решений. Значение решения научных и технических проблем данной специальности заключается в совершенствовании процессов компьютерного моделирования в различных научно-практических сферах, проектирования и технологической подготовки производства новых объектов и изделий на основе широкого использования средств вычислительной техники, информационных и вычислительных технологий нового поколения.

Области исследований:

1. Разработка научных основ создания и исследования общих свойств и принципов функционирования систем компьютерного моделирования и автоматизации проектирования.
2. Теоретический анализ и экспериментальное исследование функционирования алгоритмов и методов компьютерного моделирования и автоматизации проектирования.
3. Разработка принципиально новых методов анализа и синтеза проектных решений и методологии автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования, включая постановку, формализацию и типизацию проектных процедур и процессов проектирования, вопросы выбора методов и средств для их реализации.
4. Разработка научных основ построения подсистем интегрированных комплексов автоматизации проектирования на отдельных этапах ЖЦИ, разработка и исследование моделей, алгоритмов и методов для синтеза и анализа проектных решений.
5. Разработка научных подходов, методов, алгоритмов, математических моделей исследуемых объектов и связанных процессов, программно-технических комплексов, обеспечивающих эффективное решения задач автоматизированного проектирования и компьютерного моделирования.

Отрасль науки, по которой диссертация представляется на защиту: технические науки.

СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Основные понятия и задачи автоматизации проектирования

Понятие инженерного проектирования. Принципы системного подхода. Иерархические уровни проектирования. Стадии проектирования. Содержание технических заданий на проектирование. Классификация параметров, используемых при автоматизированном проектировании. Типовые проектные процедуры. Этапы жизненного цикла промышленных изделий. Структуры САПР. Разновидности САПР. Этапы проектирования автоматизированных систем (АС). Основные стандарты. Понятие жизненного цикла изделия. Типовой жизненный цикл. Основные этапы. Национальные стандарты типового жизненного цикла для машиностроения. Понятие промышленного предприятия. Автоматизация управления инженерными данными. История развития средств автоматизации обработки промышленных данных: САПР, САПР ТП, АСУ, АСУ ТП, БД предприятия, Системы Документооборота.

2. Техническое обеспечение (ТО) САПР

Требования к ТО САПР. Типы вычислительных систем (ВС), используемых в САПР. Основные параметры и классификация ЭВМ. Режимы функционирования ВС. Классификация параллельных ЭВМ. Конвейерные вычислительные системы. Векторные (матричные) вычислительные системы. Многопроцессорные вычислительные системы. Системы с неоднородным доступом к памяти (NUMA). Кластерные системы. Структурная схема процессора. Процессоры с сокращенным набором команд (RISC). Специализированные процессоры, их роль в САПР. Назначение, параметры и классификация арифметико-логических устройств. Микропрограммное управление. Общие сведения и классификация устройств памяти. Иерархическая структура памяти ЭВМ. Оперативные ЗУ, разновидности, особенности, режимы работы. Накопители на магнитных и оптических носителях, параметры, классификация, режимы работы. Каналы ввода-вывода данных: функции, параметры, классификация, структура, примеры реализации. Организация интерфейса ввода-вывода. Аппаратура рабочих мест в САПР. Типы вычислительных сетей. Методы доступа в локальных вычислительных сетях. Высокоскоростные локальные сети. Характеристики и типы каналов передачи данных. Радиоканалы. Аналоговые каналы. Виды модуляции. Цифровые каналы. Помехоустойчивое кодирование данных. Протокол ТСР. Протокол IP. Протоколы управления в сетях ТСР/IP. Сети АТМ. Функции сетевых операционных систем. Системы распределенных вычислений. Проблемы информационной безопасности. Схемы шифрования. Электронная подпись. Алгоритмы хеширования данных. Алгоритмы аутентификации пользователей.

3. Математическое обеспечение анализа проектных решений

Понятие компьютерного моделирования. Требования к математическим моделям и численным методам анализа. Классификация математических моделей, используемых в компьютерном моделировании и автоматизации проектирования. Примеры математических моделей с распределенными параметрами. Стационарные и нестационарные задачи. Краевые условия. Метод конечных разностей, способы аппроксимации производных и типы сеток. Явные и неявные разностные схемы. Метод конечных элементов. Метод взвешенных невязок. Разновидности конечных элементов и координатных функций. Математические модели элементов и систем с сосредоточенными параметрами (на макроуровне). Характеристика методов формирования математических моделей систем на макроуровне. Выбор методов анализа статических состояний и переходных процессов на базе аналоговых моделей. Проблема собственных значений и анализ устойчивости по Ляпунову. Численно-аналитические методы исследования динамических систем. Методы многовариантного анализа. Множества и отношения. Операции над множествами. Функции. Булевы функции. Алгебра булевых функций. Нормальные формы. Декомпозиция булевых функций. Полнота. Минимизация булевых функций. Дифференцирование булевых функций. Конечнзначные логики. Логические исчисления. Графы и модельные графы. Устойчивость, покрытия, паросочетания. Вложение графов. Математические модели дискретных устройств. Методы логического моделирования. Примеры поведенческих и структурных описаний устройств на языке VHDL. Аналитические модели систем массового обслуживания (СМО). Уравнения Колмогорова. Имитационное моделирование СМО. Разновидности сетей Петри. Анализ сетей Петри. Классификация геометрических моделей. Представление кривых. Параметрические модели поверхностей. Составные модели поверхностей. Сплайновые модели кривых и поверхностей. Модели объемных тел: каркасные, поверхностные, твердотельные. Теоретико-множественные операции над базовыми элементами формы. Алгоритмы и программное обеспечение, необходимые для решения метрических и позиционных задач геометрического моделирования. Основные этапы и методы визуализации изображений. Векторный и растровый способы хранения графической информации. Проблемы сжатия и кодирования видеоинформации. Функции ядра графической системы. Понятие ассоциативной параметризации объектов проектирования.

4. Математическое обеспечение синтеза проектных решений

Классификация и подходы к постановке задач синтеза проектных решений. Структурный и параметрический синтез. Критерии оптимальности. Множество Парето. Задачи оптимизации с учетом допусков. Классификация методов математического программирования. Методы одномерной оптимизации. Градиентные методы. Методы прямого поиска. Методы случайного поиска. Постановка комбинаторных задач в терминах булевого программирования. Задача линейного назначения. Задачи синтеза расписаний.

Метод ветвей и границ. Методы распространения ограничений. Методы локальной оптимизации и поиска с запретами. Динамическое программирование многошаговых процессов принятия решений. Вычислительная схема метода динамического программирования. Генетические алгоритмы. Параллельные алгоритмы. Синхронизация параллельно выполняющихся процессов. Параллельные алгоритмы решения систем алгебраических уравнений. Параллельные алгоритмы решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений. Параллельные алгоритмы нелинейного программирования. Языки программирования искусственного интеллекта и языки представления знаний.

5. Программное, лингвистическое и информационное обеспечение

Разработка программного обеспечения для компьютерного моделирования и автоматизации проектирования. Выбор инструментальных средств: основные понятия о базовых языках программирования и СУБД. Визуальные среды программирования. Проектирование приложений. Технология ActiveX. Концепция открытых систем: DCOM, CORBA. Инструментальные средства концептуального проектирования автоматизированных систем. Среды быстрой разработки приложений. Типы CASE- систем. Унифицированный язык моделирования UML. Компонентноориентированные технологии. Основные функции и типовой состав программно-методических комплексов САПР в машиностроении и радиоэлектронике. Назначение, функции и примеры систем управления проектными данными (PDM) и Управления жизненным циклом объекта проектирования (PLM). Разновидности и характеристики современных операционных систем (ОС). Использование методов искусственного интеллекта в САПР. Архитектура экспертных систем. Особенности применения САПР для интернета вещей. Организация баз данных и знаний в автоматизированных системах. Информационные модели объектов проектирования и словарь предметной области - библиотека базовых элементов. Представление знаний: фреймы, семантические сети, правила продукции. Интеллектуальный анализ данных: технологии DM и OLAP. Эволюционное программирование, генетические алгоритмы, алгоритмы ограниченного перебора. Системы управления базами данных (СУБД): области применения, структура, характеристики. Банки данных. Требования к банкам данных. Модели данных. Иерархическая, сетевая, реляционная, многомерная, объектно-ориентированная и объектнореляционная модель. CASE-технология. Особенности банков данных в САПР. Распределенные информационные системы. Методы фрагментации и распределения данных. Технология «клиент-сервер». Информационные хранилища. Проектирование информационных хранилищ. Основные понятия теории формальных грамматик. Классы формальных грамматик. Контекстно-зависимые и контекстно-независимые грамматики. Синтаксические диаграммы. Особенности управления распределенными базами данных и системы управления распределенными базами данных. Стандарты на обмен данными между подсистемами САПР. Организация программного обеспечения САПР.

Технологии структурного и объектно-ориентированного программирования. Виртуальные интерфейсы. Параметризация типов данных в классах и функциях. Типовые структуры описания абстрактных данных (массив, стек, очередь, двоичное дерево). Программирование математических структур (матрицы и конечные графы). Методы программной обработки данных. Итерация и рекурсия. Сортировка и поиск. Криптообработка и архивация данных. Перечисление и упорядочивание комбинаторных объектов. Ввод-вывод данных.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вопросы для самоконтроля и для проведения кандидатского экзамена

1. Понятие инженерного проектирования. Принципы системного подхода.
2. Классификация параметров, используемых при автоматизированном проектировании.
3. Этапы жизненного цикла промышленных изделий. Классификация САПР. Понятие PDM/PLM-системы.
4. Основные параметры и классификация ЭВМ. Режимы функционирования ВС.
5. Многопроцессорные вычислительные системы. Кластерные системы. Производительность параллельных вычислительных систем.
6. Назначение, параметры и классификация арифметико-логических устройств. Микропрограммное управление.
7. Классификация устройств памяти.
8. Каналы ввода-вывода данных: функции, параметры, классификация, структура, примеры реализации.
9. Организация интерфейса ввода-вывода. Аппаратура рабочих мест в САПР.
10. Типы вычислительных сетей. Методы доступа.
11. Функции сетевого и транспортного протоколов. Протокол TCP.
12. Протоколы управления в сетях TCP/IP. Адресация в Internet. Сети ATM.
13. Функции сетевых операционных систем. Системы распределенных вычислений.
14. Классификация математических моделей, используемых в САПР.
15. Примеры математических моделей с распределенными параметрами.
16. Метод конечных элементов.
17. Математические модели элементов и систем. Представление структуры объектов в виде графов и эквивалентных схем.
18. Основные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений, используемые в САПР.
19. Численно-аналитические методы исследования динамических систем.
20. Множества и отношения. Операции над множествами. Функции.
21. Булевы функции. Алгебра булевых функций. Нормальные формы.

22. Математические модели дискретных устройств. Синхронные и асинхронные модели.
23. Средства представления моделей дискретных устройств на поведенческом и регистровом уровнях. Язык VHDL.
24. Имитационное моделирование СМО. Моделирование случайных величин.
25. Событийный метод моделирования. Разновидности сетей Петри. Анализ сетей Петри.
26. Классификация геометрических моделей. Представление кривых.
27. Аналитические модели поверхностей. Параметрические модели поверхностей. Составные модели поверхностей.
28. Модели объемных тел: каркасные, поверхностные, твердотельные. Теоретико-множественные операции над базовыми элементами формы.
29. Основные этапы и методы визуализации изображений. Операция отсечения.
30. Классификация и подходы к постановке задач синтеза проектных решений.
31. Языки программирования искусственного интеллекта и языки представления знаний.
32. Разработка программного обеспечения САПР. Выбор инструментальных средств: основные понятия о базовых языках программирования и СУБД.
33. Инструментальные средства концептуального проектирования автоматизированных систем. Среды быстрой разработки приложений. Типы CASE-систем.
34. Унифицированный язык моделирования UML, методики проектирования объектно-ориентированных систем на базе UML.
35. Использование методов искусственного интеллекта в САПР. Архитектура экспертных систем.
36. Организация баз данных и знаний в автоматизированных системах.

ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

Требования и критерии оценивания ответов экзамена

В процессе экзамена оценивается уровень научно-исследовательской компетентности аспиранта, что проявляется в квалифицированном представлении результатов обучения.

При определении оценки учитывается грамотность представленных ответов, стиль изложения и общее оформление, способность ответить на поставленный вопрос по существу.

Критерии выставления оценки на экзамене:

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется аспиранту, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка «ХОРОШО» выставляется аспиранту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом непринципиальные ошибки.

Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам

Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется аспиранту, который:

- а) не ответил на вопросы экзаменационного билета
- б) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

Данные критерии указаны Инструктивном письмом И-23 от 14 мая 2012 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Норенков И.П. Автоматизированные информационные системы. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2011. -344 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Сетевые операционные системы. СПб.: Питер, 2007 – 539 с.
3. Острейковский В. А. Информатика. Теория и практика М.: Высшая школа, 2007. - 511 с.
4. Хорев П. Технологии объектно-ориентированного программирования. М.: Academia, 2008 г. – 448 с.
5. Бибило П.Н. Задачи по проектированию логических схем с использованием языка VHDL. Изд.: Эдиториал УРСС; 2010. – 328 с.
6. Топорков В.В. Модели распределенных вычислений. – М.: Физматлит, 2004 г., - 320 с.
7. Финн В. К. Искусственный интеллект. Методология, применения, философия. М.: - Эдиториал УРСС, 2011 г. – 448 с.
8. Д. Джарратано, Г. Райли. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. Пер. с англ. М.: Изд-во «Вильямс», 2007. – 1152 с.

Дополнительная литература:

9. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2006. – 432 с.
10. Гридин В. Н., Михайлов В. Б., Шустерман Л. Б. Численноаналитическое моделирование радиоэлектронных схем, М.:Наука, 2008 г. – 339 с.
11. Самарский А.А. Введение в численные методы. М.: Лань, 2009. – 288с.
- Новиков Ф. А. Дискретная математика для программистов, СПб.: Питер, 2007 г. – 384 с.
12. Никифоров А.Д., Бакиев А.В. Процессы жизненного цикла продукции в машиностроении. Издательство: Высшая Школа 2011 г., 688 стр.

Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
(программное обеспечение, на которое кафедра или МЭИ имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение)

Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

Университетская информационная система «РОССИЯ»
<https://uisrussia.msu.ru>

Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>

Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>

База данных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>

База данных Scopus <https://www.scopus.com>

Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>

База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ
<https://rosmintrud.ru/opendata>

База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
<https://elibrary.ru/>

База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>

База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>

Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>

Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>

Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование»
<https://openedu.ru>

Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>

Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Доцент кафедры
Вычислительных технологий
Канд. техн. наук, доцент



М.А. Пирогова

Заведующий кафедрой
Вычислительных технологий
Докт. техн. наук, профессор



В.В. Топорков

Директор ИВТИ



Вишняков С. В.