

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

УТВЕРЖДЕНА

Решением научно-технического совета
протокол № 1 от «24» января 2022 г.

Председатель НТС, первый проректор -
проректор по научно-исследовательской
работе _____ А.Б. Прокофьев

Ученый секретарь НТС
_____ Л.В. Родионов



**ПРОГРАММА
КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА**

по научной специальности

**2.5.1. Инженерная геометрия и компьютерная графика.
Цифровая поддержка жизненного цикла изделий**

Введение

Данная программа основана на совокупности следующих дисциплин: начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графики, геометрического моделирования, конечно-элементного моделирования, автоматизации управления жизненным циклом продукции.

1. Геометрические методы в машиностроении

Операция проецирования, проецирование на плоскость и поверхность. Использование различных множеств прямых и кривых линий: связок, конгруэнции, комплексов. Инварианты проецирования.

Методы графического отображения трехмерного пространства на плоскость. Понятие полного, метрически определенного (обратимого) чертежа на основе параметрического подхода.

Кривые линии. Классификация кривых. Определитель кривой. Способы образования и задания кривых. Свойства проекции кривых.

Поверхности. Классификация поверхностей. Определитель поверхности. Параметризация и полнота задания поверхности на чертеже. Кинематический и каркасный методы задания поверхностей на чертеже. Дискретные каркасы (точечный, линейный и сетчатый).

Линейчатые поверхности с пропорциональной разбивкой направляющих. Развертываемые поверхности (торсы). Выделение линейчатой поверхности из конгруэнции прямых линий. Уравнение линейчатой поверхности.

Поверхности кинематического образования. Частные виды (поверхности переноса, вращения, винтовые, ротативные, спироидальные поверхности). Циклические и каналовые поверхности. Циклиды Дюпена. Вывод уравнений кинематических поверхностей.

Геометрические преобразования плоскости и пространства. Понятие об аффинных, проективных и кремоновых преобразованиях. Многозначные и трансцендентные преобразования.

Понятие метрики пространства. Восстановление метрики трехмерного пространства на обратимом чертеже (метод прямоугольного треугольника). Преобразования на различных чертежах при условии сохранения метрики оригинала. Методы решения метрических задач на чертежах различных видов.

2. Инженерная графика

Система стандартизации современной инженерной графики (ЕСКД, ЕСТД).

Основные понятия о базах и базировании в машиностроении. Виды баз. Параметрическая модель базирования. Основные и вспомогательные базы. Иерархия баз в сложном составном инженерном объекте и ее использование для описания процесса детализации составного объекта. Отображение баз на чертежах.

Конструирование двумерных составных фигур с нанесением минимально необходимого количества размеров для их воспроизведения. Теория параметризации как основа для формализации процесса конструирования двумерных составных фигур.

Конструирование трехмерных составных фигур на основе параметризации и на базе их обратимых чертежей. Понятие о размерном и параметрическом графе трехмерного объекта. Теория параметризации как основа для формализации процесса конструирования трехмерных составных фигур.

Дифференциальные свойства поверхностей. Касательные плоскости и нормали. Главные кривизны, средняя и полная кривизна. Эллиптические, гиперболические, параболические точки на поверхности.

Специальные линии на поверхности (асимптотические, геодезические, линии кривизны). Первая и вторая квадратичные формы. Возможности конструирования поверхностей по заданным дифференциальным характеристикам.

Основные понятия многомерной геометрии. Размерность и степень свободы; понятие параллельности и перпендикулярности. Графические, матричные, аналитические

модели многомерного пространства. Приложение многомерной геометрии к моделированию многокомпонентных систем.

3. Компьютерное геометрическое моделирование

Основные понятия и определения машинной (компьютерной) графики. Системы координат (мировая, пользовательская, приборная). Ввод координат (декартовы, сферические, цилиндрические). Виды пиктограмм.

Представление и хранение изображений. Прimitives вывода, сегмент. Каркасное представление. Primitive ввода. Понятие изображения, пространство визуализации, физическое пространство, Пиксель, величина инкремента, растровая единица, шаг графопостроителя.

Функциональные устройства машинной графики. Графический терминал.

Процессы и методы функционирования. Повторная генерация изображения, регенерация, эхо, курсор, трассировка, метод резиновой нити, метод буксировки, выделение. Аппарат однородных координат. Матричные операции при выполнении различных аффинных преобразований. Отсечение, экранирование, окно, различные виды переноса окна с изображением. Фоновое изображение, накладываемое изображение.

Визуализация пространственных объектов. Виды аппаратов проецирования. Методы и способы отображения различных видов моделей объектов с удалением невидимых линий и поверхностей. Использование визуализации объекта для автоматизированного формирования чертежно-конструкторской и технологической документации. Методы и способы построения фотореалистичных изображений пространственных объектов и сцен.

Графические пакеты и системы. Эволюция развития и классификация. Ранние этапы развития пакетов, командно-ориентированные пакеты. Объектно-ориентированная технология разработки интерактивных систем. Структурно-лингвистический подход, применяемый при проектировании графического пакета (системы). Банк геометрических фигур - фрагментов чертежей. Порождающая и анализирующая грамматики. Системы, работающие в двумерном пространстве (2D-системы). Системы, ориентированные на объект (3D-системы). Интегрированные системы.

Понятия аппроксимации, интерполирования и приближения функций. Конструирование обводов. Интерполяционные полиномы. Критерии приближения функций. Метод сплайн-функции. Метод Кунса, Фергюссона и Безье в описании обводов и поверхностей.

Основы теории параметризации. Определение понятий параметр, система параметризации, геометрическое условие. Параметры формы, величины и положения. Системы параметризации, связь с системами баз. Параметризация формы и положения. Учет геометрических условий. Технологии параметризации двумерных и трехмерных геометрических объектов. Применение параметризации для конструирования двумерных и трехмерных фигур с подсчетом минимального и необходимого количества параметров, реализуемых на чертеже размерами.

Понятие об электронной модели изделия.

Каркасное моделирование. Формирование и ограничения каркасных моделей.

Поверхностное моделирование. Типы применяемых поверхностей, преимущества и недостатки поверхностного моделирования.

Твердотельное моделирование. Методы представления твердотельных моделей. Твердотельные примитивы. Порождающие грамматики (булевы операции, выдавливание и т.п.). Формирование разрезов и сечений твердотельных объектов. Проверка и редактирование твердотельных моделей.

Растровые методы геометрического моделирования. Понятие вокселя. Бинарное, quadro- и октодерево. Операции над деревьями.

4. Компьютерная визуализация физических процессов

Требования к математическим моделям и численным методам анализа функционирования объектов в машиностроении. Классификация математических моделей физических процессов.

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 взвешенных невязок. Метод Бубнова—Галеркина.

Метод конечных элементов. Разновидности конечных элементов и координатных функций. Получение глобальной матрицы жесткости и вектора нагрузок.

Математические модели элементов и систем с сосредоточенными параметрами (на макроуровне). Представление структуры объектов в виде графов и эквивалентных схем. Аналогии уравнений и фазовых переменных в математических моделях систем разной физической природы.

Проблема собственных значений и анализ устойчивости по Ляпунову. Численно-аналитические методы исследования динамических систем. Организация вычислительного процесса в универсальных программах анализа на макроуровне. Методы гармонического баланса и рядов Вольтерра для анализа нелинейных моделей в частотной области.

Множества и отношения. Операции над множествами. Нечеткие множества. Алгебраические структуры. Морфизмы. Алгебры с одной и двумя операциями. Векторные пространства. Решетки. Матроиды. Алгебра булевых функций. Дифференцирование булевых функций. Конечно-значные логики. Логические исчисления. Графы и модельные графы.

Математические модели дискретных устройств. Синхронные и асинхронные модели. Методы обнаружения рисков сбоя в логических схемах. Методы логического моделирования. Уравнения Колмогорова. Имитационное моделирование систем массового обслуживания. Моделирование случайных величин. Обработка результатов имитационного эксперимента. Событийный метод моделирования.

5. Геометрические методы в синтезе конструкторских и технологических решений

Классификация задач синтеза проектных решений.

Формулировка задачи нелинейного математического программирования.

Структурный и параметрический синтез. Критерии оптимальности. Множество Парето. Задачи оптимизации с учетом ограничений.

Методы одномерной оптимизации.

Методы многомерного поиска. Метод Гауса-Зейделя. Градиентные методы. Методы прямого поиска (конфигураций, Розенброка, симплекс, деформируемого многогранника). Методы случайного поиска. Генетические алгоритмы.

Методы поиска условных экстремумов. Необходимые условия экстремума. Методы штрафных функций. Метод проекции градиента.

Представление множества альтернатив в задачах структурного синтеза. Морфологические таблицы и альтернативные графы. Постановка комбинаторных задач в терминах булевого программирования. Методы отсечения Гомори. Венгерский алгоритм. Задача коммивояжера. Цикл Гамильтона. Задачи синтеза расписаний. Метод ветвей и границ. Методы распространения ограничений. Методы локальной оптимизации и поиска с запретами. Динамическое программирование многошаговых процессов принятия решений. Принцип оптимальности Беллмана.

Постановка задач компоновки и размещения оборудования, трассировки соединений.

Методы топологического проектирования конструкций.

Цифровое проектирование.

Проектная парадигма «точного попадания».

6. Цифровая поддержка жизненного цикла изделий

Этапы жизненного цикла промышленных изделий. Цель, задачи и стратегия CALS-технологий. Понятие единого информационного пространства об изделии.

Основные стандарты CALS-технологий. Стандарт ISO 10303 (STEP). Объектно-ориентированный язык EXPRESS.

Методы и средства цифрового документирования, безбумажного документооборота, процессов работы электронных архивов технической документации, взаимодействия с изготовителем и потребителем изделий.

Технологии анализа и реинжиниринга бизнес-процессов предприятия машиностроения. Методики IDEF.

Технологии представления данных об изделии, относящихся к отдельным процессам жизненного цикла.

Технологии интеграции автоматизированных процессов и относящихся к ним данных в рамках единого информационного пространства.

Назначение и функции программных продуктов цифровой поддержки жизненного цикла изделий машиностроения: CAD, CAM, CAE, PDM, PLM, MRPI, MRPII, ERP. Интерактивные электронные технические руководства.

Банки и хранилища данных. Требования к хранилищам данных. Концептуальные, логические и физические модели данных. Организация доступа к данным: линейный поиск, произвольная организация, индексно-последовательный метод доступа, В-деревья, вторичные методы доступа. Языки запросов: реляционная алгебра, реляционное исчисление, SQL, QBE.

Распределенные информационные системы. Методы фрагментации и распределения данных.

Методы программной обработки данных. Криптообработка и архивация данных. Электронная цифровая подпись.

Использование методов искусственного интеллекта в информационных системах. Архитектура экспертных систем. Представление знаний: фреймы, семантические сети, правила productions. Нейронные сети. Основные понятия нечеткой и непрерывной логики. Средства синтеза виртуальной реальности.

Основная литература

1. Роджерс Д., Адаме Дж. Математические основы машинной графики. М.: Мир, 2001.
2. Шпур Г., Краузе Ф.-Л. Автоматизированное проектирование в машиностроении. М.: Машиностроение, 1988.
3. Инженерная графика / А.К. Болтухин, С.А. Васин, Г.П. Вяткин, А.В. Пуш. М.: Изд-во МГТУ, 2000.
4. Автоматизированное проектирование. Геометрические и графические задачи / В.С. Полозов, О.А. Будеков, СИ. Ротков и др. М.: Машиностроение, 1983.
5. Крылов Н.Н. Начертательная геометрия. М.: Высш. шк., 1990.
6. Котов И.И. Начертательная геометрия. М.: Высш. шк., 1970.
7. Хорафас Д., Легг С. Конструкторские базы данных. М.: Машиностроение, 1990.
8. Иванов Г.С. Конструирование технических поверхностей М.: Машиностроение, 1987.
9. Н.Н. Голованов «Геометрическое моделирование», М.: Курс Инфра-М, 2016.
10. И.П. Норенков «Основы автоматизированного проектирования», М.: Изд-во МГТУ, 2006.
11. Б.А. Есипов. Методы исследования операций: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 256с.
12. А.Ф. Колчин, М.В. Овсянников, А.Ф. Стрекалов, С.В. Сумароков. Управление жизненным циклом продукции. – М.: Анахарсис. 2002. – 304с.

13. Кудинов, Ю.И. Основы современной информатики [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко. - СПб. : Лань, 2009. - 255 с.
14. Хомоненко, А.Д. Базы данных: учеб. для вузов / А. Д. Хомоненко, В. М. Цыганков, М. Г. Мальцев ; под ред. А. Д. Хомоненко. - 6-е изд. - М. : Бином-Пресс ; СПб. : КОРОНА-Век, 2007. - 736 с.
15. Комаров В.А. Точное проектирование. Онтология проектирования. 2012. № 3 (5). С. 8-23.
16. Гафаров Ф.М. Искусственные нейронные сети и приложения: учеб. пособие / Ф.М. Гафаров, А.Ф. Галимянов. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2018. – 121 с.
17. Комаров В.А., Кишов Е.А., Лайкова О.Г., Павлов А.А. Цифровое проектирование терморазмеростабильных конструкций из слоистого углепластика // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. — 2021. — Т. 20. № 1. — С. 75-86

Дополнительная литература

1. ЕСКД. Общие правила выполнения чертежей - М.: Издательство стандартов. 1984. -232 с.
2. Посвянский А.Д. Начертательная геометрия. М.: Высшая школа. 1974.-192 с.
3. Норенков, И.П. Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии [Текст] / И. П. Норенков, П. К. Кузьмик. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 319 с. - ISBN 5-7038-1962-8.
4. Горбатов, В.А. Фундаментальные основы дискретной математики. Информационная математика [Текст] : Учеб. для вузов / В. А. Горбатов. - М.: Наука. Физматлит, 2000.
5. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] : учеб. пособие для вузов по направлениям "Прикл. мат. и информатика", "Информатика и выч. техника" и специальностям "Прикл. информатика" (по обл.), "Прикл. мат. и информатика" / Т. А. Гаврилова, В. Ф. Хорошевский. - СПб. [и др.] : Питер, 2001. - 382 с. - ISBN 5-272-00071-4.
6. Острейковский, В.А. Теория систем [Текст] / В. А. Острейковский . - М.: Высш. школа, 1997.
7. Зенкевич, О. Конечные элементы и аппроксимации [Текст] / О. Зенкевич, К. Морган. - М.: Мир, 1986.
8. Горбатов, В.А. Фундаментальные основы дискретной математики [Текст] / В. А. Горбатов. - М.: Наука, Физматлит, 1999.
9. Новиков, Ф.А. Дискретная математика для программистов [Текст] / Ф. А. Новиков. - СПб.: Питер, 2000.
10. И.Ф. Образцов, Л.М. Савельев, Х.С. Хазанов «Метод конечных элементов в задачах строительной механики летательных аппаратов», М.: Высшая школа, 1985.
11. Ю. Данилов, И. Артамонов «Практическое использование NX», М.: ДМК Пресс, 2011.