



**ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА
И ИНФОРМАТИКА**



**П.С. Краснощеков, В.В. Морозов,
Н.М. Попов**

**ОПТИМИЗАЦИЯ
В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ
ПРОЕКТИРОВАНИИ**



МОСКВА – 2008

УДК 519.8
ББК 22.18
К78

Редактор:
профессор, д.ф.-м.н. *А.А. Васин*

Краснощеков П.С., Морозов В.В., Попов Н.М.

К78 Оптимизация в автоматизированном проектировании. —
М.: МАКС Пресс, 2008. — 323 с.
ISBN 978-5-317-02318-8

В монографии рассматриваются вопросы оптимизации процесса автоматизированного проектирования сложных технических объектов. Задача оптимизации глобального критерия представлена в виде последовательности более простых задач принятия конструкторских решений с использованием агрегирования конструктивных параметров. Аналогичная декомпозиция в виде иерархии вычислительных моделей разной сложности разработана и для задач нахождения технических характеристик объекта. Излагаются основы теории принятия решений при наличии векторного критерия и бинарных отношений. Для ряда конкретных технических объектов (робот-манипулятор, электрическая цепь, летательный аппарат) решается задача синтеза вектора технических характеристик. Излагаются методы решения некоторых оптимизационных задач, возникающих при проектировании подсистем летательных аппаратов. Математическое моделирование в проектировании сопоставляется с моделированием в других прикладных областях.

Для специалистов по вычислительной математике, математическому моделированию, а также для инженеров, интересующихся применением математических методов в проектировании. Книга будет полезна студентам, специализирующимся в области проектирования технических систем.

УДК 519.6
ББК 22.18

*Опубликованные в данной монографии результаты
получены при поддержке Гранта Президента РФ
«Поддержка научных школ», проект НШ-9344.2006
и Гранта РФФИ, проект 05-01-00975*

ISBN 978-5-317-02318-8

© Краснощеков П.С., Морозов В.В., Попов Н.М., 2008
© Факультет ВМиК МГУ имени М.В. Ломоносова, 2008

Введение	6
Условные обозначения и сокращения	9

Глава 1. Математические модели САПР	10
1.1 О задачах проектирования технических объектов	10
1.1.1 Структура процесса проектирования	10
1.1.2 Формирование облика технического объекта	13
1.1.3 Уравнения движения ЛА	20
1.1.4 О расчете летных характеристик ЛА	25
1.2 Иерархическая схема процесса проектирования	32
1.3 Декомпозиция в многокритериальной оптимизации	39
1.4 Двухмодельные квадратурные формулы	55
1.5 Перспективы развития системы формирования облика	67
1.5.1 Применение технологии искусственного интеллекта к задачам формирования облика	67
1.5.2 Диалоговый метод решения задачи отыскания агрегированных параметров и характеристик технического объекта	74

Глава 2. Некоторые задачи теории принятия решений	81
2.1 Многокритериальная оптимизация	81
2.1.1 Оптимальность по Парето и Слейтеру	81
2.1.2 Представление множеств оптимальных альтернатив с использованием сверток векторного критерия	85
2.1.3 Построение множеств оптимальных альтернатив	90
2.2 Общая задача принятия решений	100
2.2.1 Ядро бинарного отношения	100
2.2.2 Метод сужения множества оптимальных по Парето альтернатив	104
2.3 Сравнение управляемых динамических объектов	111
2.3.1 Определение бинарного отношения	111

2.3.2	Линейные управляемые системы	120
Глава 3.	О проектировании подсистем	145
3.1	Минимизация веса электрической сети	145
3.1.1	Формулировка задачи оптимизации	145
3.1.2	Сведение к системе нелинейных уравнений	146
3.1.3	Численный метод решения	150
3.2	О проектировании топливной системы	158
3.2.1	Сведения из гидравлики	158
3.2.2	Проектирование под стационарный режим	161
3.3	Об одной задаче балансировки	164
3.3.1	Постановка задачи	164
3.3.2	Нижняя оценка максимального момента силы тяжести ЛА	168
3.3.3	Построение оптимальной стратегии перекачки топлива	173
Глава 4.	Методология создания САПР	184
4.1	Автоматизация проектирования технических объектов	184
4.1.1	Предпосылки и основные направления автоматизации проектирования	184
4.1.2	Проектирование сложных технических объектов как фаза их жизненного цикла	214
4.2	Математическое моделирование и прикладные системы	228
4.2.1	Технология математического моделирования	228
4.2.2	Прикладные проблемно-ориентированные системы	236
4.2.3	Технология математического моделирования и неформальные методы изучения сложных явлений	245
4.3	О математическом моделировании в различных областях	249

4.3.1	Физические процессы и законы классической механики	249
4.3.2	О моделировании в экологии и экономике	257
4.4	Моделирование в проектировании технических объектов	268
4.4.1	Проблемы математического моделирования в проектировании новой сложной техники	268
4.4.2	Игровой аспект в проектировании	272
4.4.3	О трудностях математического моделирования	275
	Решение упражнений	294
	Список литературы	300
	Памяти Н.М. Попова	314