

С. В. ГРУБЫЙ

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ



**С. В. Грубый**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Учебник

**Москва Вологда  
«Инфра-Инженерия»  
2022**

УДК 621.941.1  
ББК 34.5  
Г90

Р е ц е н з е н т ы :

доктор технических наук, профессор кафедры технологии машиностроения  
Воронежского государственного технического университета

*Г. А. Сухочев,*

доктор технических наук, профессор кафедры металлорежущих станков  
и инструментов Кузбасского государственного технического университета

*С. И. Петрушин*

**Грубый, С. В.**

**Г90** Математическое моделирование и оптимизация механической обработки : учебник / С. В. Грубый. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 212 с. : ил., табл.  
ISBN 978-5-9729-1033-5

Рассмотрены некоторые аспекты математического моделирования, в том числе разработка и применение степенных и полиномиальных уравнений, связывающих выходные показатели и режимные переменные механической обработки. Рассмотрены вопросы и разобраны задачи структурной и параметрической оптимизации для операций одно- и многоинструментной обработки резанием. Для параметрической оптимизации режимных параметров разобраны методы линейного и нелинейного программирования. Приведены алгоритмы оптимального управления режимными параметрами, в том числе со стабилизацией скорости изнашивания инструмента.

Для студентов, обучающихся по направлениям подготовки «Проектирование технологических машин и комплексов», «Технологические машины и оборудование», «Машиностроение».

УДК 621.941.1  
ББК 34.5

ISBN 978-5-9729-1033-5

© Грубый С. В., 2022

© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие.....	5
Условные обозначения и сокращения.....	7
Введение.....	9
<b>1. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.....</b>	<b>12</b>
1.1. Система резания и анализ процесса механической обработки.....	12
1.2. Структурная оптимизация.....	14
1.3. Параметрическая оптимизация.....	21
1.4. Степенные уравнения для аппроксимации зависимостей резания металлов.....	22
1.5. Расчетные степенные уравнения.....	28
1.6. Полиномиальные уравнения.....	35
1.6.1. Точные сборными резцами.....	35
1.6.2. Фрезерование концевыми фрезами.....	40
1.7. Критерии оптимизации.....	43
1.8. Примеры решения задач.....	46
<b>2. ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ.....</b>	<b>53</b>
2.1. Линейное программирование.....	53
2.2. Оптимизация режимных параметров точения.....	55
2.3. Оптимизация режимных параметров осевой обработки.....	59
2.4. Оптимизация режимных параметров фрезерования.....	64
2.5. Оптимизация режимных параметров резцов из нитрида бора.....	68
2.6. Оптимизация режимных параметров круглого наружного шлифования.....	71
2.7. Примеры решения задач.....	74
<b>3. ОДНОПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ПРИ ОДНОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКЕ.....</b>	<b>79</b>
3.1. Минимизация штучного времени по скорости резания.....	79
3.2. Минимизация переменной части себестоимости по скорости резания.....	82
3.3. Примеры решения задач.....	87
<b>4. МЕТОДЫ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ И МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ.....</b>	<b>97</b>
4.1. Функции многих переменных. Условия экстремума.....	97
4.2. Анализ целевых функций.....	98
4.3. Оптимизация режимных параметров обработки как общая задача нелинейного программирования.....	103
4.4. Нелинейная оптимизация методом штрафной функции.....	108
4.5. Управление режимными параметрами точения.....	115
4.6. Примеры решения задач.....	122

5. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ МНОГОИНСТРУМЕНТНОЙ ОБРАБОТКЕ .....	130
5.1. Однопозиционная последовательная обработка .....	130
5.2. Параллельная обработка резцом и сверлом .....	139
5.3. Однопозиционная параллельная обработка ступенчатого вала .....	144
5.4. Оптимизация режимных параметров сверления на агрегатном станке .....	149
5.5. Многопозиционная последовательная обработка .....	155
5.6. Примеры решения задач .....	159
6. ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ СО СТАБИЛИЗАЦИЕЙ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА .....	169
6.1. Анализ методов оптимизации .....	169
6.2. Оптимизация скорости и подачи для сборных твердосплавных резцов .....	174
6.3. Разработка уравнений и оптимизация точения сферической поверхности .....	181
6.4. Примеры решения задач .....	194
Заключение .....	203
Вопросы для самоподготовки .....	205
Список литературы .....	209