

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Гомельский государственный технический университет  
имени П. О. Сухого»

Кафедра «Металлорежущие станки и инструменты»

М. И. Михайлов

## КОНСТРУИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ СТАНКОВ

Учебное пособие

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
по образованию в области машиностроительного  
оборудования и технологий в качестве учебного пособия  
для студентов высших учебных заведений, обучающихся  
по специальности 1-36 01 01 «Технология машиностроения»*

Гомель 2020

**Михайлов, М. И.** Конструирование и расчет станков : учебное пособие / М. И. Михайлов. — Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2020. — 418 с. : ил. — Библиогр. : с. 416—418.

УДК 621.9.06(075.8)

ББК 34

**Абонемент №1 — 40 экз.**

**ОСБиИР — 1 экз.**

**Чит. зал №1 — 2 экз.**

Приведены методики конструирования металлорежущих станков для автоматизированных и неавтоматизированных производственных структур и практические рекомендации по их применению.

Для студентов и магистрантов машиностроительных специальностей вузов.

## Оглавление

Введение .....	7
<b>ГЛАВА 1. ВЫБОР ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНКОВ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Основные направления развития станков и станочных систем .....	9
1.2. Точность станков .....	13
1.2.1. Геометрическая и кинематическая точность станков .....	14
1.2.2. Жесткость и статическая точность станков .....	15
1.3. Мобильность станков .....	29
1.4. Надежность станков .....	31
1.5. Степень автоматизации .....	32
1.6. Расширение технологических возможностей станков .....	35
<b>ГЛАВА 2. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПРИВодОВ СТАНКОВ .....</b>	<b>38</b>
2.1. Типовые структуры приводов главного движения .....	38
2.2. Скоростная характеристика .....	39
2.3. Типовые механизмы для ступенчатого регулирования частот вращения валов .....	41
2.4. Множительные структуры .....	44
2.4.1. Общие понятия .....	44
2.4.2. Графическое изображение множительной структуры .....	47
2.4.3. Использование графов при моделировании кинематики станков .....	51
2.4.4. Оптимальный вариант множительной структуры .....	54
2.5. Коробки скоростей сложной структуры .....	57
2.6. Коробки скоростей смешанной структуры .....	58
2.7. Особые множительные структуры .....	63
2.7.1. Приводы с наложенными частотами .....	64
2.7.2. Приводы с расширенным диапазоном частот .....	64
2.7.3. Коробки скоростей со связанными колесами .....	65
2.8. Коробки скоростей с многоскоростными электродвигателями .....	68
2.9. Расчет чисел зубьев колес .....	70
2.10. Приводы с бесступенчатым регулированием скорости .....	72
2.10.1. Фрикционные вариаторы .....	72
2.10.2. Кинематический расчет привода с бесступенчатым регулированием частот двигателя .....	78
2.11. Аналитический расчет кинематики привода .....	84
2.12. Кинематический расчет привода подач .....	95

<b>ГЛАВА 3. ВЫБОР ДВИГАТЕЛЯ ПРИВОДА И СИЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ</b> .....	99
3.1. Предварительный выбор двигателя .....	99
3.2. Потери мощности в приводе.....	100
3.3. Определение мощности и выбор электродвигателя в соответствии с режимом работы привода.....	103
3.3.1. Режимы работы нерегулируемых асинхронных электродвигателей .....	103
3.3.2. Выбор нерегулируемых асинхронных электродвигателей от режима работы .....	105
<b>ГЛАВА 4. ШПИНДЕЛЬНЫЕ УЗЛЫ СТАНКОВ</b> .....	110
4.1. Основные требования, предъявляемые к шпиндельным узлам.....	110
4.1.1. Конструктивные особенности шпиндельных узлов .....	111
4.1.2. Материал и термообработка шпинделей .....	114
4.1.3. Шпиндельные опоры качения .....	116
4.1.4. Типовые компоновки шпиндельных узлов с опорами качения .....	122
4.2. Способы смазывания подшипников качения .....	123
4.2.1. Системы обильного смазывания .....	123
4.2.2. Системы минимального смазывания .....	125
4.3. Уплотнения шпиндельных узлов .....	126
4.4. Расчет шпиндельных узлов на жесткость .....	128
4.5. Расчет жесткости конического соединения шпинделей .....	134
4.6. Шпиндельные узлы с опорами скольжения.....	136
4.6.1. Гидростатические опоры шпиндельных узлов .....	136
4.6.2. Гидродинамические опоры шпинделей.....	142
4.6.3. Аэростатические опоры.....	147
<b>ГЛАВА 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ СКОРОСТЕЙ</b> .....	150
5.1. Рычажные механизмы .....	150
5.1.1. Конструкции механизмов.....	150
5.1.2. Механизмы фиксации .....	155
5.2. Конструкции однорукоточных механизмов управления .....	157
5.2.1. Кулачковые механизмы переключения .....	158
5.2.2. Конструктивные особенности механизмов селективного управления .....	163
5.3. Последовательность проектирования механизмов ручного управления.....	167
5.3.1. Кинематический расчет механизмов .....	167
5.3.2. Силовой расчет механизмов.....	171
5.4. Блокировочные устройства механизмов управления .....	175
5.5. Дистанционное переключение скоростей.....	177

## **ГЛАВА 6. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ**

<b>ПРИВОДОВ ПОДАЧ</b> .....	181
6.1. Структура привода подачи со ступенчатым регулированием .....	181
6.2. Тяговые устройства приводов линейных перемещений .....	183
6.2.1. Гидравлические преобразователи .....	183
6.2.2. Электромагнитные тяговые устройства .....	185
6.2.3. Механические тяговые устройства .....	187
6.3. Передачи винт-гайка .....	189
6.3.1. Передачи винт-гайка скольжения .....	189
6.3.2. Передачи винт-гайка качения .....	197
6.4. Зубчато-реечные передачи .....	208
6.5. Размерный анализ кинематической точности приводов оборудования .....	211
6.6. Размерный анализ коробки передач .....	216
6.7. Способы повышения точности элементов кинематики .....	218
6.8. Приводы микроперемещений .....	220
<b>ГЛАВА 7. АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ПРИВОДОВ СТАНКОВ</b> .....	224
7.1. Вероятность безотказности привода станка .....	224
7.1.1. Анализ сложных систем .....	224
7.1.2. Анализ вероятности безотказности методом теории событий .....	225
7.2. Структурный метод анализа ремонтпригодности .....	228
7.3. Матричный метод анализа ремонтпригодности .....	231
7.4. Анализ ремонтпригодности по трудоемкости .....	239
7.5. Обеспечение надежности станков .....	240
<b>ГЛАВА 8. НЕСУЩАЯ СИСТЕМА И НАПРАВЛЯЮЩИЕ</b> <b>СТАНКОВ</b> .....	242
8.1. Назначение несущей системы и требования к ней .....	242
8.2. Материалы для базовых деталей .....	244
8.3. Анализ конструкций базовых деталей несущей системы .....	247
8.4. Основные типы направляющих и требования к ним .....	253
8.5. Расчет направляющих скольжения .....	263
8.6. Направляющие качения .....	272
8.6.1. Конструктивные особенности .....	272
8.6.2. Устройства для регулирования натяга в направляющих качения .....	279
8.6.3. Расчет направляющих качения .....	283
8.6.4. Направляющие жидкостного трения .....	295
8.6.5. Аэростатические направляющие .....	299
8.6.6. Комбинированные направляющие .....	301
8.6.7. Защита направляющих .....	302

<b>ГЛАВА 9. КОМПОНОВКИ СТАНКОВ</b> .....	305
9.1. Методика компоновочного проектирования станков .....	305
9.2. Размерный анализ компоновок оборудования .....	308
9.2.1. Качественный размерный анализ компоновок станков.....	308
9.2.2. Предварительный размерный анализ компоновок станков .....	312
9.3. Расчет погрешности позиционирования.....	314
9.4. Анализ точности расположения узлов оборудования .....	317
9.5. Анализ статической точности компоновок.....	320
9.5.1. Расчет жесткости по упрощенным моделям.....	320
9.5.2. Температурные деформации компоновок станков.....	323
<b>ГЛАВА 10. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ</b> .....	327
10.1. Основные сведения и классификация систем управления .....	327
10.2. Анализ копировальных систем прямого действия .....	332
10.3. Система управления с распределительным валом .....	333
10.3.1. Анализ систем управления с распределительным валом.....	333
10.3.2. Расчет сил, действующих на кулачковый механизм.....	338
10.4. Системы циклового программного управления .....	339
10.5. Следящие системы автоматического управления .....	343
10.5.1. Устройство и характеристика следящих систем автоматического управления.....	343
10.5.2. Принцип работы следящих копировальных систем автоматического управления .....	345
10.6. Системы числового программного управления .....	349
10.6.1. Классификация систем числового программного управления.....	349
10.6.2. Структура системы управления станка с числовым программным управлением .....	359
10.6.3. Самоприспосабливающиеся (адаптивные) системы управления.....	367
10.6.4. Программно-математическое обеспечение микропроцессорных систем числового программного управления ...	371
10.7. Выбор системы числового программного управления при проектировании станков и станочных комплексов.....	391
<b>ГЛАВА 11. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ</b> .....	399
11.1. Информационное и техническое обеспечение жизненного цикла технологического оборудования.....	399
11.2. Программное обеспечение CALS-технологий .....	413
Литература .....	416