

УДК 621.9(075.8)  
ББК 34.63-5я73  
С76

С76                    **Станки с ЧПУ:** Устройство, программирование, инструментальное обеспечение и оснастка [Электронный ресурс] : учеб. пособие для вузов / А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, В.А. Шкаберин. — 3-е изд., стер. — М. : ФЛИНТА, 2017. — 358 с. : ил.

ISBN 978-5-9765-1830-8

Рассмотрены особенности конструкций современных станков с ЧПУ, прогрессивного металлообрабатывающего инструмента и приспособлений, рассмотрены особенности разработки технологических процессов с применением оборудования с ЧПУ. Также рассмотрены основы программирования оборудования с ЧПУ на примере наиболее распространенных российских систем с ЧПУ (NC-201 и FANUC 21i) и применения САМ-систем для написания управляющих программ, а также были рассмотрены возможности разработки и применения виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ, инструмента и приспособлений.

Для студентов технических специальностей высших учебных заведений, также пособие может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

УДК 621.9(075.8)  
ББК 34.63-5я73

ISBN 978-5-9765-1830-8

© Коллектив авторов, 2017  
© Издательство «ФЛИНТА», 2017

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ .....	3
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ .....	5
1.1. История развития металлорежущего оборудования с ЧПУ .....	5
1.2. Основные преимущества использования станков с ЧПУ .....	10
1.3. Основные технические характеристики станков с ЧПУ .....	11
1.4. Основные требования к конструкции станков с ЧПУ .....	12
1.5. Классификация устройств ЧПУ станков .....	14
Глава 2. УСТРОЙСТВО СТАНКОВ С ЧПУ .....	19
2.1. Особенности построения систем управления .....	19
2.1.1. Структура системы УЧПУ, построенной на основе ПЭВМ.....	19
2.1.2. Система ЧПУ фирмы Fanuc .....	21
2.1.3. Система ЧПУ фирмы Siemens .....	23
2.2. Особенности устройства приводов .....	24
2.2.1. Классификация приводов.....	24
2.2.2. Приводы главного движения .....	28
2.2.3. Следящие приводы подач .....	33
2.2.4. Дискретные (шаговые) приводы подач.....	38
2.2.5. Привод вспомогательных механизмов .....	40
2.3. Устройства автоматической смены инструмента (АСИ) станков с ЧПУ .....	42
2.3.1. Устройства АСИ для станков токарной группы .....	42

2.3.2. Устройства АСИ для фрезерно-сверлильно-расточных (многоцелевых) станков .....	48
2.3.3. Устройство АСИ токарно-фрезерных обрабатывающих центров.....	55
Глава 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ СТАНКОВ С ЧПУ.....	59
3.1. Требования, предъявляемые к приспособлениям .....	59
3.2. Режущий инструмент, используемый на станках с ЧПУ .....	61
3.3. Материалы режущей части современного инструмента на примере материалов Sandvik.....	64
3.3.1. Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ .....	67
3.3.2. Режущий инструмент многоцелевых станков с ЧПУ .....	72
3.3.2.1. Режущий инструмент для обработки поверхностей фрезерованием .....	72
3.3.2.2. Режущий инструмент для обработки отверстий.....	76
3.4. Режимы обработки на станках с ЧПУ .....	81
3.4.1. Точение .....	81
3.4.2. Фрезерование .....	89
3.4.3. Получение отверстий.....	93
3.4.4. Рекомендуемые режимы резания .....	97
3.5. Вспомогательный инструмент.....	115
3.5.1. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы .....	116
3.5.2. Вспомогательный инструмент для станков сверлильно-расточной и фрезерной групп .....	121
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ .....	131
4.1. Типовые схемы переходов при фрезерной обработке.....	131
4.2. Координатные перемещения.....	135

4.3. Обработка системы отверстий .....	136
4.4. Особенности проектирования технологических операций для многоцелевых станков .....	138
4.4.1. Особенности обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ .....	138
4.4.2. Последовательность выполнения операций на МС .....	141
4.4.3. Последовательность выполнения переходов на МС .....	143
Глава 5. ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ .....	145
5.1. Общие сведения о погрешности обработки поверхностей деталей на станках с ЧПУ .....	145
5.2. Методика определения погрешности линейного позиционирования станков с ЧПУ .....	150
5.3. Способы наладки станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно- расточной группы .....	152
5.4. Рекомендации по эксплуатации станков с ЧПУ .....	157
Глава 6. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ С ЧПУ .....	161
6.1. Система управления станков с ЧПУ .....	161
6.2. Системы координат станка .....	162
6.3. Методы программирования обработки на станках с ЧПУ .....	166
6.4. Кодирование и запись управляющих программ .....	168
6.4.1. Структура управляющей программы .....	169
6.4.2. Структура кадров .....	172
6.4.3. Структура слов .....	173
6.4.3.1. Размерные слова .....	173
6.4.3.2. Функция подачи и главного движения .....	173
6.4.3.3. Функция инструмента .....	174
6.4.3.4. Кодирование подготовительных функций .....	175
6.4.3.5. Кодирование вспомогательных функций .....	175

6.5. Формат управляющей программы.....	183
6.6. Порядок разработки УП .....	185
6.7. Разработка схемы движения режущих инструментов.....	186
Глава 7. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ УЧПУ NC-201 .....	188
7.1. Формат кадра.....	189
7.2. Типы кадров .....	190
7.3. Программирование подачи .....	191
7.4. Программирование скорости резания.....	191
7.5. Программирование использования инструмента.....	192
7.6. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ЧПУ NC-201 .....	192
7.6.1. Программирование подготовки к обработке.....	192
7.6.2. Программирование перемещений .....	194
7.6.2.1. Быстрое позиционирование осей G0.....	194
7.6.2.2. Линейная интерполяция (G01) .....	195
7.6.2.3. Круговая интерполяция (G02-G03) .....	196
7.6.3. Программирование в абсолютной системе, по приращениям и относительно нуля станка (G90, G91, G79) .....	199
7.6.4. Определение режима динамики приводов при программировании .....	200
7.6.5. Нарезание резьбы.....	203
7.6.6. Технологические циклы .....	204
7.6.6.1. Многопроходная осепараллельная черновая обработка .....	205
7.6.6.2. Осепараллельная черновая обработка с последующей получистовой обработкой .....	207
7.6.6.3. Черновая обработка параллельно профилю .....	207
7.6.6.4. Цикл чистовой обработки профиля .....	210

7.7. Программирование обработки на обрабатывающих центрах .....	210
7.7.1. Программирование угловых перемещений .....	210
7.7.2. Программирование обработки отверстий на станках типа ОЦ .....	212
7.7.2.1. Постоянный цикл глубокого сверления (G83) .....	216
7.7.2.2. Постоянный цикл нарезания резьбы метчиком (G84) .....	217
7.7.2.3. Особенности постоянных циклов .....	218
7.7.3. Программирование фрезерной обработки .....	219
7.7.3.1. Компенсация радиуса инструмента (G41-G42-G40) .....	219
7.7.3.2. Особенности программирования контуров при фрезерной обработке .....	223
<b>Глава 8. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМОЙ FANUC21I .....</b>	<b>226</b>
8.1. Конфигурация программы .....	228
8.2. Задание режимов резания .....	229
8.3. Функция инструмента (Т-функция) .....	231
8.4. Вспомогательные функции .....	233
8.5. Подготовительные функции (G-функции) .....	235
8.6. Программирование перемещений инструмента .....	239
8.6.1. Позиционирование (G00) .....	239
8.6.2. Линейное интерполирование (G01) .....	240
8.6.3. Круговая интерполяция (G02, G03) .....	241
8.6.4. Нарезание резьбы с постоянным шагом (G32) .....	245
8.7. Функция пропуска (G31) .....	248
8.8. Быстрая подача .....	250
8.8.1. Подача в минуту (G98) .....	251
8.8.2. Подача на оборот (G99) .....	251
8.9. Функция компенсации .....	252

Глава 9. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ЧПУ .....	254
9.1. Особенности использования САМ-систем при разработке УП .....	257
9.1.1. Структура САМ-системы .....	260
9.1.2. Разработка информационно-технического комплекса создания постпроцессоров для современного технологического оборудования с ЧПУ .....	261
9.1.2.1. Анализ функций и современных методов создания постпроцессоров для технологического оборудования с ЧПУ .....	261
9.1.2.2. Индивидуальный постпроцессор .....	265
9.1.2.3. Обобщенный постпроцессор .....	266
9.1.2.4. Универсальные постпроцессоры .....	268
9.1.2.5. Инвариантное постпроцессирование .....	270
9.1.3. Создание постпроцессоров для современного технологического оборудования с ЧПУ с использованием генератора постпроцессоров G-POST .....	270
9.2. Автоматизированная подготовка производства и изготовления детали фланец .....	275
Глава 10. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ, ИНСТРУМЕНТА И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ .....	280
10.1. Разработка библиотеки станочных приспособлений в рамках интегрированной автоматизированной системы .....	280
10.1.1. Настройка структуры библиотеки станочных приспособлений .....	282
10.1.2. Установка виртуальных станочных приспособлений при моделировании механообработки .....	282
10.1.3. Создание таблицы семейств и гибких компонентов .....	283

10.1.4. Создание станочных приспособлений на примере кулачков для трехкулачкового патрона .....	285
10.2. Разработка библиотеки виртуальных 3D-моделей режущего инструмента в системе Pro/Engineer Wildfire 4.0 .....	288
10.2.1 Анализ базовых инструментов САПР Pro/Engineer для создания библиотек виртуальных 3D-моделей режущего инструмента.....	288
10.2.2. Разработка структуры библиотеки виртуальных 3D-моделей режущего инструмента .....	289
10.2.3. Основные этапы создания 3D-моделей режущего инструмента.....	291
10.2.4. Определение режимов резания для инструмента .....	294
10.2.5. Использование режимов резания для инструмента.....	295
10.2.6. Библиотека параметров инструмента .....	297
10.2.7. Твердотельные модели инструментов в Pro/Engineer Wildfire 4.0 .....	297
10.2.8. Использование модели инструмента .....	300
10.2.9. Твердотельный инструмент для токарной обработки .....	302
10.2.10. Использование настраиваемого инструмента при сверлении.....	303
10.2.11. Пример создания токарного инструмента .....	304
10.2.12. Примеры токарного инструмента, включенного в библиотеку.....	311
10.3. Разработка виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ.....	315
10.3.1. Анализ современных автоматизированных систем верификации и выбор оптимальной для создания виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ .....	315
10.3.1.1. Применение систем симуляции в компьютерном интегрированном производстве .....	315



10.3.1.2. Сравнительный анализ возможностей современных автоматизированных систем верификации .....	316
10.3.1.3. Преимущества VeriCUT перед встроенными модулями верификации САМ-систем.....	319
10.3.1.4. Симуляция в системе VeriCUT.....	320
10.3.2. Пример разработки виртуальной модели токарно-фрезерного станка Takisawa EX-308 в автоматизированной системе VeriCUT .....	325
10.3.2.1. Технические характеристики станка и оснастки .....	325
10.3.2.2. Основные этапы создания виртуальной модели станка .....	326
10.3.2.3. Построение 3D-моделей деталей станка в Pro/Engineer .....	327
10.3.2.4. Создание сборочной модели станка.....	330
10.3.2.5. Экспорт моделей в STL-формат .....	332
10.3.2.6. Создание виртуальной модели станка Takisawa EX-308 в автоматизированной системе VeriCUT .....	334
10.3.2.7. Присоединение управляющей программы и проверка работы виртуальной модели станка .....	343
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	345
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	346