

А. М. Федоренко, А. А. Жолобов

ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

*Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
«Технология машиностроения», «Автоматизация
технологических процессов и производств
(по направлениям)»*

Минск
РИВШ
2023

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	6
МОДУЛЬ 1	9
Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ	9
1.1. История развития металлорежущих станков	9
1.2. История появления станков с ЧПУ	15
1.3. Основные преимущества использования станков с ЧПУ	16
1.4. Классификация станков с ЧПУ и их конструктивные особенности	18
1.5. Основные технические характеристики станков с ЧПУ	20
1.6. Основные требования к конструкции станков с ЧПУ	21
1.7. Классификация устройств ЧПУ станков	23
1.8. Станки с ЧПУ как основа автоматизации производственных процессов	28
Глава 2. УСТРОЙСТВО СТАНКОВ С ЧПУ	34
2.1. Особенности построения систем управления	34
2.1.1. Структура системы ЧПУ со схемной реализацией алгоритмов	34
2.1.2. Структура системы ЧПУ, построенной на основе микропроцессоров	39
2.1.3. Структура системы ЧПУ, построенной на основе ПЭВМ	43

2.2. Особенности устройства приводов.....	46
2.2.1. Классификация приводов	46
2.2.2. Приводы главного движения.....	52
2.2.3. Следящий привод подачи	57
2.2.4. Дискретный (шаговый) привод подачи.....	61
2.2.5. Привод вспомогательных механизмов	64
2.3. Измерительные преобразователи перемещения.....	65
2.4. Устройства автоматической смены инструмента станков с ЧПУ	70
2.4.1. Устройства автоматической смены инструмента для станков токарной группы	71
2.4.2. Устройства автоматической смены инструмента для фрезерно-сверлильно-расточных (многоцелевых) станков	78

Глава 3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ

СТАНКОВ С ЧПУ	87
3.1. Требования, предъявляемые к приспособлениям.....	87
3.2. Классификация систем приспособлений и определение экономической целесообразности их использования	89
3.3. Режущий инструмент, используемый на станках с ЧПУ	93
3.3.1. Режущий инструмент для токарных станков с ЧПУ	97
3.3.2. Режущий инструмент многоцелевых станков с ЧПУ	101
3.4. Режимы обработки на станках с ЧПУ. Выбор параметров режима резания при токарной обработке.....	113
3.5. Вспомогательный инструмент	116
3.5.1. Вспомогательный инструмент для станков с ЧПУ токарной группы	117
3.5.2. Вспомогательный инструмент для станков сверлильно-расточной и фрезерной групп	123
3.6. Балансировка вспомогательного инструмента	135
Примеры тестовых заданий	139
Список рекомендуемых источников для самостоятельной работы	140

МОДУЛЬ 2	142
Глава 4. ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ	142
4.1. Особенности структуры технологического процесса	142
4.2. Этапы проектирования технологического процесса для станков с ЧПУ	143
4.2.1. Выбор номенклатуры обрабатываемых деталей	146
4.2.2. Повышение технологичности деталей	146
4.3. Проектирование маршрутных технологических процессов обработки деталей на станках с ЧПУ	149
4.3.1. Методы проектирования маршрутных технологических процессов	149
4.3.2. Разработка маршрутной технологии для станков с ЧПУ	150
4.4. Выбор станков с ЧПУ для обработки заготовок деталей различных групп	153
Глава 5. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ	155
5.1. Методы программирования систем ЧПУ	155
5.2. Системы координат станка	157
5.3. Кодирование и запись управляющих программ	163
5.3.1. Структура управляющей программы	163
5.3.2. Структура кадров	166
5.3.3. Структура слов	166
5.3.4. Программирование подготовки к обработке	167
5.4. Формат управляющей программы	174
5.5. Порядок разработки управляющей программы	176
5.6. Разработка схемы движения режущих инструментов	177
Глава 6. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ	181
6.1. Способы установки заготовок	181
6.2. Последовательность обработки заготовки	182
6.3. Проектирование переходов	183
6.4. Особенности систем координат токарного станка и программирования перемещений	184

6.5. Определение режима динамики приводов при программировании	189
6.6. Технологические циклы токарной обработки	196
6.6.1. Типовые схемы обработки канавок, проточек, желобов	197
6.6.2. Технологический цикл нарезания канавок	200
6.6.3. Обработка резьб	203
6.6.4. Программирование обработки резьбы	204
6.6.5. Технологические циклы обработки резьб	210
6.6.6. Технологические циклы обработки основных поверхностей	213
6.7. Пример программирования токарной обработки	219
Глава 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОПЕРАЦИЙ ОБРАБОТКИ ОТВЕРСТИЙ	225
7.1. Способы установки заготовок и выбор маршрута обработки отверстий	225
7.2. Координатные перемещения и программирование обработки	229
7.3. Технологические циклы обработки отверстий	230
7.3.1. Циклы обработки отверстий, система ЧПУ NC-201	231
7.3.2. Циклы обработки отверстий, система ЧПУ SINUMERIK	234
7.4. Пример программы сверлильной обработки	239
7.5. Функции определения координат центров группы отверстий	240
Глава 8. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНЫХ ОПЕРАЦИЙ	243
8.1. Установка заготовок и выбор последовательности переходов	243
8.2. Типовые схемы переходов при фрезерной обработке	244
8.3. Программирование фрезерной обработки	257
8.4. Пример программирования фрезерной обработки по контуру	260
Примеры тестовых заданий	261
Список рекомендуемых источников для самостоятельной работы	262

МОДУЛЬ 3	264
-----------------------	------------

Глава 9. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОПЕРАЦИЙ НА МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

9.1. Выбор типа станка.....	264
9.2. Особенности обработки деталей на многоцелевых станках с ЧПУ	265
9.3. Последовательность выполнения операций на многоцелевых станках	268
9.4. Последовательность выполнения переходов на многоцелевых станках	270
9.5. Программирование обработки на многоцелевых станках.....	271
9.6. Токарная многоцелевая обработка. Трансформация системы координат	276
9.7. Меры безопасности	293

Глава 10. РАСШИРЕННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ.....

10.1. Дополнительные возможности системы ЧПУ NC-201	297
10.1.1. Векторная геометрия	299
10.1.2. Программирование информации о геометрических элементах.....	301
10.1.3. Определение точек.....	303
10.1.4. Определение прямой линии	305
10.1.5. Определение окружностей.....	310
10.1.6. Определение профиля.....	316
10.1.7. Движение оси шпинделя	318
10.1.8. Пересечение между элементами.....	319
10.1.9. Сопряжение геометрических элементов.....	320
10.2. Дополнительные возможности системы ЧПУ SINUMERIK	323
10.2.1. Полярная система координат	323
10.2.2. Определение окружностей.....	325
10.2.3. Специальные команды перемещения. Сплайны	326

Глава 11. МОДИФИКАЦИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ	331
11.1. Трансформация системы координат ЧПУ NC-201	331
11.1.1. Определение и использование начальных точек	331
11.1.2. Определение и использование временных начальных точек	332
11.1.3. Зеркальная обработка	333
11.1.4. Поворот плоскости	334
11.1.5. Масштабирование	335
11.2. Трансформация системы координат ЧПУ SINUMERIK	336
11.3. Пример использования трансформации системы координат	341
Глава 12. ПРОГРАММИРОВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕМЕННЫХ	343
12.1. Определение переменных	343
12.2. Вычисления в программе	346
12.3. Управляющие структуры	347
12.4. Повторение части программы	351
12.5. Выполнение части программы	353
12.6. Использование подпрограммы	355
Примеры тестовых заданий	362
Список рекомендуемых источников для самостоятельной работы	364
МОДУЛЬ 4	365
Глава 13. КОНТРОЛЬ	365
13.1. Прогнозирующий контроль	366
13.2. Активный контроль	367
13.3. Информативный контроль	367
13.4. Устройства контроля	368
13.5. Программирование контроля заготовки	371
13.6. Программирование измерений точки	373
13.6.1. Система ЧПУ NC-201	373
13.6.2. Система ЧПУ SINUMERIK	375

13.7. Программирование измерений типовых поверхностей.....	379
13.7.1. Система ЧПУ NC-201	379
13.7.2. Система ЧПУ SINUMERIK.....	380
13.8. Программирование контроля инструмента.....	383
13.8.1. Система ЧПУ NC-201	385
13.8.2. Система ЧПУ SINUMERIK.....	388
Глава 14. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ	
СТАНКОВ С ЧПУ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ПРОЦЕССЕ	390
14.1. Общие сведения о погрешностях обработки поверхностей деталей на станках с ЧПУ	390
14.2. Методика определения погрешности линейного позиционирования станков с ЧПУ	394
14.3. Способы наладки станков с ЧПУ сверлильно-фрезерно-расточной группы	397
14.4. Рекомендации по эксплуатации станков с ЧПУ	401
14.5. Расчет норм времени для операций, выполняемых на станках с ЧПУ	405
14.6. Виды технологической документации	411
14.6.1. Справочная документация.....	411
14.6.2. Сопроводительная документация.....	413
Глава 15. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САМ-СИСТЕМ	
ПРИ РАЗРАБОТКЕ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ.....	418
15.1. Структура САМ-системы.....	421
15.2. Типы постпроцессоров	422
Примеры тестовых заданий	426
Список рекомендуемых источников для самостоятельной работы	428
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	429
СПИСОК ИСТОЧНИКОВ	430