

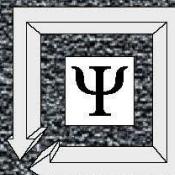
**АВТОМАТИЗАЦИЯ
ПОДГОТОВКИ
УПРАВЛЯЮЩИХ
ПРОГРАММ
ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

учебное пособие

Часть 2



ФЛИНТА



МПСИ

**Аверченков В.И., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А.,
Аверченков А.В., Терехов М.В., Левкина Л.Б.**

Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ

Учебное пособие

Часть 2

2-е издание, стереотипное

Москва
Издательство «ФЛИНТА»
2011

УДК 681.3.06

A19

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра «Технология машиностроения»

Белгородского государственного технологического университета;
д.т.н., проф. *В.П. Федоров*

Аверченков В.И.

А19 Автоматизация подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ: учеб. пособие для вузов [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.А. Жолобов, Ж.А. Мрочек, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Л.Б. Левкина. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – Ч. 2. – 212 с.

ISBN 978-5-9765-1250-4 (Общ.)

ISBN 978-5-9765-1262-7 (Ч. 2)

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.

Пособие предназначено для студентов технических специальностей высших учебных заведений, а также может быть полезно инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

УДК 681.3.06

ISBN 978-5-9765-1250-4 (Общ.)

ISBN 978-5-9765-1262-7 (Ч. 2)

©Издательство «ФЛИНТА», 2011

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
ГЛАВА 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ С ЧПУ	8
1.1. Системы управления станков с ЧПУ	8
1.2. Системы координат станка	10
1.3. Методы программирования обработки на станках	14
с ЧПУ	14
1.4. Кодирование и запись управляющих программ	16
1.4.1. Структура управляющей программы	16
1.4.2. Структура кадров	19
1.4.3. Структура слов	20
1.5. Формат управляющей программы	22
1.6. Порядок разработки УП	31
1.7. Разработка схемы движения режущих инструментов	33
ГЛАВА 2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ УЧПУ NC-201	34
2.1. Формат кадра	36
2.2. Типы кадров	37
2.3. Программирование подачи	38
2.4. Программирование скорости резания	38
2.5. Программирование использования инструмента	39
2.6. Программирование токарной обработки на станках, оснащенных системой ЧПУ NC-201	39
2.6.1. Программирование подготовки к обработке	39
2.6.2. Программирование перемещений	41
2.6.3. Программирование в абсолютной системе, по приращениям и относительно нуля станка (G90, G91, G79)	46
2.6.4. Определение режима динамики приводов при программировании	47
2.6.5. Нарезание резьбы	49
2.6.6. Технологические циклы	51
2.7. Программирование обработки на станках типа «обрабатывающий центр»	56
2.7.1. Программирование угловых перемещений	57
2.7.2. Программирование обработки отверстий на станках типа ОЦ	58
2.7.3. Программирование фрезерной обработки	65

ГЛАВА 3. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ, ОСНАЩЕННЫХ СИСТЕМОЙ FANUC21I	72
3.1. Конфигурация программы.....	73
3.2. Задание режимов резания	74
3.3. Функция инструмента (T функция)	76
3.4. Вспомогательные функции.....	78
3.5. Подготовительные функции (G функции)	80
3.6. Управление осями	83
3.6.1. Управление осями.....	83
3.6.2. Относительная система	83
3.7. Программирование перемещений инструмента	85
3.7.1. Позиционирование (G00)	85
3.7.2. Линейное интерполярование (G01).....	86
3.7.3. Круговая интерполяция (G02, G03).....	86
3.7.4. Нарезание резьбы с постоянным шагом (G32).....	90
3.7.5. Нарезание резьбы с изменяющимся шагом (G34)	93
3.8. Функция пропуска (G31)	93
3.9. Быстрая подача	95
3.9.1. Подача в минуту (G98)	96
3.9.2. Подача на оборот (G99)	96
3.10. Функция компенсации	97
ГЛАВА 4. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ САМ-СИСТЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УП.....	99
4.1. Структура САМ-системы	102
4.2. Разработка информационно-технического комплекса создания постпроцессоров для современного технологического оборудования с ЧПУ	102
4.2.1. Анализ функций и современных методов создания постпроцессоров для технологического оборудования с ЧПУ.....	102
4.2.1. Индивидуальный постпроцессор.....	107
4.2.2. Обобщенный постпроцессор	108
4.2.3. Универсальные постпроцессоры	110
4.2.4. Инвариантное постпроцессирование	111
4.3. Создание постпроцессоров для современного технологического оборудования с ЧПУ с использованием генератора постпроцессоров G-POST	112
ГЛАВА 5. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТАНКОВ С ЧПУ	117

5.1. Применение автоматизированной системы для подготовки производства и изготовления детали «Фланец».....	127
5.2. Применение автоматизированной системы для подготовки производства и изготовления детали «Колесо рабочее»	132
ГЛАВА 6. РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ, ИНСТРУМЕНТА И ПРИСПОСОБЛЕНИЙ.....	137
6.1. Разработки библиотеки станочных приспособлений.....	137
в рамках интегрированной автоматизированной системы.....	137
6.1.1. Настройка структуры библиотеки станочных приспособлений	138
6.1.2. Установка виртуальных станочных приспособлений при моделировании механообработки	139
6.1.3. Создание таблицы семейств и гибких компонентов	140
6.1.4. Создание станочных приспособлений на примере кулачков для трехкулачкового патрона	142
6.2. Разработка библиотеки виртуальных 3D-моделей режущего инструмента в системе Pro/Engineer WildFire 4.0.....	145
6.2.1. Анализ базовых инструментов САПР Pro/Engineer для создания библиотек виртуальных 3D-моделей режущего инструмента.....	147
6.2.2. Разработка структуры библиотеки виртуальных 3D-моделей режущего инструмента.....	150
6.2.3. Основные этапы создания виртуальных 3D-моделей режущего инструмента.....	151
6.2.4. Определение режимов резания инструмента	154
6.2.5. Использование режимов резания инструмента.....	156
6.2.6. Библиотека параметров инструмента	157
6.2.7. Твердотельные модели инструментов в Pro/Engineer WildFire 4.0	158
6.2.8. Использование модели инструмента.....	160
6.2.9. Твердотельный инструмент для токарной обработки ...	162
6.2.10. Использование настраиваемого инструмента при сверлении	164
6.2.11. Пример создания токарного инструмента	165
6.2.12. Примеры токарного инструмента, включенного в библиотеку.....	172
6.3. Разработка виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ	175

6.3.1. Анализ современных автоматизированных систем верификации и выбор оптимальной для создания виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ	176
6.3.2. Пример разработки виртуальной модели токарно- фрезерного станка Takisawa EX-308 в автоматизированной системе VERICUT.....	185
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	207
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	208

ВВЕДЕНИЕ

Для промышленных предприятий, использующих процессы механической обработки деталей, актуальны задачи снижения трудоемкости операций и себестоимости изготовления деталей с сохранением заданных показателей качества. Поэтому технологические бюро ведут постоянный поиск путей совершенствования технологических процессов обработки с учетом возможностей, предоставляемых новым высокопроизводительным инструментом и современным информационно-программным обеспечением.

Особенности современного этапа развития машиностроения характеризуется значительным распространением и использованием многофункциональных станков с ЧПУ. Применение такого типа оборудования позволяет значительно повысить производительность обработки и улучшить качество изготавливаемых деталей. Главная особенность этого оборудования состоит в том, что движение инструмента относительно обрабатываемой заготовки заранее программируется и записывается в числовой форме.

Создание конкурентоспособной продукции сегодня невозможно без применения современных программных средств для проектирования, расчета и изготовления будущих изделий. Очевидно, что инженер должен в полной мере владеть программными продуктами, предназначенными для разработки новых изделий. Сейчас рынку в первую очередь требуются специалисты, которые уже умеют работать с CAD/CAM/CAE/PDM-системами, созданными крупнейшими производителями программных продуктов в этой области.

В учебном пособии рассматриваются основы программирования оборудования на примере систем с ЧПУ NC-201 и FANUC 21i и применения CAM-систем для написания управляющих программ, а также рассмотрены возможности разработки и применения виртуальных моделей технологического оборудования с ЧПУ, инструмента и приспособлений.

ГЛАВА 1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКАМИ С ЧПУ

1.1. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

На машиностроительных предприятиях эксплуатируются станки с системами программного управления (ПУ) различных годов выпуска или, как принято говорить, системами ПУ различных поколений. Поэтому значение этапов развития устройств ПУ имеет не только познавательное значение, но позволяет правильно принимать решения по организации эксплуатации и модернизации оборудования. Разнообразие систем ПУ объясняется, главным образом, быстрым их моральным старением, обусловленным бурным развитием электроники.

Под управлением станком принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнение технологического цикла обработки.

Числовое программное управление (ЧПУ) — это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-либо носителе массива информации.

По технологическому назначению и функциональным возможностям системы ЧПУ подразделяют на четыре группы:

- позиционные, в которых задают только координаты конечных точек положения исполнительных органов после выполнения ими определенных элементов рабочего цикла (системы ЧПУ сверлильные, расточные и координатно-расточные станки);
- контурные или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории (системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков);
- универсальные (комбинированные), в которых осуществляется программирование как перемещений при позиционировании, так и движения исполнительных органов по траектории, а также смены инструментов и загрузки-выгрузки заготовок (системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков);

- многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.

По способу подготовки и ввода управляющей программы различают так называемые оперативные системы ЧПУ (в этом случае управляющую программу готовят и редактируют непосредственно на станке, в процессе обработки первой детали из партии или имитации ее обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться либо с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав системы ЧПУ данного станка, либо вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Программоноситель может содержать как геометрическую, так и технологическую информацию. Технологическая информация обеспечивает определенный цикл работы станка, а геометрическая — характеризует форму, размеры элементов обрабатываемой заготовки и инструмента и их взаимное положение в пространстве.

Станки с программным управлением (ПУ) по виду управления подразделяют на станки с системами циклового программного управления (ЦПУ) и станки с системами числового программного управления (ЧПУ). Системы ЦПУ более просты, так как в них программируется только цикл работы станка, а величины рабочих перемещений, т.е. геометрическая информация, задаются упрощенно, например с помощью упоров. В станках с ЧПУ управление осуществляется от програмноносителя, на который в числовом виде занесена и геометрическая, и технологическая информация.

ЧПУ обеспечивает управление движениями рабочих органов станка и скоростью их перемещения при формообразовании, а также последовательностью цикла обработки, режимами резания, различными вспомогательными функциями.

В международной практике приняты следующие обозначения: NC-ЧПУ; HNC — разновидность устройства ЧПУ с заданием программы оператором с пульта с помощью клавиш, переключателей и т. д.; SNC — устройство ЧПУ, имеющее память для хранения всей управляющей программы; CNC — управление

автономным станком с ЧПУ, содержащее мини-ЭВМ или процессор; DNC — управление группой станков от общей ЭВМ.

1.2. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ СТАНКА

Система координат станка (СКС), в которой определяется положение его рабочих органов и других систем координат, является основной. СКС включает в себя все физически существующие оси станка. По стандартам все прямолинейные перемещения рассматривают в правосторонней прямоугольной системе координат X, Y, Z. Во всех станках положение оси Z совпадает с осью вращения инструмента; если при обработке вращается заготовка, то с осью вращения заготовки. На станках всех типов движение сверла из детали определяет положительное направление оси Z в СКС. Для станков, в которых сверление невозможно, ось Z перпендикулярна технологической базе.

Ось X всегда параллельна технологической базе (обычно горизонтальна) и перпендикулярна оси Z: если ось Z расположена горизонтально, то положительным направлением оси X является направление вправо, если встать лицом к левому торцу станка; если ось Z расположена вертикально, то положительным для оси X считается направление вправо, если встать лицом к передней плоскости станка [9, 13, 24-26].

Ось Y перпендикулярна плоскости, образуемой осями X и Z; в качестве положительного выбирается такое направление, чтобы получившаяся система координат образовывала правую декартовую систему. Для удобства можно пользоваться правилом правой руки (рис. 1.1). Примеры расположения осей системы координат для различных станков представлено на рис.1.2.

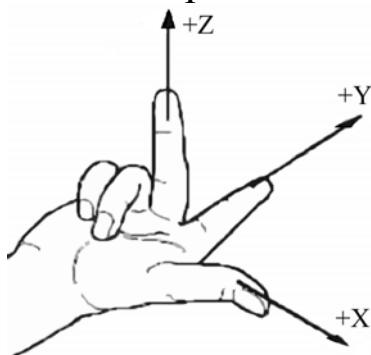


Рис. 1.1. Схема определения правила правой руки при определении СКС

Если станок имеет несколько столов, суппортов и т. п., то для задания их перемещений используют другие системы координат, оси которых для второго рабочего органа обозначают U, V, W, для третьего — P, Q, R. Круговые перемещения рабочих органов станка с инструментом по отношению к каждой из координатных осей X, Y, Z обозначают A, B, C соответственно. Положительным направлением вращения вокруг осей является вращение по часовой стрелке, если смотреть от начала в сторону конца оси; вращение в противоположном (отрицательном) направлении обозначают A', B', C'. При определении положительного направления удобно пользоваться правилом правой руки: если отогнутым большим пальцем правой руки указать положительное направление оси, то согнутые остальные пальцы укажут положительное направление вращения вокруг этой оси.

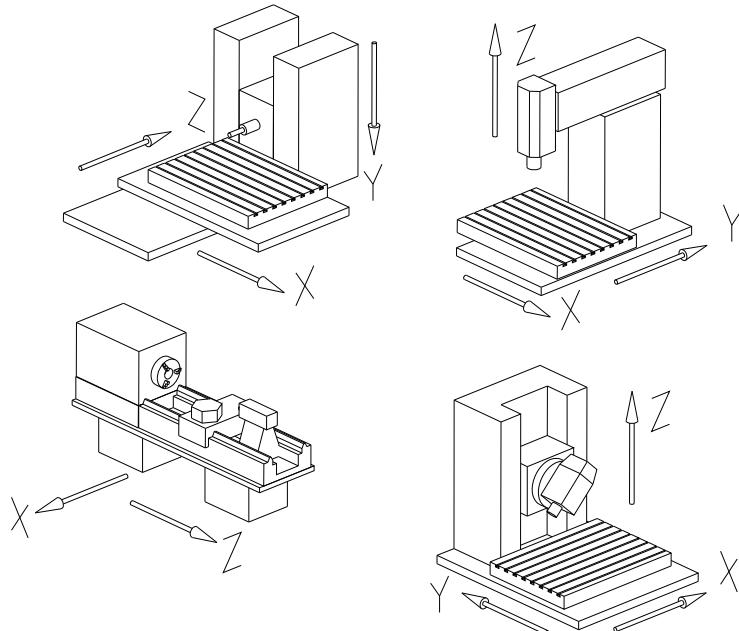


Рис. 1.2. Примеры систем координат различных станков

В зависимости от конструкции станка положение инструмента и заготовки при обработке может быть получено перемещением инструмента относительно неподвижной заготовки, заготовки относительно неподвижного инструмента (в этом случае оси в СКС обозначают X', Y', Z' и соответственно меняют положительные направления на противоположные) или взаимным их перемещением. Учесть эти особенности весьма сложно. Принят так называемый метод относительного программирования: при обработке заготовок деталей условно считают, что всегда движется

инструмент, а заготовка остается неподвижной. Такой метод очень удобен на практике, так как для программиста безразлично как обеспечивается, например, положительное движение инструмента по оси X — его собственным перемещением или движением стола в противоположном направлении. Положение нулевой точки станка (нуль станка) — точки, принятой за начало СКС (ГОСТ 20523-80), т. е. начало отсчета для линейных и для круговых движений, стандартами не установлено. Физически ноль станка задают концевые выключатели, обычно устанавливаемые на каждой из осей и служащие для определения положения рабочих органов станка при инициализации системы.

Кроме нулевой точки, в ГОСТ 20523-80 даны определения следующих точек. Исходная точка станка определяется относительно его нулевой точки и используется для начала работы по управляющей программе. Фиксированная точка станка определяется относительно нулевой точки станка и используется для нахождения положения рабочего органа станка (как правило фиксированная точка совпадает с нулем станка).

Если ограничиться только одной СКС при написании программ, то возникают проблемы при ее эксплуатации: смена приспособления станка в процессе производства приводит к изменению пространственного положения детали относительно нуля станка (вследствие неизбежного изменения линейных размеров приспособления и различного физического положения нуля станка различных производителей), что вызывает необходимость в пересчете всей геометрической информации, содержащейся в программе. Поэтому для решения вышеуказанных проблем вводится система координат детали (СКД).

СКД служит для задания координат опорных точек обрабатываемых поверхностей (контура, профиля и т. д.). Опорными называют точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы контур детали и траектория движения инструмента на переходах обработки. Применяют правую прямоугольную, цилиндрическую и сферические системы координат. Вместо трёхобъёмных систем координат в частных случаях используют прямоугольные и полярные двухкоординатные системы. Точку на детали, относительно которой заданы ее размеры, называют нулевой точкой детали (нуль детали). Нуль детали выбирается

программистом произвольно – может быть любая точка как на детали, так и вне ее. Однако при выборе нуля детали следует учитывать следующие моменты:

- нуль должен по возможности совпадать с конструкторской базой (упрощается программирование, т. к. исключается необходимость в пересчете размерных цепей);

- нуль должен находиться на физической поверхности детали (не заготовки), которой можно было бы удобно коснуться инструментом (сокращается время на наладку станка – упрощается привязка СКД к СКС).

С учетом данных требований обычно на токарных станках в качестве нуля детали выбирают точку пересечения правого торца с осью вращения.

При разработке управляющей программы программист использует систему координат детали. При выборе СКД принимается направление осей таким же, как направление осей в СКС; координатные плоскости СКД целесообразно совмещать или располагать параллельно базам детали; координатные оси следует совмещать с возможно большим числом размерных линий или осей симметрии.

Аналогичные проблемы в процессе эксплуатации оборудования возникают при смене инструмента вследствие износа. Поэтому на станках с ЧПУ наряду с СКС и СКД существует система координат инструмента (СКИ).

Система координат инструмента предназначена для задания положения его режущего лезвия. Оси СКИ параллельны и направлены в ту же сторону, что и оси СКС. Инструмент рассматривают в сборе с державкой и вспомогательным инструментом. Указывают положение формообразующих элементов режущих кромок. У вращающегося инструмента указывают координаты точки пересечения с осью вращения. Связь систем координат при обработке детали на сверлильно-фрезерно-расточном станке представлена на рис. 1.3.

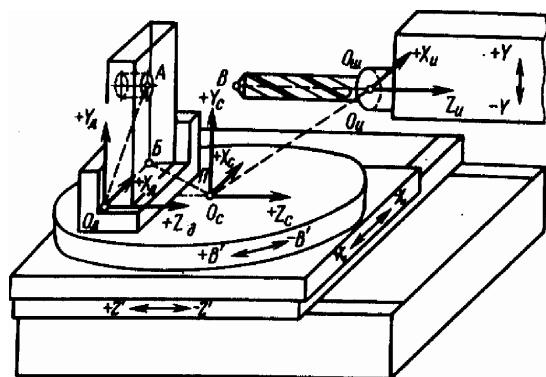


Рис. 1.3. Схема связи систем координат детали и инструмента сверлильно-фрезерно-расточного станка с ЧПУ

1.3. МЕТОДЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Существуют три основных способа разработки управляющих программ: ручное программирование, программирование на стойке ЧПУ и программирование при помощи САМ-систем.

Ручное программирование является весьма утомительным занятием. По общему признанию слова, адреса и кадры воспринимаются большинством новичков как «китайская грамота». Однако все программисты-технологи обязаны иметь хорошее понимание техники ручного программирования независимо от того действительно ли они ее используют. Если на предприятии используется несколько станков с ЧПУ, а изготавливаемые детали предельно просты, то грамотный технолог-программист с великолепной техникой ручного программирования будет способен превзойти по производительности труда мощного программиста-технолога, использующего САМ-систему. Или, если станки используются для выполнения ограниченной номенклатуры изделий. Как только обработка таких изделий запрограммирована, она вряд ли будет изменена когда-либо в будущем. В этом случае ручное программирование для ЧПУ наиболее экономически эффективно. Наконец, даже в случае применения САМ-системы, нередко возникает потребность коррекции кадров УП вследствие обнаружения ошибок на этапе верификации. Также, общепринятой является коррекция кадров УП после ряда первых пробных прогонов на станке с ЧПУ. Если для выполнения этих, часто элементарных корректировок программист должен опять

использовать САМ-систему, то это неоправданно удлинит процесс подготовки производства.

Программирование на стойке системы ЧПУ. Этот метод программирования стал весьма популярен в последние годы. Программы создаются и вводятся непосредственно на стойке системы ЧПУ, используя клавиатуру, дисплей, а также систему графических пиктограмм и меню. Программист может немедленно верифицировать кадры УП путем графической имитации обработки на экране стойки. Системы диалогового-графического проектирования существенно различаются между собой. В большинстве случаев любая из них является одноцелевой системой, предназначеннной для автоматизации программирования определенного типа обработки на определенном оборудовании. Мало того, некоторые модели рассчитаны только на ручной ввод управляющей программы и тем самым не могут обеспечить технологию удаленного программирования при помощи САМ-системы. Однако более современные модели работают как в диалоговом режиме, так и имеют устройства для ввода G-кодов, сгенерированных другими САМ-системами.

В общем случае существуют предприятия, использующие ограниченное число наемных рабочих и выпускающие широкий ассортимент деталей. В таких фирмах один работник может выполнять разнообразные задачи, связанные с обслуживанием станков с ЧПУ. Например, на многих малых заводах оператор станка с ЧПУ занимается установкой заготовки; ее креплением; вводом УП; проверкой и оптимизацией УП, наконец, он фактически следит за обработкой. В этом случае метод программирования «у стойки с ЧПУ» весьма оправдан и более эффективен, чем оплата услуг некого «удаленного» программиста-технолога.

Человек, выполняющий диалоговое проектирование УП, должен иметь более высокую оплату труда и мотивацию, ведь этот сотрудник вносит существенный вклад в успех предприятия. Имея такие стимулы, сотрудник может превзойти «обычного» программиста-технолога, неспешно разрабатывающего УП вдалеке от цеха.

Программирование при помощи САМ-систем. САМ-системы позволяют «поднять» программирование для станков с ЧПУ на более высокий уровень по сравнению с рутинным ручным

программированием. Обобщая, можно утверждать, что САМ-системы облегчают труд технолога-программиста в трех главных направлениях. САМ-системы избавляют технолога-программиста от необходимости проводить математические вычисления вручную; позволяют создавать на одном базовом языке управляющие программы для различного оборудования с ЧПУ, наконец, они обеспечивают технолога типовыми функциями, автоматизирующими ту или иную обработку.

Для использования САМ-системы, технолог-программист использует персональный компьютер или рабочую станцию. Компьютерная программа автоматически генерирует управляющую программу (G-код). Затем управляющая программа передается тем или иным способом в память стойки станка с ЧПУ. Оптимальная область применения таких систем – крупные предприятия, а также предприятия, выпускающие значительную номенклатуру постоянно изменяющихся деталей.

1.4. КОДИРОВАНИЕ И ЗАПИСЬ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Порядок составления УП начинается с изучения языка программирования, который регламентируется ГОСТ 20999-83, полностью соответствует СТ СЭВ 3585-82 и комплексу стандартов, носящих общее название ISO 7bit. Программа, написанная на данном языке, будет «понятна» большинству систем ЧПУ независимо от производителя.

1.4.1. Структура управляющей программы

Управляющая программа представляет собой последовательность кадров.

Каждая управляющая программа должна начинаться символом «Начало программы» (%), после которого должен стоять символ «Конец кадра» (ПС), а затем кадр с соответствующим номером. Для современных систем ЧПУ это требование необязательно.

Каждый кадр представляет собой последовательность слов (адресов). Первым словом любого кадра является номер кадра (N).

Каждое слово в кадре управляющей программы должно состоять из: символа адреса (латинская прописная буква по табл. 1, 2); математического знака «Плюс» или «Минус» (при необходимости); последовательности цифр.

Слова в управляющей программе должны быть записаны одним из двух способов:

- без использования десятичного знака (подразумеваемое положение десятичной запятой);
- с использованием десятичного знака (явное положение десятичной запятой).

Таблица 1
Значения символов адресов

Символ	Значение
A	Угол поворота вокруг оси X
B	Угол поворота вокруг оси Y
C	Угол поворота вокруг оси Z
D	Вторая функция инструмента
E	Вторая функция подачи
F	Первая функция подачи
G	Подготовительная функция
H	Не определен
I	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси X
J	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Y
K	Параметр интерполяции или шаг резьбы параллельно оси Z
L	Не определен
M	Вспомогательная функция
N	Номер кадра
O	Не определен
P	Третичная длина перемещения, параллельного оси X
Q	Третичная длина перемещения, параллельного оси Y
R	Перемещение на быстром ходу по оси Z или третичная длина перемещения, параллельного оси Z
S	Функция главного движения
T	Первая функция инструмента
U	Вторичная длина перемещения, параллельного оси X
V	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Y
W	Вторичная длина перемещения, параллельного оси Z
X	Первичная длина перемещения, параллельного оси X
Y	Первичная длина перемещения, параллельного оси Y
Z	Первичная длина перемещения, параллельного оси Z