1. **Аналитический раздел.**
   1. **Анализ технологий автоматизированной обработки деталей**
      1. **Общие сведения о станках с ЧПУ**

Числовое программное управление (ЧПУ) — компьютеризованная система управления, управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку. На рисунке приведено пример ЧПУ раскройного станка(Рисунок 1).

[](http://15.sls.name/wp-content/uploads/2015/01/Безымянный.png)

Рисунок 1. ЧПУ Раскройного станка

**Оборудование с ЧПУ может быть представлено:**

* станочным парком, например станками (станки, оборудованные числовым программным управлением, называются станками с ЧПУ ):
* для обработки металлов (например, фрезерные или токарные), дерева, пластмасс,
* для резки листовых заготовок,
* для обработки давлением и т.д.
* приводами асинхронных электродвигателей, использующих векторное управление;
* характерной системой управления современными промышленными роботами.

Несколько станков с ЧПУ могут объединиться в гибкую автоматизированную производственную систему (ГПС), которая в свою очередь может быть дополнена гибким автоматизированным участком (ГАУ) и войти в состав автоматической линии (производства масштаба участка либо цеха), ГАП.

 Под управлением станком принято понимать совокупность воздействий на его механизмы, обеспечивающие выполнения технологического цикла обработки, а под системой управления — устройство или совокупность устройств, реализующих эти воздействия.

Числовое программное управление ( ЧПУ) — это управление, при котором программу задают в виде записанного на каком-то носителе массива информации. Управляющая информация для систем ЧПУ является дискретной и ее обработка в процессе управления осуществляется цифровыми методами. Управление технологическими циклами практически везде осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, реализуемых на основе принципов цифровых электронных вычислительных устройств.

Системы ЧПУ практически вытесняют другие типы систем управления.

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;
* контурные или непрерывные, управляющие движением исполнительного органа по заданной криволинейной траектории;
* 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;
* многоконтурные системы, обеспечивающие одновременное или последовательное управление функционированием ряда узлов и механизмов станка.  
  Примером применения систем ЧПУ первой группы являются сверлильные, расточные и координатно — расточные станки. Примером второй группы служат системы ЧПУ различных токарных, фрезерных и круглошлифовальных станков. К третьей группе относятся системы ЧПУ различных многоцелевых токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков.

К четвертой группе относятся безцентровые круглошлифовальные станки, в которых от систем ЧПУ управляют различными механизмами: правки, подачи бабок и т.д. Существуют позиционные, контурные, комбинированные и многоконтурные циклы управления.

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 ее имитации обработки) и системы, для которых управляющая программа готовится независимо от места обработки детали. Причем независимая подготовка управляющей программы может выполняться или с помощью средств вычислительной техники, входящих в состав систем ЧПУ данного станка, или вне ее (вручную или с помощью системы автоматизации программирования).

Программируемые контроллеры — это устройства управления електроавтоматичного станка. Большинство программируемых контроллеров имеют модельную конструкцию, в состав которой входят источник питания, процессорный блок и программируемая память, а также различные модули ввода/вывода. Для создания и отладки программ работы станка применяют программирующие аппараты. Принцип работы контроллера: считываются необходимые вводы/выводы и полученные данные анализируются в процессорном блоке. При этом решаются логические задачи и результат вычисления передается на соответствующий логический или физический вывод для подачи соответствующего механизма станка.(1)

**1.1.2 Способы загрузки исходных данных в ЧПУ**

Современные [станки с ЧПУ](https://infofrezer.ru/catalog) обладают высокой производительностью, обеспечивают отличное качество обработки и способны легко перестраиваться на обработку изделий другой партии. Достижение этих качеств ранее – на станках с ручным управлением и полуавтоматах – было практически невозможно. И только система числового программного управления (сокращённо ЧПУ) позволила внедрить обработку изделий в точном соответствии с заложенной программой. Достоинством такого способа управления является полное исключение роли оператора станка из процесса обработки. Станок «сам», в автоматическом режиме – согласно заложенной в память ЧПУ программе – выполняет технологические переходы обработки заготовки. Оператору остаётся лишь снимать/закреплять заготовки на рабочем столе, устанавливать и закреплять режущий инструмент, соответствующий данному этапу обработки (чистовому, черновому переходу и т.п.), и осуществлять общее наблюдение за оборудованием.

Однако, современное оборудование с ЧПУ не исключает полностью «человеческий фактор» из процесса обработки. Оно лишь переносит его во времени – если в процессе обработки участие человека не требуется, то его роль во время подготовки управляющей программы и её загрузки на станок является определяющей для обеспечения высокого качества обработки.

Сущность работы системы ЧПУ заключается в преобразовании кодов управляющей программы (содержащей эскиз деталей и построенную на его базе траекторию движения фрезы) в сигналы для исполнительных элементов станка – электродвигателей инструментального портала и шпинделя. Таким образом, режущему инструменту сообщается необходимый по техпроцессу маршрут движения фрезы возле заготовки, а также режимы обработки (подача инструмента и частота вращения шпинделя).

Как и обычный персональный компьютер, система ЧПУ содержит микропроцессор, обрабатывающий команды и оперативную память – для хранения текущих данных. Именно в память системы ЧПУ требуется предварительная загрузка управляющей программы для фактической возможности фрезерного станка осуществлять обработку заготовок.

Как правило, современные фрезерные станки с ЧПУ рассчитаны на работу «в связке» с персональным компьютером. С его помощью можно осуществлять ручное управление перемещением шпинделя, а также загружать файлы управляющих программ и запускать обработку по ним в автоматическом режиме.

В некоторых случаях подключение ПК к фрезерному станку нежелательно (к примеру, при обработке каменных заготовок или графита образующаяся мелкая пыль может привести к выходу ПК из строя). Для таких ситуаций фрезерный станок комплектуется специальным пультом – DSP-контроллером. С его помощью доступны те же функции, что при использовании ПК.

И персональный компьютер, и [DSP-контроллер](https://infofrezer.ru/articles/opcii-frezernyh-stankov/dsp-kontroller-frezernogo-stanka-s-chpu) способны работать с внешними флешь-накопителями для загрузки файлов управляющих программ. Однако при работе «напрямую» с «флешки» порой возникают серьёзные затруднения.

Для сбора данных, требующихся для проведения структурного анализа системы является технология **IDEF3.** В отличие от большинства технологий моделирования бизнес-процессов, **IDEF3** не имеет жестких синтаксических или семантиче­ских ограничений, делающих неудобным описание неполных или нецелостных систем. Кроме того, автор модели (системный аналитик) избавлен от необходимости смешивать свои собственные предпо­ложения о функционировании системы с экспертными утвержде­ниями в целях заполнения пробелов в описании предметной области.

**IDEF3** также может быть использован как метод проектирования бизнес-процессов. **IDEF3-моделирование** органично дополняет тра­диционное моделирование с использованием стандарта [методологии IDEF0](http://itteach.ru/bpwin/metodologiya-idef0). В на­стоящее время оно получает все большее распространение как вполне жизнеспособный путь построения моделей проектируемых систем для дальнейшего анализа имитационными методами. Имитационное тестирование часто используют для оценки эксплуатационных ка­честв разрабатываемой системы. Более подробно методы имитацион­ного анализа будут рассмотрены ниже.

Основой модели IDEF3 служит так называемый сценарий биз­нес-процесса, который выделяет последовательность действий или подпроцессов анализируемой системы. Поскольку сценарий опреде­ляет назначение и границы модели, довольно важным является под­бор подходящего наименования для обозначения действий.

Сценарий для большинства моделей должен быть документиро­ван. Обычно это название набора должностных обязанностей челове­ка, являющегося источником информации о моделируемом процессе.

Также важным для системного аналитика является понимание це­ли моделирования — набора вопросов, ответами на которые будет служить модель, границ моделирования — какие части системы вой­дут, а какие не будут отображены в модели, и целевой аудитории — для кого разрабатывается модель.(2,3)

**1.2 Совершенствование способов загрузки исходных данных в ЧПУ**

Современные микропроцессорные устройства ЧПУ обеспечивают оперативное подготовку УП в режиме диалога с использованием графического дисплея. Гибкость и эффективность оперативного программирования обработки обеспечивается функциональными возможностями современных микропроцессорных устройств ЧПУ, основными из которых являются следующие: расширенный формат УП, с использованием всех основных функций кодов информации УП и дополнительных макрокоманд; краткое описание программируемого контура при помощи языков высокого уровня; возможность программирования в режиме “обучения” при обработке первой де-тали; развитая структура построения УП, содержащая основную программу, подпрограммы, программы коррекций и наладочных данных станка и инструментов; автоматическое формирование циклов движений, задаваемых в обобщенной виде при помощи параметров, значения которых присваивает оператор или они автоматически рассчитываются по определенным алгоритмам; задание технологических параметров обработки в естественной форме, удобной для оператора; автоматический расчет траектории инструмента, эквидистантной обрабатываемому контуру детали, с учетом радиальных и осевых размеров инструмента и его наладочных данных; развитые средства отладки и редактирования УП.

Управляющая программа для станков с современными микропроцессорными устройствам и ЧПУ имеет довольно сложную структуру. Необходимая для обработки детали информация может быть записана в основной программе (MPF), в подпрограммах (SPF), в дополнительных программах, в которых заданы значения коррекции инструментов, смещения нулевых точек станка и другие наладочные данные. С помощью основной программы организуется последовательность выполнения всей УП в соответствии с порядком записи ее кадров. В основной программе можно вызвать любые подпрограммы и указать число их последовательных исполнений, а также определить численные значения для этих подпрограмм. Обращение к программе коррекции осуществляется автоматически при вводе очередного кадра основной программы, номер которого соответствует номеру блока корректирующих записей. Вызов дополнительных данных, например, действительных размеров инструментов осуществляется как из основной программы, так и из подпрограмм заданием соответствующих команд. Каждая подпрограмма может содержать обращение к другим подпрограммам.

Современные микропроцессорные устройства ЧПУ с оперативной подготовкой УП имеют достаточно мощные средства автоматизированного программирования. Например, задание типовых геометрических образов для обрабатываемых конструктивных элементов детали сводится к определению типа стандартного цикла (проточка канавки для выхода резца при нарезании резьбы, нарезание резьбы резцом и т. д.) и его параметров. Макроопределения позволяют только на основе чертежных размеров без каких-либо дополнительных пересчетов описать фрагменты обрабатываемого контура. Например, в устройствах ЧПУ *Sinumerik* для токарных станков при программировании непосредственно по чертежу детали предусмотрено краткое описание фрагментов контура с использованием углов *ANG* пересечения прямых линий и одной из координат конечной точки, программировании обработки фаски задается указанием его длины в макроопределении *CHF*=

Управляющая программа (УП) – совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки. УП содержит информацию о величинах и скоростях перемещения режущего инструмента относительно заготовки детали, указания об изменении частоты вращения шпинделя, смене инструмента, коррекции инструмента, подаче СОЖ и другие команды исполнительным органам станка. Эта информация записывается в кодах конкретного устройства ЧПУ в последовательности, соответствующей принятому техпроцессу обработки.

Кадр УП – составная часть УП, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащее не менее одной команды.

Слово УП – составная часть кадра УП, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки или другие данные по выполнению управления.

Адрес УП – часть слова УП, определяющая назначение следующих за ним данных.

Для автоматизированной подготовки УП для станков с ЧПУ используются системы автоматизированного программирования (САП). САП для оборудования с ЧПУ комплекс технических, программных, языковых, информационных средств, осуществляющих преобразование данных чертежа детали и техпроцесса ее обработки в коды системы ЧПУ. В состав САП в

общем случае входят следующие части: технические средства, входной язык, процессор, промежуточный язык, постпроцессор.

Технические средства для построения САП представляют собою персональный компьютер необходимой конфигурации, специализированные программные устройства, в устройствах ЧПУ класса CNC технические средства устройства и САП составляют единое целое.

Входной язык САП – проблемно - ориентированный язык, предназначенный для описания исходных данных о детали и техпроцессе ее обработки на оборудовании с ЧПУ. На входном языке записываются исходные данные для автоматизированного программирования, например, в виде исходной программы(ИП).

**САП с формированием исходных данных на геометрическом вход-ном языке.** САП с формированием исходных данных на геометрическом входном языке обычно имеют графический редактор, в котором создается геометрическая модель (чертеж) обрабатываемой детали. Созданная модель импортируется в модуль разработки управляющих программ системы. В данном пособии САП подобного класса рассматривается на примере системы ADEM.

ADEM представляет собой комплексную систему автоматизированного проектирования. С её помощью можно решать целый ряд инженерных задач, таких как: проектирование изделий, подготовка конструкторской документации (чертежей, спецификаций, схем и т.д.), разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ, управление и хранение инженерных данных, разработка технологических процессов механической обработки, сборки, покрытия и т. д.

Подготовка УП осуществляется в модуле ADEM CAM. Исходными данными для автоматизированного программирования обработки на станках с ЧПУ в модуле ADEM CAM является последовательность технологических объектов. Каждый технологический объект, формируемый технологом-программистом в диалогово-интерактивном режиме, представляет собою информационно завершенную структуру, описывающий технологический переход (ТП) обработки конструктивного элемента (КЭ) детали. К отдельным технологическим объектам отнесены также определения (описания) положений точки начала обработки, безопасной позиции, плоскости холостых ходов, команд на выполнение технологического останова, поворота (шпинделя или детали) и т. п.

**САП с формированием исходных данных на проблемно-ориентированном входном языке**. В ряде САП исходные данные формируются на входном языке, представляющем проблемно-ориентированный язык для описания исходных данных о детали и техпроцессе ее обработки на станке с ЧПУ. На входном языке записывается исходная программа (ИП) в виде последовательности операторов. Набор операторов позволяет: определять геометрические объекты, параметры обработки; описывать траекторию движения инструмента, основные и вспомогательные функции станка и его системы управления.

В качестве примера рассмотрим САП МИКРОАПТ.

Система использует язык МИКРОАПТ для описания различных видов обработки на фрезерных, токарных, расточных, сверлильных и других станках. Допускается диалоговый режим общения с оператором. Язык имеет обобщенные технологические инструкции широкий набор средств для управления программой, организации подпрограмм и циклов. Это дает возможность параметрического задания размеров и технологических режимов, а также вычисления и переопределения параметров и геометрических эле-ментов в процессе работы программы.

Входной язык САП МИКРОАПТ использует приписные буквы русского и латинского алфавитов, арабские цифры и знаки – точка, запятая, двоеточие, плюс, минус, звездочка, черта дроби, равно, левая и права круглые скобки, точка с запятой, кавычки, пробел и некоторые другие знаки. При этом буквы латинского алфавита используются только для обозначения переменных и наименований элементарных функций за исключением буквы Z, используемой и для обозначения оси декартовой системы координат. Элементы входного языка содержат не менее одного символа.

Входной язык САП МИКРОАПТ предусматривает возможность определения трех видов геометрических элементов – точек, прямых и окружностей. Элемент каждого вида, за исключением окружности, обозначается начальной буквой наименования (Т-точка, П-прямая, К-окружность) и номером, которым может быть любое целое число от 0 до 99.

Геометрический элемент определяется оператором, состоящим из обозначения, обязательного разделителя – косой черты и собственно определения. Собственно определение геометрического элемента, в общем случае, состоит из четырех частей:

- опорных геометрических элементов;

- служебных слов;

- модификаторов выбора варианта;

- параметров (десятичные числа или произвольные арифметические выражения). (4,5 )