И. Е. Колошкина

ОСНОВЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ В CAM-СИСТЕМЕ



«Инфра-Инженерия»

УДК 621.9.06
ББК 34.630.2
К61

Рецензенты:
доктор технических наук, заведующий кафедрой компьютерных технологий и систем Брянского государственного технического университета *А. В. Аверченков;*
кандидат педагогических наук, заведующая кафедрой теории и методики профессионально-технологического образования Брянского государственного университета им. ак. И. Г. Петровского *С. Е. Саланкова*

Колошкина, И. Е.

К61 Основы программирования для станков с ЧПУ в CAM-системе : учебник / И. Е. Колошкина. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. – 260 с. : ил., табл.

ISBN 978-5-9729-0949-0

Приведены примеры выполнения различных типовых действий при подготовке управляющих программ для станков с ЧПУ в CAM-системе. Подробно разобраны примеры разработки управляющих программ по объемной модели последовательно по каждому конструктивному элементу изделия и комплексное автоматическое программирование в модуле CAM Expert для механической обработки детали на станках с ЧПУ. Приведены образцы подготовки управляющих программ для выполнения фрезерно-сверлильных работ, имеются задания различной сложности для самостоятельного проектирования.

Для студентов образовательных учреждений СПО машиностроительных специальностей. Может быть полезно для всех интересующихся вопросами программирования для автоматизированного производственного оборудования.

УДК 621.9.06
ББК 34.630.2

ISBN 978-5-9729-0949-0

© Колошкина И. Е., 2022
© Издательство «Инфра-Инженерия», 2022
© Оформление. Издательство «Инфра-Инженерия», 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Введение 5

Основные определения 10

1. Общие сведения о программном управлении оборудованием 13

2. Способы программирования для станков с ЧПУ 15

3. Структура управляющей программы для станков с ЧПУ 19

4. Виды CAM-систем 22

5. Модуль управления технологическими данными ADEM CAM 26

5.1. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ для отдельного конструктивного элемента 32

5.2. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ в модуле автоматического проектирования ADEM CAM Expert 45

Практикум по автоматизированной разработке управляющих программ для станков с ЧПУ в системе ADEM CAD/CAM/CAPP 52

Учебный элемент УЭ01. Настройка параметров проектирования в модуле CAD 55

Учебный элемент УЭ02. Разработка 3D модели детали и совмещённой с ней модели заготовки 63

Самостоятельная работа к УЭ02 71

Учебный элемент УЭ03. Разработка управляющей программы для сверления отверстий в плите на фрезерном станке с ЧПУ (конструктивный элемент «Отверстие») 72

Самостоятельная работа к УЭ03 89

Учебный элемент УЭ04. Разработка управляющей программы для фрезерования наружного контура (конструктивный элемент «Плоскость») 90

Самостоятельная работа к УЭ04 114

Учебный элемент УЭ05. Разработка управляющей программы для фрезерования внутреннего контура (конструктивный элемент «Колодец») 115

Самостоятельная работа к УЭ05 134

Учебный элемент УЭ06. Разработка управляющей программы для фрезерования детали «Диафрагма» (конструктивные элементы – «Отверстие», «Окно», «Стенка») и комплекта технологической документации 135

Самостоятельная работа к УЭ06 208

Учебный элемент УЭ07. Разработка управляющей программы для фрезерования детали «Корпус» в модуле CAM Expert 209
Самостоятельная работа к УЭ07 230
Рекомендуемая литература 232
Приложения 233
Приложение 1. Задания для совершенствования умений и навыков программирования для станков с ЧПУ в CAM-системе 233
Приложение 2. Группы основных команд модуля CAD системы ADEM 238
Приложение 3. Группы основных команд модуля CAM/CAPP системы ADEM 244
Приложение 4. Функции программирования оборудования с ЧПУ 249

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРОГРАММНОМ УПРАВЛЕНИИ ОБОРУДОВАНИЕМ

На станках с числовым программным управлением перемещение режущего инструмента относительно заготовки при обработке осуществляется по управляющей программе, в которой команды о перемещениях и установках режимов обработки заданы в цифровой форме. Фрезерные станки – это одна из наиболее распространённых групп оборудования с ЧПУ. Общий вид фрезерного станка с ЧПУ и отдельные его механизмы показан на рис. 1.1.

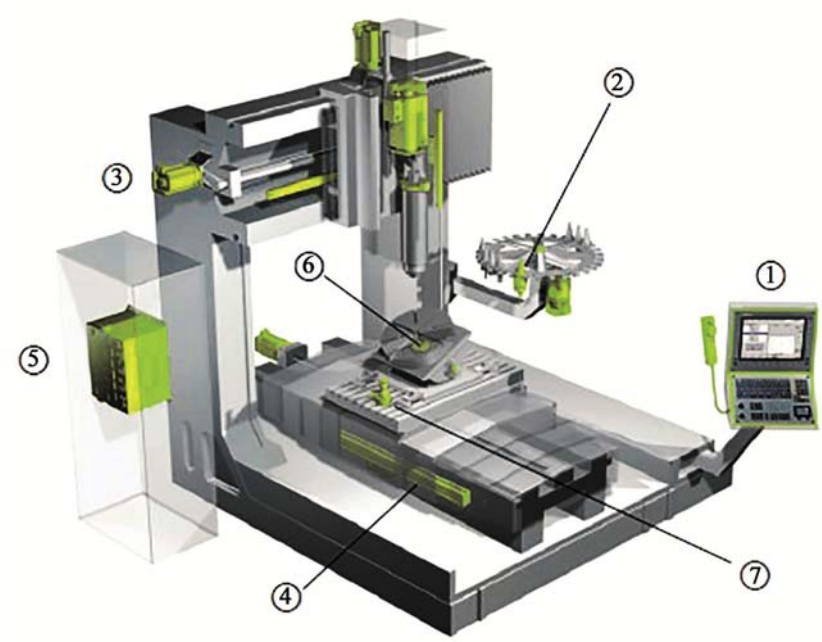


Рис. 1.1. **Общий вид фрезерного станка с ЧПУ**
1 – монитор и клавиатура; 2 – измерительный щуп для заготовок;
3 – электродвигатель; 4 – датчик линейных перемещений; 5 – система ЧПУ;
6 – датчик угловых перемещений; 7 – измерительный щуп для инструмента

Управляющая программа – это совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка при обработке конкретной заготовки. Совокупность команд представляет некоторую последовательность чисел, цифр, букв и других знаков, занесенных в закодированном виде на программоноситель. Схема управления станком с программным управлением приведена на рис. 1.2.

Работа станка с ЧПУ реализуется следующим образом:

- управляющая программа обработки детали вводится в устройство ЧПУ;
- после считывания программы происходит процесс обработки данных, идет подготовка всех команд движения и отправляется в системы приводов подачи и перемещения шпинделя;
- привод контролирует движение и скорость блоков станка;
- система обратной связи фиксирует данные о положении и скорости движения осей и отправляет сигнал в устройство управления;
- в блоке управления сигналы обратной связи сравниваются с исходными, если есть ошибки – он исправляет их и отправляет в исполнительный механизм новые сигналы для корректировки процесса;
- пульт управления с дисплеем используется для ввода оператором программ, просмотр программ и других важных данных.



Рис. 1.2. **Принципиальная схема станка с программным управлением**

2. СПОСОБЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Для современных станков с ЧПУ существует несколько методов программирования обработки и создания управляющей программы:

- ручное программирование;
- программирование на программной станции с виртуальной клавиатурой (на ПК);
- программирование на программной станции с физическим пультом управления (комбинация ПК + физический ПУ);
- программирование на пульте управляющей системы с ЧПУ;
- программирование при помощи CAM-системы.

Ручное программирование – программы набираются вне станка покадрово вручную с использованием компьютерной техники. Программы разрабатываются на персональном компьютере с установленным текстовым редактором, в котором и создаётся управляющая программа (см. рис. 2.1). Программа содержит координаты передвижения инструмента, производящего обработку заготовок, а также информацию о работе по программе в форме кодов G и M. Текст программы фиксируется в виде файла с расширением .txt. Этот вид программирования – трудоёмкий процесс и требует высокой степени точности, реализуется при выполнении несложной обработки заготовок стандартной формы или в отсутствии других средств для автоматизированной разработки управляющей программы вне станка. При наличии современных программных продуктов на производстве практически не применяется.

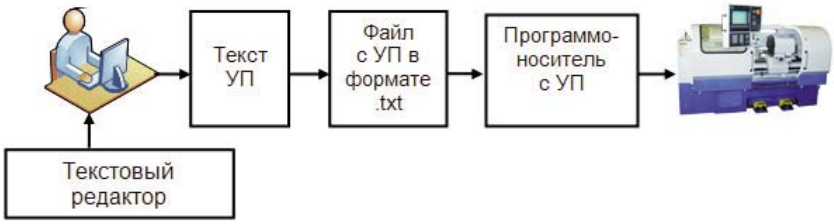


Рис. 2.1. **Схема ручного программирования для станка с ЧПУ вне станка**

Программирование на программной станции с виртуальной клавиатурой выполняется вне станка и применяется для повышения эффективности и сокращения затрат на подготовку. В качестве инструмента для программирования на виртуальной клавиатуре используется компьютерная техника с соответствующим программным продуктом, на монитор которого выводится изображение пульта управления станка с клавиатурой (рис. 2.2, а) [4].

Программирование на программной станции с физическим пультом управления выполняется вне станка на комплексе состоящего из персонального компьютера с установленным программным обеспечением и реальной аппаратной копией пульта управления станком, на котором выполняется программирование (рис. 2.2, б). На монитор компьютера выводится информация соответствующая изображениям на мониторе станка. Эти варианты программирования для УЧПУ HEIDENHAIN показаны на рис. 2.2, б.



а



б

Рис. 2.2. **Программные станции УЧПУ HEIDENHAIN:**
а – с виртуальной клавиатурой; *б* – с физическим пультом управления



Рис. 2.3. **Прямое ручное программирование на пульте УЧПУ станка**

Программирование на пульте УЧПУ станка – программы создаются и вводятся прямо на стойке ЧПУ (см. рис. 2.3). Этот вид программирования приобрел особую популярность в связи с развитием технической базы (сенсорные экраны, твердотельная память, высокопроизводительные системы минимальных размеров), улучшением интерфейса пультов управления и их технологических возможностей. При программировании на пульте управления системы ЧПУ программы создаются непосредственно на пульте с использованием клавиатуры, джойстика и сенсорного экрана.

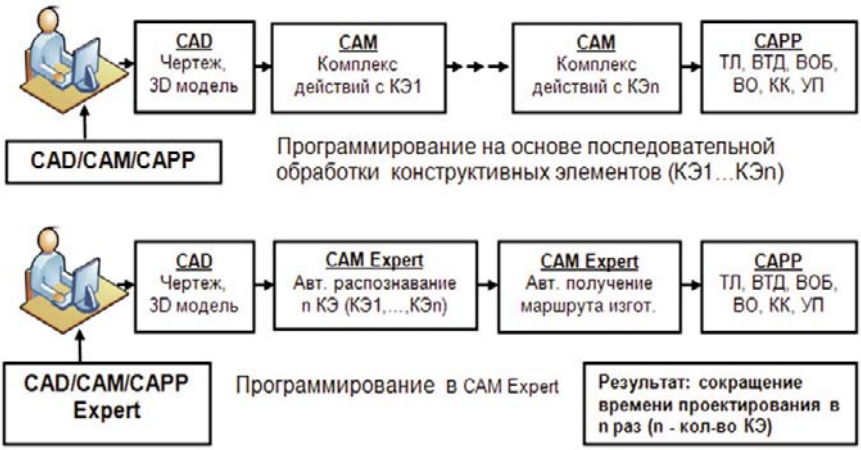


Рис. 2.4. **Сопоставление различных способов автоматизированного технологического проектирования в CAM-системе**

КЭ – конструктивный элемент; n – количество конструктивных элементов; КТП – карта технологического процесса; ТЛ – титульный лист; ВТД – ведомость технологической документации; ВОБ – ведомость оборудования; ВО – ведомость оснастки; КК – комплектовочная карта; УП – управляющая программа

Программирование при помощи CAM-систем – программы создаются при помощи компьютерных систем автоматизированного проектирования. Это специализированная система, позволяющая добиться большей производительности, нежели при программировании ручным способом, либо на самом станке. Система CAM выполняет вычисление траектории инструмента, который производит обработку заготовки. Она действует в автоматическом режиме. Её применяют, если нужна управляющая программа для руководства операциями над деталью сложной конфигурации. Также CAM-система востребована, если станки на предприятии выполняют массу различных операций. Программирование в CAM-системе может выполняться последовательно по каждому конструктивному элементу обрабатываемом на изделии, а так же позволяет выполнять комплексное программирование одновременно по всем конструктивным

элементам в автоматическом режиме в модуле CAM Expert. Возможности таких вариантов работы показаны на рис. 2.4. Программирование в CAM-системе не требует специальной детализированной подготовки специалиста в области программирования и может выполняться технологом в процессе автоматизированного технологического проектирования в системе CAD/CAM/CAPP.

В этом учебном пособии рассматривается обучение методу программирования при помощи CAD/CAM системы при автоматизированном последовательном проектировании по каждому конструктивному элементу изделия и комплексное программирование одновременно по всем конструктивным элементам в автоматическом режиме в модуле CAM Expert.

3. СТРУКТУРА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Управляющая программа записывается в виде стандартизированных функций программирования (см. Приложение 4) и состоит из последовательности кадров, обычно начинается с символа начало программы (**%**) и заканчивается функциями **M02** (завершение программы) или **M30** (конец информации). Структура программы имеет следующий вид: «**%**» (только для программ, разработанных на ПК), заголовок программы «**O**» или «**:**» с последующим номером программ, содержащим не более четырех цифр. Каждая строка в программе является кадром. Пример оформления текста управляющей программы в соответствии с требованиями ЕСТД в комплекте технологической документации показан на рис. 3.1.

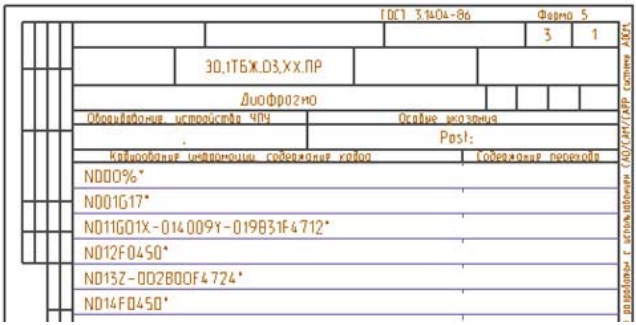


Рис. 3.1. **Вид распечатки начальной части текста управляющей программы**

Каждый кадр программы представляет собой один шаг обработки и состоит из информационных слов, состоящих из буквенного адреса и числового значения. Буквенный адрес определяет назначение следующего за ним числового значения.

Примеры информационных слов разного назначения:

Информационное слово «Подготовительная функция»
G 01
|_ Числовое значение (определяет линейную интерполяцию)
Буквенный адрес «подготовильная функция»

Информационное словов «Функция главного движения»
S 315
|_ Численное значение (определяет частоту вращения шпинделя)
Буквенный адрес «Функция главного движения»

Кадры имеют следующую структуру:

– **N** – порядковый номер кадра (не более четырех знаков, нумерация ведется через 5 или 10 для возможности при отработке программы введения дополнительных кадров);

– подготовительная функция **G**;

– координаты **X, Y, Z, A, C, B**;

– дополнительная функция **M**;

– функция шпинделя **S**;

– функция инструмента **T**;

– функция подачи **F**;

– **D** – номер коррекции инструмента;

– **H** – блоки данных коррекции инструмента в режиме DIN-ISO.

Примеры содержания кадров:

N005 T2 F150 S1200 M13,

где:

– **N005** – кадр № 5;

– **T2 –** инструмент под номером 2;

– **F150** – подача 150 мм/мин;

– **S1200** – число оборотов шпинделя 1200 об/мин;

– **M13** – запуск охлаждения и вращение шпинделя по часовой стрелке.

N011 G0 X150 Y150 Z100,

где:

– **N011** – кадр № 11;

– **G0 –** ускоренное перемещение инструмента;

– **X150** – перемещение по оси X на 150 мм;

– **Y150** – перемещение по оси Y на 150 мм;

– **Z100 –** перемещение по оси Z на 100 мм.

Команды действуют либо модально, либо покадрово.

Модально действующие команды сохраняют свою значимость во всех последующих кадрах с запрограммированным значением до тех пор, пока по тому же адресу не будет запрограммировано новое значение, отменяющее действующую прежде команду.

Покадрово действующие команды сохраняют свою значимость только в том кадре, в котором они программируются.

При разработке УП приходится выбирать оси координат нажатием клавиш указанных выше. Оси координат фрезерного станка по европейским нормам разработанным немецким институтом по стандартизации обозначаются по стандарту ДИН 66217 и представлены на рис. 3.2.

При программировании в CAM-системе, программа и содержание кадров программы формируются программой автоматически при указании разработчиком на изображении изделия вида конструктивного элемента и запуска команды по его реализации.

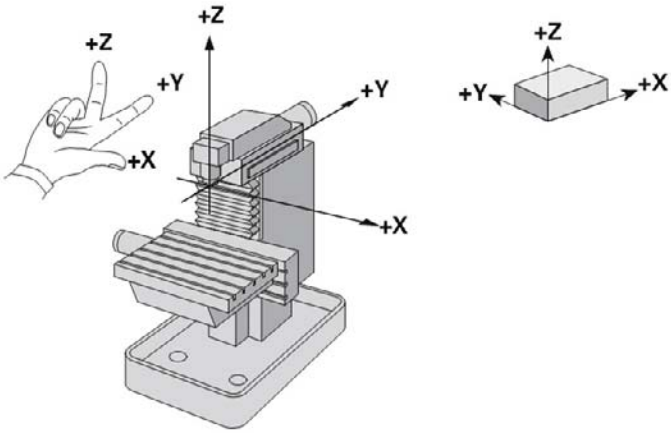


Рис. 3.2. **Оси координат фрезерного станка с ЧПУ**

4. ВИДЫ CAM-СИСТЕМ

Основные CAM-системы, которые используются на российских предприятиях:

- **PowerMill.** Программная система, которая используется для составления УП для любого автоматизированного производства. Подготавливает программы для 2,3 и 5 осевой высокоскоростной обработки объёмных поверхностей. Одна из широко используемых в мире.
- **MasterCam.** CAD/CAM-система для многоосевой обработки. Предназначена для создания управляющих программ для станков с ЧПУ фрезерной, токарной, токарно-фрезерной, электроэрозионной групп, а также для деревообрабатывающего оборудования
- **SprutCAM.** Отечественная разработка, обеспечивает разработку управляющего программного обеспечения для многокоординатных фрезерных станков, а также станков электроэрозионного типа, учитывая 3D-модель кинематики станка. Все преимущества российского разработчика: удобный интерфейс, обновление версий, поддержка, приемлемая цена, наличие справочной литературы.
- **ADEM.** Разработчик – компания «Омега АДЕМ Технолоджиз» (г. Москва, Россия). Интегрированная конструкторско-технологическая система CAD/CAM/CAPP для сквозного проектирования. Многокоординатная обработка. Все преимущества российского разработчика: удобный интерфейс, обновление версий, поддержка, приемлемая цена, наличие справочной литературы, возможность обучения персонала.
- **ESPRIT.** Высокопроизводительная и полнофункциональная обучающаяся система среднего класса для автоматизации подготовки управляющих программ широкого спектра оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ). 2–5 осевое фрезерование. Русифицированный интерфейс и справочная система. Поддерживает электроэрозионные станки.
- **CAMWorks.** Позволяет создавать программы для фрезерной, токарной, токарно-фрезерной и проволочной эрозионной обработки. Обработка ведётся непосредственно в среде SolidWorks и непосредственно по модели SolidWorks.
- **САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.** Система позволяет разрабатывать единичные, типовые и групповые технологические процессы на различные виды производства с любой степенью детализации в удобной для технолога интегрированной среде.

Определяющие критерии при выборе САПР системы для российских предприятий, как правило:

- российская разработка;
- возможность пробной эксплуатации продукта;
- постоянная техническая поддержка разработчиками конечных пользователей не только на стадии внедрения;
- гибкая адаптация к конкретным условиям производства;

- полное соответствие требованиям ЕСКД и ЕСТД;
- надежное сетевое развертывание и поддержка;
- комплексный подход к решению задач от формирования облика изделия до подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, включая полный комплект конструкторской и технологической документации.

Для учебных заведений предпочтительно наличие свободно распространяемой учебной версии для самостоятельной работы студентов.

Предпочтение отдается интегрированным конструкторско-технологическим компьютерным системам, объединяющим в едином программном пространстве конструкторскую и технологическую составляющие, а также средства разработки управляющих программ для оборудования с устройством с числовым программным управлением (УЧПУ). Среди технологических автоматизированных систем, используемых в металлообработке, достаточно полно отвечает этим требованиям отечественное программное обеспечение ADEM (Automated Design Engineering Manufacturing). Российская интегрированная ADEM CAD/CAM/CAPP – система, предназначенная для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП). ADEM был создан как единый продукт, включающий в себя инструментарий для проектантов и конструкторов (CAD), технологов (CAPP) и программистов ЧПУ (CAM). Поэтому он содержит нескольких различных предметно-ориентированных САПР под единой логикой управления и на единой информационной базе [1]. Аналог функциональности подобного продукта можно составить только из нескольких профессиональных систем, но при этом вряд ли можно добиться той синхронизации и глубокого взаимодействия, которую обеспечивает глубоко интегрированная CAD/CAM/CAPP система ADEM. Группа компаний и торговая марка ADEM широко известны не только в России, но и далеко за ее пределами. Более двух десятилетий компания разрабатывает и внедряет программное обеспечение во многих отраслях и на предприятиях машиностроения. Среди них «Российская самолетостроительная корпорация “МиГ”», ПАО «Компания “Сухой”», Государственный космический НПЦ имени М. В. Хруничева, Концерн «Калашников», предприятия Госкорпорации «Росатом», ОАО «Челябинский радиозавод «Полет» и многие другие предприятия.

Технологическая часть единого информационного пространства предприятия должна включать модули – CAD, CAM, CAPP и GPP, что и обеспечивает программный комплекс ADEM CAD/CAM/CAPP.

В модуле CAD:

- возможность выполнять 2d и 3d моделирование любой сложности;
- оформление и выпуск КД в полном соответствии с требованиями ЕСКД;
- ассоциативная связь объемной модели и чертежных видов;
- автоматизация пересчета и простановки размеров от указанной точки привязки;

- возможность в полной мере разрабатывать технологические эскизы;
- экспорт и импорт из любых CAD систем, в том числе прямое чтение из SolidWorks и Компас.

В модуле CAPP:
- проектирование единичных, групповых и типовых технологических процессов;
- получение информации из конструкторских документов (чертеж, 3d модель);
- проектирование маршрута (диалоговое или автоматическое);
- оснащение проектируемого технологического процесса оборудованием, инструментом, приспособлением и др.;
- расчет основных режимов обработки;
- материальное и трудовое нормирование;
- формирование полного комплекта технологической документации в соответствии с требованиями ЕСТД;
- единое технологическое пространство, одновременно содержащее информацию об операциях, выполняемых на универсальном оборудовании и станках с ЧПУ;
- единая информационная база данных с нормативно-справочной информацией по операциям, переходам, оборудованию, оснастке, материалам с возможностью дополнения;
- автоматическое формирование элементов ТП на основе геометрической информации;
- автоматические сервисы по подбору средств измерения, формирования карты контроля, обработке отверстий, канавок и др.;
- автоматическое нормирование объектов ТП для любого типа производства, определение норм времени – основного, вспомогательного, подготовительно-заключительного, штучного в автоматическом режиме по общемашиностроительным нормативам;
- автоматический расчет режимов резания с учетом паспортных данных станка, геометрии обрабатываемого элемента, обрабатываемого материала и заготовки, геометрии и вида режущего инструмента, схемы крепления и др.

В модуле CAM:
- выбор стратегий обработки;
- учет 3D заготовки;
- выбор способа похода и врезания инструмента в материал;
- моделирование обработки, в том числе со снятием материала и симуляцией кинематики оборудования;
- контроль размеров модели в процессе моделирования обработки;

- расчет времени работы каждого инструмента и подсчет общего машинного времени с учетом всех перемещений инструмента с занесением в технологические карты;
- добавление в маршрут обработки на оборудовании с ЧПУ информации, необходимой для оформления выходных документов (установочные переходы, переходы технического контроля, технические требования, примечания, приспособления и т. д.);
- разработка и оформление технологического процесса по переходам в соответствии с требованиями ЕСТД параллельно с разработкой управляющей программы.

В модуле GPP – открытый инструментарий для создания постпроцессоров.

Освоение технологического проектирования с использованием системы ADEM позволяет в короткие сроки подготовить специалиста технолога для решения достаточно сложных технологических задач в рамках подготовки производства, так как проектирование происходит в режиме диалога, с подсказками по возникающим проблемным ситуациям.

5. МОДУЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ ADEM CAM

Разработку управляющей программы для оборудования, как правило, выполняет программист, но с применением интегрированных CAD/CAM систем, эти функции вполне может освоить и выполнять технолог – разработчик технологической документации.

Перед разработкой управляющей программы необходимо ознакомиться с основными понятиями модуля CAM. CAM-система это программное обеспечение, которое автоматизирует расчеты траектории обработки на станке с ЧПУ. Траектория рассчитывается на основе двухмерной или трёхмерной геометрической модели изготавливаемой детали. Результатом работы с CAM-системой является файл траектории движения инструмента в формате CLDATA. На этапе постпроцессирования этот файл преобразуется постпроцессором в управляющую программу (УП). Постпроцессор обеспечивает конвертацию управляющей программы с языка CAM-системы CLDATA на язык, в котором может работать система ЧПУ конкретного станка (см. рис. 5.1).

МАРШРУТ ОБРАБОТКИ (ОПЕРАЦИЯ ЧПУ) – последовательность технологических объектов, который описывает что, как и в каком порядке будет обрабатываться (см. рис. 5.1).

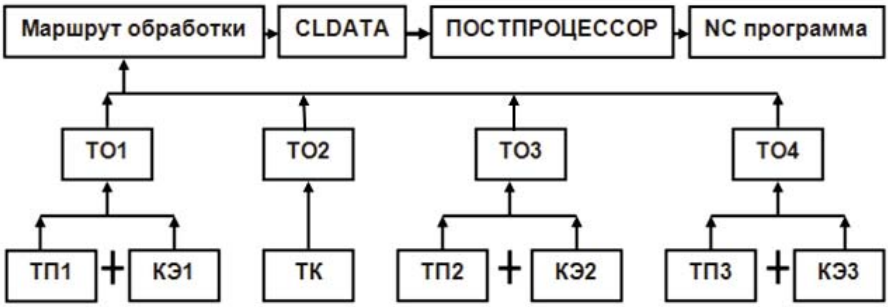


Рис. 5.1

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ (ТО) – каждый конструктивный элемент с определенным технологическим переходом или технологической командой.

КОНСТРУКТИВНЫЙ ЭЛЕМЕНТ (КЭ) – Конструктивный элемент – элемент детали, обрабатываемый за один технологический переход. В модуле ADEM CAM существует 15 типов конструктивных элементов, которыми описывается любая геометрия будущего изделия. Порядок задания для всех конструктивных элементов одинаков: выбор типа конструктивного элемента, задание параметров конструктивного элемента, указание контура или поверхности, определяющих границы конструктивного элемента.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД (ТП) – набор технологических параметров, определяющих стратегию обработки одного конструктивного элемента. Для создания технологического перехода нужно выбрать тип технологического перехода, задать параметры перехода и параметры инструмента.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КОМАНДА (ТК) – технологический объект, не связанный с непосредственной обработкой (снятием металла). Кроме вспомогательных технологических команд, Вы можете определить некоторые общие команды: начало цикла, плоскость холостых ходов и т. д.

CLDATA – последовательность команд станку. CLDATA содержит команды перемещения инструмента, команды, не связанные с перемещением инструмента (например, включение/выключение шпинделя, охлаждения), справочную информацию (название УП, модель станка и т. п.).

УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА (УП) – последовательность команд для определенного вида оборудования. Перед генерацией управляющей программы Вы должны рассчитать траекторию движения инструмента и выбрать конкретный вид оборудования (модель станка).

ОПЕРАЦИЯ ЧПУ (МАРШРУТ ОБРАБОТКИ) – является одной из составляющих общего техпроцесса, куда могут входить любые операции механообработки (в том числе и на универсальном оборудовании), а также прочие операции.

Создание технологических процессов, а также операций с ЧПУ происходит в модуле CAM/CAPP. Переключиться в этот модуль можно при помощи системного меню **Модуль – ADEM CAM/CAPP**.

Оборудование с ЧПУ требует эффективного автоматизированного программирования, которое осуществляется с использованием CAM систем. Это особенно необходимо при использовании высокоскоростной обработки, особенно фрезерования. Подготовка управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ ведется, как правило, на основе электронной 3D модели детали (изделия). По имеющемуся трехмерному изображению детали (изделия) можно – разработать технологическую схему его изготовления, выбрать стратегию обработки, назначить нужные траектории и инструмент, установить необходимую точность и шероховатость, определить возможное время обработки и др.

После подготовки УП, можно визуализировать вариант обработки в различных режимах, проверить УП на правильность, на взаимодействие элементов станка, определить пригодность выбранного инструмента и т. д. Как правило, имеющиеся в CAM системе настраиваемые постпроцессоры позволяют получить УП в кодах всех известных станков с ЧПУ.

ADEM CAM позволяет задавать технологические переходы, как для конструктивных элементов, состоящих из плоских 2D-контуров и 3D моделей, созданных в модуле **ADEM CAD,** так и для импортированных объемных 3D-моделей. **ADEM CAM** включает инструменты для редактирования технологического маршрута и моделирования процесса обработки. Результатом работы модуля **ADEM CAM** является, отлаженная в процессе моделирования,

управляющая программа для станка с ЧПУ. Вид экрана системы и расположение команд см. приложение 1.

Технологические объекты, составляющие технологический процесс обработки, являются ассоциативно связанными с геометрической моделью, созданной в ADEM CAD или импортированной из других систем проектирования. То есть все изменения внесенные конструктором в геометрическую модель проектируемого изделия, автоматически отражаются на технологическом процессе обработки.

Процесс создания технологического объекта на основе созданной или импортированной геометрической модели включает следующие стадии:

- создание технологического перехода (фрезеровать, сверлить, точить, пробить и т. п.) с определением места обработки (колодец, стенка, поверхность и т. п.). Результатом выполнения этого шага является созданный Технологический переход (объект в маршруте и дереве техпроцесса (ТО);
- повторение шага 1 для каждого технологического перехода;
- создание технологических команд (начало цикла, плоскость холостых ходов, стоп и т. п.).

Созданные технологические объекты располагаются в правильном порядке:

1. Расчет траектории движения инструмента.
2. Выполнение моделирования процесса обработки.
3. Создание управляющей программы.

До начала генерации управляющей программы, выбирается тип оборудования и указывается ряд дополнительных параметров. Это можно сделать на любом этапе работы в ADEM CAM, однако рекомендуется задать все необходимые установки в начале работы над проектом, так как информация, содержащаяся в постпроцессоре, может оказывать влияние на формирование траектории движения инструмента. (Например, отсутствие кругового интерполятора вызовет формирование траектории движения инструмента, содержащей только линейные перемещения).

Главную роль в определении места обработки играет тип конструктивного элемента. От него зависит, каким образом система будет анализировать и интерпретировать параметры выбранных контуров: глубину контура, начальные и конечные точки, положение материала относительно контура и т. д. В системе ADEM для каждого технологического объекта заранее определены допустимые типы КЭ. Их можно условно разделить на несколько групп – для фрезерной, токарной и лазерной обработки.

КЭ для фрезерной обработки, листопробивки и операций резания – колодец, уступ, стенка, окно, плоскость, паз, плита, поверхность, кривая. КЭ для сверлильной обработки – отверстие, группа точек. КЭ для токарной обработки – торец, область, резьба. КЭ для лазерной обработки – внешний контур, внутренний контур, автоконтур. Дополнительный тип КЭ – текст.

Описания и изображения КЭ для фрезерной обработки приведены ниже.

Колодец – это конструктивный элемент, у которого внешний ограничивающий контур всегда замкнут и обработка идет внутри этого контура (рис. 5.2).

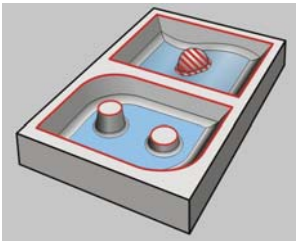


Рис. 5.2

Уступ – это конструктивный элемент, внешняя граница которого задается двумя незамкнутыми контурами (рис. 5.3).

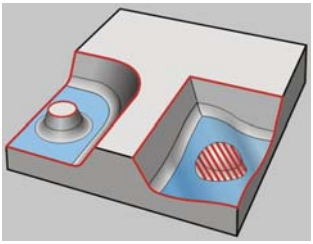


Рис. 5.3

Стенка – это конструктивный элемент, который может иметь замкнутый или незамкнутый ограничивающий контур. Если контур замкнутый, обработка производится всегда с его внешней стороны (рис. 5.4).

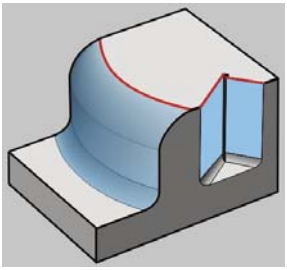


Рис. 5.4

Окно – это конструктивный элемент, который может иметь замкнутый или незамкнутый ограничивающий контур. Если контур замкнутый, обработка производится всегда с его внутренней стороны (рис. 5.5).

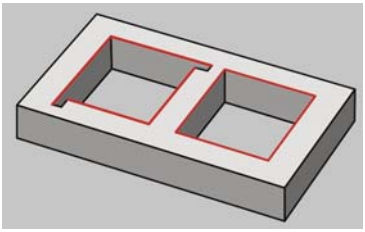


Рис. 5.5

Поверхность – это конструктивный элемент, определяемый поверхностью 3D-модели (рис. 5.6).

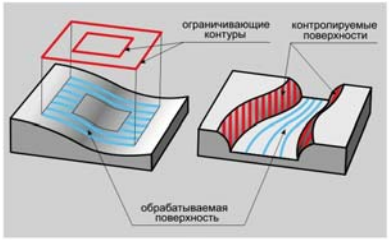


Рис. 5.6

Способы фрезерной обработки вышеперечисленных конструктивных элементов **Фрезерование 2.5, Фрезерование 3X, Фрезерование 5X, Фрезерование с постоянным уровнем Z, Плунжерное фрезерование** включаются через кнопки на панели инструментов (рис. 5.7).

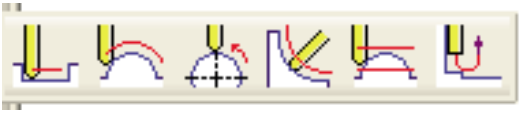


Рис. 5.7

Описания и изображения конструктивных элементов для токарной обработки приведены ниже.

Торец – это конструктивный элемент, расположенный в плоскости, перпендикулярной оси вращения детали, и определяемый тремя точками (рис. 5.8).

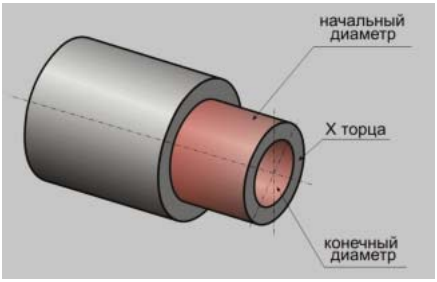


Рис. 5.8

Область – это конструктивный элемент, определяющий снимаемый припуск (рис. 5.9).

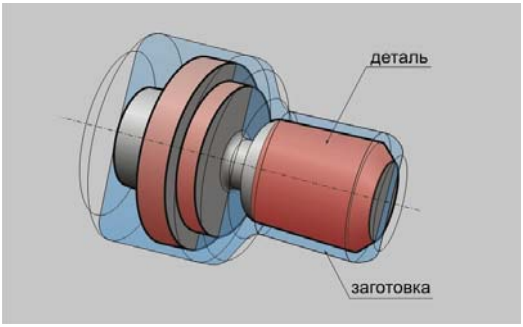


Рис. 5.9

Способы токарной обработки вышеперечисленных конструктивных элементов **Точить, Расточить, Подрезать, Отрезать, Нарезать резьбу, Сверлить, Центровать, Зенкеровать, Развернуть, Нарезать резьбу метчиком** включаются через кнопки на панели инструментов (рис. 5.10).



Рис. 5.10

Описания и изображения конструктивных элементов для сверлильной обработки приведены ниже.

Отверстие – это конструктивный элемент определяемый группой точек.

Группа точек – набор геометрических элементов, определяющих положение центров отверстий (рис. 5.11).

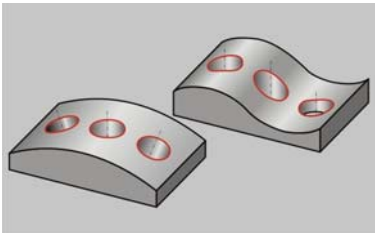


Рис. 5.11

Способы сверлильной обработки конструктивных элементов **Сверлить, Центровать, Зенкеровать, Развернуть, Нарезать резьбу, Расточить** включаются через кнопки на панели инструментов (рис. 5.12).



Рис. 5.12

В ADEM CAM используются технологические переходы, как для конструктивных элементов, состоящих из плоских 2D-контуров и 3D моделей, созданных в модуле ADEM CAD [3], так и для импортированных объемных 3D-моделей. В ADEM CAM используем инструменты для редактирования технологического маршрута и моделирования процесса обработки.

В результате работы по предлагаемой методике в модуле ADEM CAM создаётся, отлаженная в процессе моделирования, управляющая программа для станка с ЧПУ и комплект технологической документации. Технологические объекты, составляющие технологический процесс обработки, являются ассоциативно связанными с геометрической моделью, созданной в ADEM CAD или импортированной из других систем проектирования [3]. То есть все изменения внесенные конструктором в геометрическую модель проектируемого изделия, автоматически отражаются на технологическом процессе обработки.

5.1. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ для отдельного конструктивного элемента

Последовательность действий по разработке управляющей программы по отдельному конструктивному элементу для обработке изделия на станке с ЧПУ отражена в алгоритме (см. рис. 5.13). Исходными данными для проектирования является разработанная конструкторская документация на изделие подвергаемой обработке.

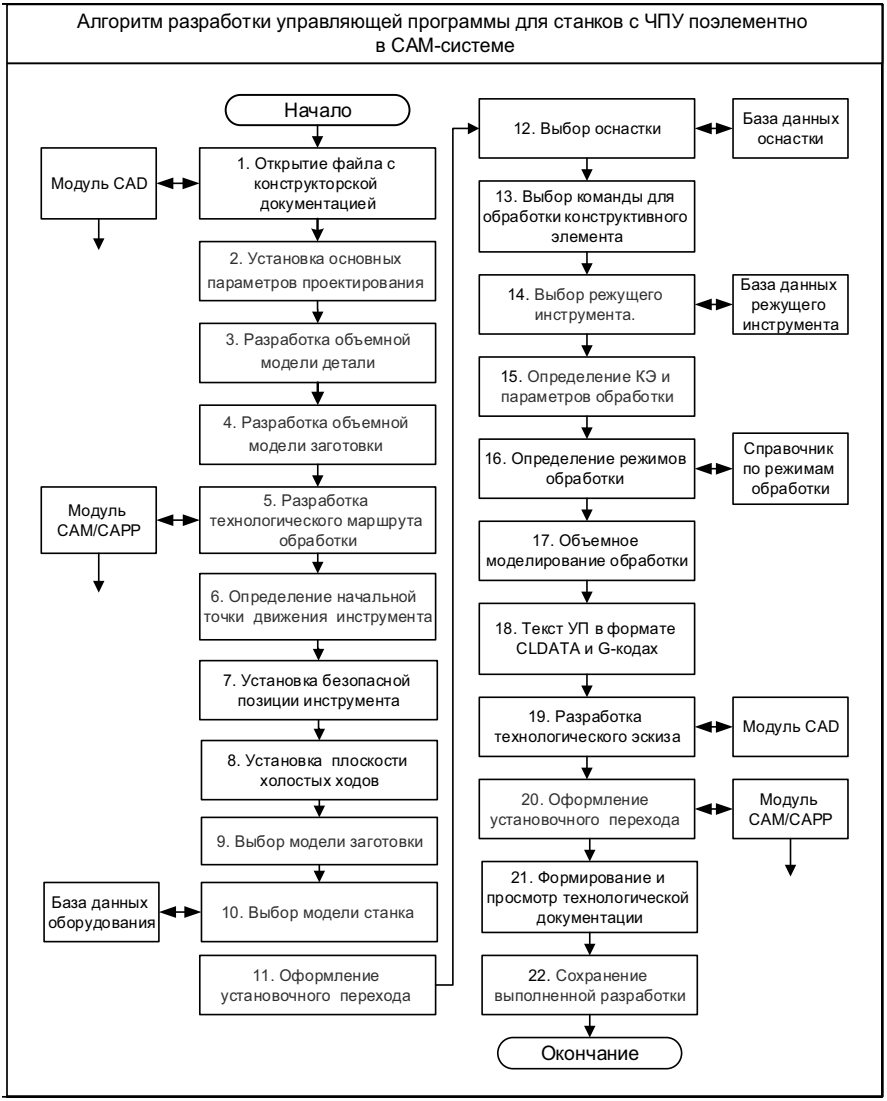


Рис. 5.13

Для начала проектирования в модуле CAD открывается файл с нужной конструкторской документацией, по общему виду изделия будут выполняться объемные модели изделия и заготовки.

1. Для выполнения объемных моделей изделия и заготовки в модуле CAD выполняется установка основных параметров проектирования – выбор