

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Шамсутдинов Расим Адегамович

Должность: Директор ЛФ КИИ

Дата подписания: 30.12.2020 16:09:46

Уникальный программный ключ:

d31c25eab5d6fbb0cc50e05a64dfdc00529a085e3a993ad1080663082c961114

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования «Казанский национальный исследовательский**  
**технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»**  
**Лениногорский филиал**

---

Печенкин М.В.

Обработка на станках с ЧПУ

Методические рекомендации по выполнению курсовой работы  
для обучающихся по направлению  
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств», профиль «Технологии, оборудование и  
автоматизация машиностроительных производств»

(Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании кафедры Технологии машиностроения и приборостроения 25.10.2017, протокол №3)

Лениногорск 2017

## **Курсовая работа**

выполняется по теме:

“Проектирование операционной технологии обработки детали с разработкой управляющей программы к станку с ЧПУ”

**Цель работы:** Освоение методологии и средств автоматизированного проектирования операционной технологии и управляющих программ к станкам с ЧПУ в среде CAD/CAM систем

### **Содержание и разделы курсовой работы**

Курсовая работа содержит следующие разделы:

- графическую часть, выполняется на листе формата А1;
- расчетно-пояснительную записку;
- операционную технологию на заданную операцию;
- управляющую программу в виде покадровой записи (раскадровки) с расшифровкой слов в кадрах;
- список использованной литературы.

### **Задание на курсовую работу**

Студент получает индивидуальное задание на разработку технологии многопереходной операции с получением управляющей программы к станку с ЧПУ.

### **Графическая часть**

В графической части представляется попереходный план обработки детали в операции, выполняемой на станке с ЧПУ.

На листе формата А1 представляются:

1. Операционный эскиз детали с указанием всех операционных размеров, выдерживаемых в данной операции. Контуры обрабатываемых поверхностей

детали выделяются утолщенными линиями. Размеры указываются номинальными значениями с предельными отклонениями.

2. В плане операции указывается порядок выполнения переходов последовательно друг за другом согласно разработанной операционной технологии.

В каждом отдельно выполняемом переходе указываются:

- эскиз детали с выделением обрабатываемых в этом переходе контуров поверхностей;
- траектория движения центра инструмента (эквидистанта) с указанием всех пронумерованных опорных точек, включая начальную и конечную точки; для токарной операции траектория указывается в одной плоскости - XOZ; для фрезерной и сверлильной операции траектория указывается как минимум в двух плоскостях: в горизонтальной XOY и вертикальной ZOZ; при компьютерном моделировании траекторию представляют в трехмерном изометрическом виде;
- геометрия режущей части (конфигурация) инструмента с выделенной заранее точкой, которая принимается за центр инструмента и движение которой задается в управляющей программе;
- радиус инструмента, размеры вылетов инструмента по соответствующим осям и номер инструмента в магазине;
- поля штампа заполняются наименованиями:
  - “ Курсовая работа ”
  - “ План переходов оп.040 на станке с ЧПУ ”
  - “ Материал детали “

## **Состав и разделы расчетно-пояснительной записки**

**1. Анализ состояния и методов разработки управляющих программ к станкам с ЧПУ в области технологической подготовки производства.**

## **2. Особенности обработки деталей на станках с ЧПУ. Преимущества и прогрессивность станков с ЧПУ.**

### **3. Технические данные станков с ЧПУ**

- габаритные размеры,
- размеры рабочей зоны,
- диапазоны рабочей подачи,
- скорость быстрого хода ( холостого хода ),
- тип привода,
- диапазоны оборотов шпинделя,
- мощность двигателя и т.д.

### **4. Технические данные устройства ЧПУ**

- название ( марка ) УЧПУ,
- уровень или тип УЧПУ ( NC, HNC, SNC, CNC, DNC и другие типы ),
- назначение и область применения УЧПУ,
- вид управления ( позиционный, контурный, позиционно-контурный ),
- тип интерполятора ( линейно-круговой, параболический, полиномиальный, эвольвентный, объемный линейный, объемный винтовой и другие виды ),
- общее число управляемых координат, характер движений: поступательные или вращательные,
- число одновременно управляемых координат,
- система координат станка с ЧПУ ( декартовая, сферическая, полярная ),
- направление осей системы координат станка с ЧПУ, положение оси Z на станке,
- цена импульса ( дискрета ) по осям,
- замкнутого или разомкнутого типа УЧПУ, наличие датчиков обратной связи,
- формат кадра управляющей программы, форматы и правила записи слов в кадре,
- состав главного кадра УП,

- признаки ( символы ) начала программы, конца программы, конца кадра,
- возможность коррекции инструмента ( линейная, радиусная ),
- наличие постоянных ( стандартных ) циклов для обработки отверстий,
- возможность создания и вызова подпрограмм ( допускаемая степень вложенности подпрограмм ),
- средства отладки и редактирования программ,
- наличие “ плавающего “ нуля”,
- способы программирования, задания координат в УП : абсолютным методом или относительным методом ( по приращениям ),
- наличие средств отображения состояния обрабатываемой управляющей программы,
- тип привода,
- элементная база и другие характеристики УЧПУ.

## **5. Состав подготовительной функции G**

Необходимо привести набор значений подготовительной функции G, используемый при проектировании управляющей программы для данной операции технологического процесса. Допускается при большом количестве реализованных в данном УЧПУ функций G сделать выборку тех значений, которые используются в управляющей программе.

Указать разбиение функций на группы, принадлежность каждой функции к определенной группе и их различия по области действия ( только в том кадре, где функция записана, или ее действие распространяется и на последующие кадры УП ).

Расшифровать содержание, назначение всех подготовительных функций G, приведенных в наборе.

## **6. Состав вспомогательной функции М**

Необходимо привести набор значений и содержание всех вспомогательных функции М, используемых в проектируемой управляющей программе.

Указать возможное разбиение на группы и принадлежность каждой функции к определенной группе.

Указать характер и свойства действия вспомогательной функции М:

- в начале кадра,
- в конце кадра,
- на протяжении отработки всего кадра.

## **7. Характеристика системы и средств автоматизированного проектирования управляющих программ к станкам с ЧПУ**

В пояснительной записке необходимо дать обзор и состояние вопроса по системам и средствам автоматизированного проектирования управляющих программ к станкам с ЧПУ.

В настоящее время на предприятиях функционируют автономные САП, например “ АРТ РС “, “ УФА РС “, “ ГЕРТА “, с помощью которых , как правило, проектируют обработку в 2 и 2.5 координаты, реже в 3 координаты.

Наибольшее распространение получает использование автономного модуля NC ( ЧПУ ) в части САМ, имеющегося или подключаемого в интегрированных сквозных САПР типа CAD/CAM. Такие встроенные модули NC ( ЧПУ ) имеют CAD/CAM системы: UNIGRAPHICS, ADEM и ряд других.

К системе КОМПАС GRAPHICS подключается модуль NC ( ЧПУ ) под названием ГЕММА 3D.

В разделе 8 данных методических указаний приведена общая методология сквозного проектирования управляющих программ в системе типа CAD/CAM ADEM.

## **8. Методология сквозного проектирования управляющих программ к станкам с ЧПУ в системе CAD/CAM ADEM**

### **8.1 Работа в модуле ADEM 2D. Построение 2D – модели детали**

Работа в модуле ADEM 2D начинается с его загрузки и настройки панели инструментов. Возможна загрузка конфигурации панелей инструментов по умолчанию, далее изменения и настройки производятся по желанию и запросам пользователя.

Построение 2D – модели ведется на экране в абсолютной системе координат XOY, начало которой расположено в левом нижнем углу экрана, ось X расположена вдоль экрана, горизонтально, а ось Y расположена перпендикулярно оси X, по вертикальной оси экрана. Начало системы координат может быть смещено в виде «прыгающей» системы. Переключение осуществляется клавишами. Имеются команды настройки шага курсора и шага сетки экрана. По умолчанию эти параметры устанавливаются автоматически при загрузке модуля. В нижней части диалогового окна имеется статусная строка, в которой высвечиваются координаты движения курсора по экрану, шаг и угол наклона движения курсора относительно оси X. За статусной строкой расположена строка диалога и текущей информации о выполнении выбранной команды.

Формирование чертежа детали, контуров 2D-модели может выполняться в различных слоях. Имеется несколько рабочих слоев, которые задаются своими именами и между которыми возможно переключение. Имеется один вспомогательный слой, в котором возможны различные вспомогательные построения, например сетка размерных линий, используемая в дальнейшем для выполнения точных построений чертежа детали.

В ADEM 2D возможны два варианта построения чертежа: первый вариант – эскизное построение и второй вариант – точное построение с выдерживанием всех размеров, а в дальнейшем с автоматической их

проставкой. Для разработки УП к станкам с ЧПУ необходимо иметь 2D – модель детали, выполненную по размерам чертежа детали или по размерам операционного эскиза, то есть с использованием метода точных построений.

Для построения чертежа детали используются команды рисования линий и контуров. Команды рисования линий включает в себя: отрезок прямой; ломаная линия; плавная линия (по точкам строится сплайн); дуга с заданным центром; дуга по трем точкам; дуга с осевыми линиями. Команды рисования контуров включают в себя: ломаный контур; плавный контур; прямоугольник, прямоугольник с горизонтальной осевой линией; прямоугольник с вертикальной осевой линией; окружность, заданная

центром и точкой; окружность с осевыми линиями; окружность заданного диаметра; окружность заданного диаметра с осевыми линиями; многоугольник.

В модуле ADEM 2D предусмотрено несколько типов линий и штриховок, а также текстур, покрывающих область. Все типы линий соответствуют стандартам ЕСКД. Это основная (толстая) линия. При начале работы над чертежом она выбирается по умолчанию; тонкая, вспомогательная линия; штриховая линия, пунктирная линия; штрих – пунктирная линия; штрих – пунктирная линия с двумя точками; невидимая линия.

Тип линий выбирается до начала выполнения команд рисования. Предусмотрена возможность изменения типа линий в уже начерченных геометрических элементах.

Редактирование элементов чертежа производится после их выделения в группу с последующим маркированием, то есть изменением цветности. Над выделенными элементами возможно использовать действие следующих команд: «стирать», «масштаб», «перенос», «поворот», «копия», «симметрия», «корректировка».

Возможно также изменение части построенного элемента путем использования вариантов команды «триммирование»: обрезка, вырезание,

обрезка угла. Для редактирования также используется команда «удаления» или «добавления» узла в построенный контур. Возможно построение фаски с заданными размерами и скругление угла определенным радиусом.

При построении 2D– модели деталей используется большинство из указанных выше команд, так как чертежи выполняются в режиме точных построений. После выполнения чертежа используются команды простановки и редактирования линейных и угловых размеров; а также команды для указания допусков формы и взаимного расположения поверхностей; знаков баз, опорных элементов и шероховатостей.

## **8.2 Работа в модуле ADEM 3D. Построение 3D-модели детали**

В модуле ADEM 3D имеется большой арсенал средств твердотельного моделирования. Любые плоские и пространственные объекты ADEM могут быть использованы для построения объемных тел. И наоборот, любые тела могут быть задействованы для создания плоских и пространственных объектов. Таким образом, обеспечено единое 2D/3D пространство.

Имеются все известные методы построения объемных тел: смещение, движение, вращение, по сечениям, слияние и другие.

К модифицирующим операциям относятся: округление постоянным радиусом, создание фасок, булевы операции и множество их комбинаций.

Все построения отражаются в дереве, в которое можно вносить изменения с последующей регенерацией модели.

При редактировании или построения какого-либо профиля имеется доступ ко всем объектам пространства и к их проекциям на рабочую плоскость для привязок и ссылок.

Традиционные виды построения – смещение и движение профиля – имеют в системе дополнительные возможности, такие как учет нормали к поверхности или угла к нормали.

Модели из других систем, имеющие дефекты, могут быть автоматически или полуавтоматически исправлены средствами ADEM.

В ADEM 3D включена функциональность, свойственная системам поверхностного моделирования. Обеспечен органичный переход от твердых тел к поверхностям и обратно.

Любая поверхность или группа поверхностей в системе является равноправным объемным телом, с которым можно производить не только локальные: обрезка, продление, перетяжка и т.п., но и все остальные процедуры: булевы скругления и другие.

### **8.3 Проектирование управляющих программ для фрезерной обработки**

#### **Плоское фрезерование 2х-2.5х**

Ввод данных для плоской обработки может производиться как плоскими контурами, так и с объемной модели.

Модуль плоского фрезерования реализует множество различных стратегий обработки: зигзаг/петля, прямая и обратная эквидистанты, спираль, контурный зигзаг и другие. Конструктивный элемент может содержать произвольное число внутренних островов различной высоты и сквозных отверстий на дне. Система распознает подобные случаи и формирует обработку таким образом чтобы автоматически доработать острова, лежащие ниже других или не формировать перемещения в воздухе.

Имеется уникальная возможность обработки элементов, имеющих произвольный профиль стенки. Профиль может быть определен углом наклона, задан отдельным контуром или формироваться автоматически по двум контурам. Например, можно обработать колодец или окно, у которых верхний контур является квадратом, а нижнее – окружностью. В процессе обработки можно контролировать качество поверхности, определив максимальную высоту оставляемого гребешка.

Реализован контроль коллизий между инструментом и деталью, в первую очередь при выполнении операции врезания и подходах/отходах к контуру. Автоматическое выделение и доработка зон недоступности.

## **Объемное фрезерование 3х-5х**

Генерация управляющих программ на объемное фрезерование производится на основе объемной модели.

Система поддерживает различные стратегии черновой, получистовой и чистовой обработки: зигзаг с произвольным углом, контурный зигзаг, спираль, обработка по UV – линиям и другие.

Можно задавать необходимое качество обработки параметрами высота гребешка и/или глубина резания; при совместном использовании этих параметров система выбирает для следующего прохода наиболее рациональный.

Можно менять точность аппроксимации и заменять линейные перемещения дугами. Выполняется автоматическое «затягивание» разрывов между поверхностями в процессе обработки. Для ограничения зоны обработки, например для выделения элементов детали, близких вертикали или горизонтали, можно использовать специальный вид обработки «в диапазоне углов». Подходы и отходы к поверхности могут быть выполнены по разным схемам. В 5-ти координатной обработке разворот инструмента можно производить в начале участка подхода. Помимо традиционно многоосевого фрезерования в АДЕМ реализовано 5-ти координатная обработка малкованных стенок боковой частью фрезы.

### **8.4 Основные принципы и элементы объектного проектирования в модуле ADEM NC (ADEM CAM )**

Любую деталь, подлежащую обработке, можно представить набором конструктивных элементов (КЭ). Например, для фрезерной обработки это плоскость, колодец с островами, стенка и т.д.

Обработка в ADEM NC выполняется поэлементно. Технологический объект (ТО) - это единица информации об обработке в модуле NC, он содержит данные об обработке одного КЭ. Эти данные могут быть разделены на две части:

### **Информация о конструкции:**

1. тип конструктивного элемента (КОЛОДЕЦ, УСТУП и т. д.)
2. параметры конструктивного элемента (глубина, припуск на дне и др.)
3. геометрия конструктивного элемента (контуры)

### **Информация о технологии:**

1. тип технологического перехода (ФРЕЗЕРОВАТЬ, ТОЧИТЬ и т.д.)
2. параметры технологических переходов (подача, частота вращения шпинделя и др.)

Геометрия конструктивных элементов - это геометрическая модель, на базе которой разрабатывается УП. Она создается в модуле двумерного моделирования ADEM 2D и ADEM 3D.

Технологический объект, содержащий информацию об обработке одного КЭ, называется также пара переход/конструктивный элемент (пара ТП/КЭ).

Система сохраняет связь между технологическими объектами и геометрическими элементами, на базе которых они созданы. Если обрабатываемый контур модифицирован в ADEM 2D, то не нужно заново проектировать обработку, достаточно пересчитать траекторию инструмента со старыми параметрами конструктивных элементов и технологических переходов. Это справедливо и для параметрических геометрических моделей.

Технологические объекты могут быть параметрически связаны между собой. Например, несколько технологических объектов могут быть созданы с одним конструктивным элементом. Тогда, если меняется КЭ в одном из них, автоматически он меняется во всех остальных параметрически связанных технологических объектах.

Существуют также технологические объекты, не связанные с непосредственной обработкой (снятием металла). Такие ТО называются технологическими командами.

Технологические команды задают:

1. координаты начального положения инструмента и безопасной позиции.
2. плоскость холостых ходов при перемещении инструмента от одного КЭ к другому.

Маршрут обработки - это последовательность технологических объектов. При желании пользователь может изменить порядок технологических объектов, что приведет к изменению маршрута обработки.

После того, как создан маршрут обработки запускается команда Процессор, которая на основе информации, содержащейся в ТО, рассчитывает перемещения инструмента, необходимые для обработки детали. Эта последовательность перемещений инструмента называется траекторией движения инструмента.

Результатом работы команды Процессор является CL DATA - последовательность команд станку. CL DATA содержит команды перемещения инструмента (собственно траекторию инструмента), команды не связанные с перемещением инструмента (например, включение/выключение шпинделя или охлаждения) и справочную информацию (название УП, модель станка и др.).

Результатом работы модуля ADEM NC является управляющая программа (УП) - последовательность команд станку в формате его стойки ЧПУ.

Команда Адаптер конвертирует CL DATA в УП соответствии с постпроцессором. Постпроцессор - это набор файлов, содержащих правила преобразования CL DATA в УП для конкретного станка. Для каждой модели станка/стойки ЧПУ в модуле ADEM GPP создается свой собственный

постпроцессор.

Итак, работа в модуле состоит из трех основных этапов (более подробно последовательность действий описана в следующем разделе):

- создание маршрута обработки,
- получение CL DATA на основе созданного маршрута обработки,
- преобразования CL DATA в УП.

В ADEM NC существует две системы координат: система координат базы данных (СКБД) и пользовательская система координат (ПСК).

СКБД как и в модуле ADEM 2D располагается в левом нижнем углу листа чертежа. ПСК может быть размещена пользователем там, где это требуется. Координаты всех перемещений инструмента в CL DATA и в УП выражены относительно ПСК.

Проект - это один маршрут обработки. Существует возможность в одном файле создать несколько проектов (маршрутов обработки) и для каждого из них получить свою УП, таким образом получить на базе одной геометрической модели различные УП для различных станков. Кроме того, один проект может быть вызван из другого. Так в системе может быть разработана УП с подпрограммами.

### **8.5 Этапы работы при разработке управляющей программы**

Перед началом проектирования обработки в модуле ADEM 2D или ADEM 3D должна быть создана геометрическая модель обрабатываемой детали.

Процесс получения управляющей программы (УП) состоит из следующих основных этапов:

- Создание последовательности технологических объектов;
- Расчет траектории движения инструмента;
- Моделирование обработки на экране;
- Просмотр траектории инструмента (CL DATA);

- Получение УП;
- Просмотр УП;
- Запись УП на диск.

### **Создание последовательности технологических объектов**

Технологический объект (ТО) создается в два этапа:

- Описывается конструктивный элемент
- Описывается технологический переход

Технологическая команда, которая также является технологическим объектом, создается вызовом одной из команд, расположенных вдоль правого края экрана.

Созданные технологические объекты образуют последовательность, которая является маршрутом обработки. Технологические объекты можно менять местами, копировать, удалять, редактировать, тем самым изменяя маршрут обработки.

### **Расчет траектории движения инструмента**

После создания технологических объектов можно рассчитать для них траекторию движения инструмента. Для этого используется команда **Процессор**.

### **Моделирование обработки на экране**

Созданный процесс обработки может быть наглядно продемонстрирован на экране монитора. Это производится с помощью одной из команд моделирования.

Для моделирования должна быть рассчитана траектория движения инструмента.

### **Просмотр CL DATA**

Если моделирования обработки оказалось недостаточно и все еще есть сомнения относительно правильности созданной Вами траектории инструмента, Вы можете просмотреть ее в формате CL DATA.

Для этих целей следует использовать команды: **Просмотр CL DATA и Редактор CL DATA.**

### **Получение управляющей программы**

Рассчитанная и проверенная траектория движения инструмента преобразуется в УП для конкретной модели станка с ЧПУ. Для этого используется команда **Адаптер.**

При формировании УП используется постпроцессор. Выбор конкретного постпроцессора осуществляется автоматически по имени станка, которое задается командой СТАН.

Создание и отладка постпроцессоров производится в модуле ADEM GPP.

Проконтролировать работу постпроцессора можно с помощью команды **Просмотр УП.**

### **Запись УП на диск**

Полученная в результате работы постпроцессора управляющая программа должна быть записана на диск с конкретным именем.

## **Состав операционной технологии**

В операционной карте необходимо указать: номер операции, марку станка с ЧПУ, последовательность обработки поверхностей, режим обработки для каждой поверхности.

В операционном эскизе представляется контур обрабатываемой детали с указанием баз, параметрами шероховатости, выдерживаемыми операционными размерами.

В карте наладок должны быть представлены эскизы инструментов с указанием их геометрии, точки центра и размеров вылетов по осям.

## **Управляющая программа к станку с ЧПУ**

Разработанная для заданной операции технологического процесса управляющая программа к станку с ЧПУ представляется в виде покадровой записи ( раскадровки ), в которой отражается последовательность выполняемых в операции переходов и смена инструмента.

Необходимо расшифровать представленный массив данных, а именно: для определенных кадров управляющей программы записать содержание отдельных слов с указанием номера кадра, действующих в нем подготовительных функций, размерных перемещений, рабочей или ускоренной подачи, технологических функций. Номера кадров для подробного изложения их содержания указываются преподавателем.

Допускается также представление управляющей программы в виде массива данных CL DATA с расшифровкой отдельных элементов траектории движения инструмента.

## Кафедра ТМиП

Студенту \_\_\_\_\_

Группы \_\_\_\_\_

### **ЗАДАНИЕ**

на курсовую работу по дисциплине

### **Обработка на станках с ЧПУ**

**Тема:** “ Проектирование операционной технологии обработки детали с разработкой управляющей программы к станку с ЧПУ ”

### **ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ**

1. Деталь - -----
2. Операционная технология на операцию -----
3. Станок с ЧПУ – -----

Дата выдачи задания \_\_\_\_\_

Срок защиты студентами курсовой работы \_\_\_\_\_

Задание принял к исполнению \_\_\_\_\_

Руководитель курсовой работы \_\_\_\_\_