

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«ХАРЬКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**Гарщенко Я.Н.**

**ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ ПО КУРСУ  
«3D моделирование режущего инструмента»**

**Харьков 2011**

## **Модуль 1. Проектирование инструментов в CAD системе PowerShape (3D моделирование).**

**Лекция 1. Анализ современного состояния и развития информационно-компьютерных технологий в области проектирования изделий. Цель и задачи дисциплины. Что студенты должны знать, уметь после изучения дисциплины. Основные определения в области информационно-компьютерных технологий для инструментального производства.**

### **Краткое содержание.**

В настоящее время в промышленно развитых странах широко распространяются новые информационные технологии сквозной поддержки сложной наукоемкой продукции на всех этапах ее жизненного цикла, в т.ч.: на этапах технического замысла, проектирования, производства, продажи, эксплуатации и сервисного обслуживания. Существующая стратегия систематического повышения эффективности, производительности и рентабельности процессов хозяйственной деятельности предприятия, а также объединения современных методов информационного взаимодействия этапов жизненного цикла продукции называется CALS-технологиями (Continuous Acquisition and Life-cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла продукта).

Базирующиеся на стандартизованном едином электронном представлении данных и коллективном доступе к ним, эти технологии позволяют существенно упростить проектирование, производство, продажу, эксплуатацию и сервисное обслуживание сложного оборудования и повысить производительность труда на всех перечисленных этапах, как минимум, на 30%.

В условиях постоянного и значительного усложнения инженерно-технических проектов, программ разработки новой продукции и роста наукоемкости изделий конкурентоспособными становятся предприятия, достигшие совершенства в управлении бизнесом, обладающие отлаженными процессами проектирования, производства, поставки и поддержки продукта, ориентированные на функционирование в условиях быстроменяющейся экономической ситуации и способные мгновенно реагировать на возникающие новые запросы рынка.

Внедрение CALS-технологий способствует преодолению барьеров внутри и между различными организациями за счет создания единой электронной среды производимых изделий и обрабатываемой информации, позволяет создавать виртуальные предприятия посредством интернет-технологий, участники которых могут находиться на любом расстоянии друг от друга. CALS охватывает и сводит воедино широкую гамму средств, инструментов и методов, используемых для совершенствования, поддержки и обеспечения хозяйственной деятельности предприятий. В настоящее время в машиностроении, как и в других сферах человеческой деятельности, существует программное обеспечение, позволяющее автоматизировать практически всю научно-техническую и инженерную деятельность предприятия на этапах проектирования и производства. Каждый класс этого программного обеспечения позволяет автоматизировать конкретный участок деятельности, а функциональность любой системы определяется набором данных, которые она использует.

В общем случае используемые на этапах проектирования и производства информационные технологии можно разделить на следующие классы:

CAD/CAM (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing) – системы автоматизированного проектирования изделий и технологий их изготовления (Catia, Unigraphics, ProEngineer, PowerSOLUTION, SolidWorks, Sprut, Компас, T-FLEX и др.);

CAE (Computer Aided Engineering) – системы автоматизированного инженерного анализа деталей и машин (Nastran, Ansys, Compas и др.);

PDM (Product Data Management) – системы автоматизированного управления базами данных об изделии (IMAN, Optegra, Enivia и др.);

Project Management – автоматизированные системы управления процессом проектирования и системы планирования (WorkFlow, DocFlow и Project Planing);

MRP (Material Requirements Planning) – автоматизированные системы управления производством (SAP R/3, BAAN, Галактика и др.).

Большинство используемых терминов в области автоматизации проектирования имеют постоянные английские аббревиатуры, которые в последнее время широко применяются в русскоязычных технических текстах посвященных САПР.

Перечень основных терминов в области автоматизации проектирования: AEC CAD (Architecture Engineering and Construction CAD); BOM (Bill of Material); CAD (Computer-Aided Design); CAE (Computer-Aided Engineering); CAM (Computer-Aided Manufacturing); CAPP (Computer-Aided Process Planning); CAx (Computer-Aided); CIM (Computer-Integrated Manufacturing); CNC (Computerized Numerical Control); CPD (Collaborative Product Development); CRM (Customer Relationship Management); CRP (Capacity Requirements Planning); DMU (Digital Mock-Up); DNC (Distributed Numerical Control); ECAD (Electronic CAD); EDA (Electronic Design Automation); ERP (Enterprise Resource Planning); HRM (Human Resource Management); CAD (Mechanical CAD); MES (Manufacturing Execution System); MPM (Manufacturing Process Management); MPS (Master Production Schedule); MRP (Material Requirement Planning); MRP II (Manufacturing Resource Planning); PDM (Product Data Management); PLM (Product Lifecycle Management); Rapid Prototyping; SCM (Supply Chain Management).

## **Лекция 2. Возможности CALS технологий и в частности CAD/CAM систем в проектировании инструментов и оснастки в машиностроении.**

CALS-технологии (англ. Continuous Acquisition and Life cycle Support - непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла) - современный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоёмкой продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия, обеспечивающая единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков / производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала, реализованная в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регламентирующих правила указанного взаимодействия преимущественно посредством электронного обмена данными.

ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла изделий) - русскоязычный аналог понятия CALS.

Применение CALS-технологий позволяет существенно сократить объёмы проектных работ, так как описания многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю технологий CALS. Существенно облегчается решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различного рода системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций и т. п. Предполагается, что успех на рынке сложной технической продукции будет немислим вне технологий CALS.

Развитие CALS-технологий должно привести к появлению так называемых виртуальных производств, в которых процесс создания спецификаций с информацией для программно управляемого технологического оборудования, достаточной для изготовления изделия, может быть распределён во времени и пространстве между многими организационно-автономными проектными студиями. Среди несомненных достижений CALS-технологий следует отметить лёгкость распространения передовых проектных решений, возможность многократного воспроизведения частей проекта в новых разработках и др.

Построение открытых распределённых автоматизированных систем для проектирования и управления в промышленности составляет основу современных CALS-технологий. Главная проблема их построения — обеспечение единообразного описания и интерпретации данных, независимо от места и времени их получения в общей системе,

имеющей масштабы вплоть до глобальных. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки её представления должны быть стандартизированными. Тогда становится реальной успешная работа над общим проектом разных коллективов, разделённых во времени и пространстве и использующих разные CAD/CAM/CAE-системы. Одна и та же конструкторская документация может быть использована многократно в разных проектах, а одна и та же технологическая документация — адаптирована к разным производственным условиям, что позволяет существенно сократить и удешевить общий цикл проектирования и производства. Кроме того, упрощается эксплуатация систем.

Для обеспечения информационной интеграции CALS использует стандарты IGES и STEP в качестве форматов данных. В CALS входят также стандарты электронного обмена данными, электронной технической документации и руководства для совершенствования процессов.

Разработаны ряд стандартов серии ИСО 10303 для CALS технологий.

В ряде источников данную аббревиатуру представляют, как Computer Aided Acquisition and Logistic Support. В 1985 году Министерство обороны США объявило планы создания глобальной автоматизированной системы электронного описания всех этапов проектирования, производства и эксплуатации продуктов военного назначения. За прошедшие годы CALS-технология получила широкое развитие в оборонной промышленности и военно-технической инфраструктуре Министерства обороны США. По имеющимся данным это позволило ускорить выполнение НИОКР на 30—40%, уменьшить затраты на закупку военной продукции на 30%, сократить сроки закупки ЗИП на 22%, а также в 9 раз сократить время на корректировку проектов.

### **Лекции 3-5. Введение в систему автоматизированного моделирования PowerShape. Интерфейс и принципы работы. Поверхностное моделирование.**

Одной из ведущих компаний — разработчиков CAD/CAM-систем является фирма Delcam plc (Великобритания). На сегодняшний день Delcam plc имеет более 125 представительств в 80 странах мира. Программное обеспечение Delcam используют более 9000 промышленных предприятий, таких как: Mercedes-Benz, Ford, Toyota, Volkswagen, Rover, Sony, LG, Daewoo, Siemens, Nokia, Nike, АвтоВАЗ, УралАЗ, Ижмаш, Московский монетный двор и мн. др.

История компании Delcam начинается с 1968 года с Кэмбриджского университета. Тогда группой «DELTA» под руководством математика Т.Госслинга была разработана первая версия программы DUCT, отличавшаяся возможностью оперировать локальными системами координат и возможностью создавать сложные криволинейные поверхности, используя при этом в качестве осевых линий сплайновые кривые Безье. Позже группа разработчиков выродилась в самостоятельное юридическое лицо, а фирма получила название DELCAM («DEL» — от прежнего названия «DELTA», «CAM» от наименования «Computer Aided Manufacturing»). Система DUCT была одной из первых интегрированных CAD/CAM-систем, имела интерфейс командной строки и работала под управлением операционной системы Unix. После популяризации графических операционных систем компании Microsoft, разработчики Delcam выпустили программный комплекс PowerSolution, который на сегодняшний день включает следующие пакеты:

PowerSHAPE — система автоматизированного геометрического моделирования;

PowerMILL — система автоматизированной технологической подготовки производства деталей сложной геометрии для 2,5-, 3-, 4- и 5-координатных фрезерных станков с ЧПУ;

ArtCAM — система создания художественных рельефов, имеющая встроенный модуль расчета управляющих программ для 2,5- и 3-координатных фрезерных станков с ЧПУ;

СоруCAD — система обратного проектирования готовых деталей по данным с координатно-измерительных машин (КИМ);

PowerINSPECT — система автоматизированного контроля деталей сложной геометрии с помощью КИМ.

Отличительной особенностью информационных технологий компании Delcam является возможность моделировать детали любой геометрической сложности, в т.ч. художественные барельефы, проектировать технологические процессы как для традиционных 2,5- и 3-координатных схем фрезерования, так и для многокоординатной фрезерной обработки с ЧПУ, учитывая особенности силового и высокоскоростного фрезерования.

Компания Delcam является одной из первых компаний-разработчиков программного обеспечения, которая начала активное внедрение САПР не только на предприятия, но и в систему российского образования. Взаимодействие компании-разработчика, промышленных предприятий и образовательных учреждений привело к формированию совместных проектов, заключению договоров на целевую подготовку специалистов, сокращению сроков адаптации выпускников на предприятиях и, в конечном итоге, повышению эффективности производства.

Система автоматизированного моделирования PowerShape является одним из представителей семейства программных продуктов нового поколения фирмы Delcam plc (Великобритания), объединенных под именем PowerSolution. Данная программа является удобным инструментом, позволяющим реализовать на компьютере любые дизайнерские идеи и решить самые сложные конструкторские задачи. Отличительной особенностью системы PowerShape является гибридное поверхностно-твёрдотельное моделирование, позволяющее создать математическую модель реальной детали любой геометрической сложности. Универсальность системы PowerShape достигнута возможностью оперировать объектами, представленными в различных математических формах: Безье, B-Spline и G2 – кривые; Безье и NURBS – поверхности. Динамическая 3D графика системы PowerShape позволяет вращать модель и получать изображение из любой точки пространства, а закрашивание модели дает фотореалистичное представление о будущем изделии.

Практическую значимость системы расширяют дополнительные модули, предназначенные для: выполнения сборок (PS-Assembly), конструирования штампов и пресс-форм (PS-Moldmaker), проектирования обуви (PS-Shoemaker), подготовки конструкторской документации (PS-Draft).

Панель видов служит для: выбора стандартных видов (виды вдоль соответствующих осей и изометрические виды), изменения вида (масштабирования, перемещения и вращения), анализа и закрашивания модели.

При создании новой модели, построение начинается относительно глобальной системы координат. Для конструирования простых геометрических объектов достаточно наличия одной глобальной системы координат. Однако, в случае, комплексного сложнопрофильного моделирования целесообразней использовать локальные системы координат (Workplanes). Их можно создавать в любой точке относительно глобального пространства и поворачивать на различные углы. Координаты центра локальных систем координат, как и координаты геометрических объектов, задают либо с помощью объектной привязки, либо через «Поле ввода координат».

Включите изометрический вид и двойным указанием левой кнопкой мыши по системе координат (СК) вызовите диалоговое окно изменения ее параметров.

Создайте еще несколько систем координат с произвольным центром.

Переместимся в левую нижнюю часть экрана. Там находится список всех имеющихся систем координат. Через данный список возможен переход от одной СК к другой. Справа имеются иконки для выбора активной плоскости. Выбор оси Z означает активизацию плоскости XY. Соответственно при выборе оси X активизируется плоскость YZ, а при выборе оси Y – плоскость XZ.

Геометрические объекты и различные методы их построения находятся в правой части главной панели инструментов и сгруппированы следующим образом: точки, линии, дуги, кривые, поверхности и твердые тела. Создание сложных поверхностей и твердых тел в большинстве случаев начинается с простого каркасного моделирования.

Поверхностное моделирование.

Поверхностью называется совокупность всех последовательных положений линий, непрерывно перемещающихся в пространстве. Любая поверхность имеет нулевую толщину и вектор нормали, показывающий её наружную сторону. Поверхности, создаваемые в системе PowerShape математически представлены в форме Безье и состоят из сети продольных и поперечных кривых, пересекающихся в опорных точках. Каждая опорная точка имеет пару касательных векторов в продольном и поперечном направлении, регулируя длину и направление которых можно изменять форму поверхности. На концах касательных векторов расположены контрольные точки, путем перемещения которых можно также менять форму поверхности. Участок поверхности между двумя соседними продольными и поперечными кривыми называется лоскутом. Продольные кривые в терминологии PowerShape называются лонгитудами, а поперечные – латералами. Порядковый номер каждой опорной точки на поверхностной кривой соответствует порядковому номеру кривой противоположного направления.

Поверхности бывают примитивными (плоскость, сфера, цилиндр, конус, тор и др.), линейчатыми (кривизна поверхности в одном направлении) и двойной кривизны.

Для построения поверхностей разработаны различные методы геометрического моделирования, доступ к которым возможен через выпадающее графическое меню «Поверхность».

**Лекции 6-11. Твёрдотельное моделирование в системе автоматизированного моделирования PowerShape. Работа с триангуляционной моделью. Примитивные модели. Создание модели за эскизом с использованием операций вытягивания и вращения. Булевы операции - добавление, отнимание и отсечения. Создание элементов модели. Основные операции с твёрдотельной моделью.**

Основная идея твёрдотельного моделирования состоит в том, чтобы обеспечить физическое представление геометрических объёмных тел и оперировать понятиями «Добавление/удаление материала». Корректное твёрдое тело содержит внутренний объём, ограниченный внешней поверхностью тела. Такое представление позволяет определять объём тела, его массу, моменты инерции, центр тяжести и др. Эти параметры важны для конструктора, поскольку являются критическими при оценке эффективности конструкции изделия.

Твёрдым телом называется объёмная компьютерная модель, наружные поверхности которой не имеют разрывов в местах сопряжения, а внутренний объём заполнен «твёрдым» материалом.

Несовершенство существующего математического аппарата систем твёрдотельного моделирования ограничивает возможности конструкторов в создании сложных форм. В большинстве существующих САД-систем для прямого построения тел используются примитивные объекты: параллелепипед, сфера, цилиндр, конус и тор. Нередко, в арсенал конструкторов входит набор инструментов для создания тел методами вытягивания и вращения контуров. Для формирования более сложных моделей обычно применяют Булевы операции с твёрдыми телами: сложение тел, вычитание тел и пересечение тел.

Разработчики системы PowerShape, в дополнение к вышесказанному, нашли эффективное решение для построения твёрдых тел любой геометрической сложности. Оно заключается в преобразовании граничащих между собой поверхностей, образующих замкнутое пространство, в твёрдые тела. Наряду с этим, стала доступна и обратная операция – конвертация тела в поверхности, которыми оно описано.

В связи с вышесказанным, система PowerShape позволяет выполнять гибридное поверхностно-твёрдотельное моделирование промышленных изделий любой степени сложности, предоставляя конструктору право выбирать оптимальные методы геометрических построений.

Инструменты, доступные для создания твёрдотельных моделей сгруппированы в выпадающем графическом меню «Тело», которое находится на главной панели инструментов.

При твердотельном моделировании параметризация имеет особую актуальность. Система PowerShape автоматически запоминает параметрические зависимости, определяющие как геометрию отдельных элементов, так и различных операций. Информация о твердом теле содержится в соответствующей области в левой части экрана (дерево проекта). Активизировав двойным нажатием мыши требуемый элемент или операцию в дереве твердотельной модели, можно получить доступ к редактированию соответствующих параметров. При этом PowerShape сохраняет взаимосвязи между объектами и автоматически перестраивает модель.

## **Модуль 2. Разработка технологии изготовления на основе 3D моделей инструментов в САМ системе**

**Лекции 12-15. Введение в систему автоматизированного производства PowerMill. Начальные установки. Определение заготовки. Определение параметров инструмента. Определение режимов резания. Безопасные высоты. Определение точки начала и возвращение инструмента. Определение подводов и переходов. Параметры припуска на обработку.**

### **Краткое содержание.**

Модуль автоматизированной подготовки производства PowerMill является одной из программ, входящих в состав системы Power Solution, предлагаемой фирмой Delcam plc (Великобритания).

Модуль предназначен для получения управляющих программ (далее УП) для станков с ЧПУ по представленной САД модели и применяется для обработки сложных деталей пресс-форм, литейной оснастки и штампов методом фрезерования.

PowerMILL предоставляет возможность получить УП чистовой или черновой обработки. Базовый пакет включает в себя подготовку УП для 2-х, 2.5-й и 3-х осевых систем ЧПУ. При этом PowerMill достаточно нетребователен к данным и полностью исключает появление зарезов даже в случае наличия разрывов на поверхности модели. Дополнительно имеются модули PowerMill 3+2 – многоосевая обработка с поворотом осей в координатах станка и PowerMill 5 Axis – 5-ти осевая обработка с учетом нормалей к поверхности.

В качестве модели, используемой для механообработки, в системе PowerMill используются твердотельные и поверхностные 3D-модели, которые импортируются из различных систем в следующих форматах: IGES, VDA-FS, ProENGINEER, Unigraphics, CADD5, CATIA, Parasolid, ACIS, STL, STEP, а также в форматах Delcam – DGK и DMT.

Эффективные алгоритмы расчета позволяют быстро проанализировать различные стратегии обработки изделия, выбрать оптимальную технологию, убедиться в отсутствии зарезов, визуализировать процесс обработки и только после этого приступить к реальной обработке изделия на станке.

Запись макрокоманд при работе, возможность редактирования полученных траекторий движения инструмента и ограничения областей обработки по выбранной стратегии позволяют значительно экономить машинное время при программировании обработки однотипных изделий.

Пакет позволяет в автоматическом режиме решать задачи по «зачистке» углов и «подчистке» недоработанных областей инструментом меньшего диаметра, выбирать стратегии обработки карманов, «сшивать» отдельные фрагменты в единую траекторию движения инструмента и т.п. Это значительно повышает производительность труда технолога-программиста.

Простой, привычный для пользователей интерфейс Windows и хорошо продуманная гибкая система меню до минимума сокращают время на освоение пакета и делают его максимально доступным.

На расположенную в верхней части экрана панель вынесены иконки, порядок следования которых слева направо отражает последовательность действий инженера-технолога при расчете УП от загрузки модели до визуализации процесса обработки. При работе пользователь последовательно заполняет появляющиеся экранные меню и в результате получает траекторию движения инструмента.

«Панель инструментов Вид» - иконки наиболее часто используемых стандартных видов: проекции вдоль основных осей координат и четыре изометрические проекции. Также имеются иконки автомасштабирования, увеличения и уменьшения масштаба, увеличение участка изображения, возврата предыдущего вида, обновления изображения, изменения представления модели на экране.

Помимо использования иконок имеется возможность изменения изображения модели с помощью мыши (аналогично системе *PowerShape*).



Система PowerMill имеет средства анализа уклонов и минимального радиуса с помощью цвета, когда участки модели с радиусами или уклонами, меньше заданного, выделяются иным цветом.

Вы можете выбирать отдельные поверхности, щелкнув по ним левой кнопкой мыши или выделив их рамкой (при этом выбранные поверхности отображаются желтым цветом).

Полученную модель можно обмерить, точно привязываясь к ее элементам, т.к. для правильного выбора инструмента важно знать ширину карманов, радиусы вогнутых углов и т.п.

Закладка «Линия» позволяет определить расстояние, угол и элевацию (см. PowerShape) между двумя заданными точками, а закладка «Дуга» – координаты центра, радиус и диаметр дуги, созданной по трем точкам.

Можно указать точку на экране или набрать значения в поле координат, например (0,0,0). Изначально поля меню заполнены "XXXXXX". Выбор первой точки заполняет ее координатами X, Y, Z поле «Начальная точка», выбор второй точки заносит ее координаты в поле X, Y, Z области «Конечная точка» и заполняет остальные поля результатами вычислений.

### **Начальные установки.**

Определение заготовки.

Существует несколько способов определения заготовки:

Блок – заготовка прямоугольной формы, определяется по max и min координатам для каждой из осей X, Y, Z. Значения X, Y, Z могут быть вычислены автоматически в зависимости от элемента, указанного в меню «Задаст». Иконка с замком позволяет фиксировать отдельный размер;

Контур – позволяет задать заготовку произвольного профиля с постоянной высотой. Профиль задается плоским контуром, переданным из CAD – системы. Он должен быть замкнутым и не должен иметь пересечений;

Модель – позволяет задать объемную заготовку произвольной формы (в виде отливки или предварительно обработанной заготовки);

Граница – для данного типа необходимо определить границу заготовки, а затем ввести ограничения по оси Z.

Определение параметров инструмента.

Выбор типа инструмента и назначение его параметров требует серьезного подхода, т.к. от этих данных зависит создаваемая траектория движения, качество обработанной поверхности, доступ инструмента к месту обработки, что соответственно позволяет значительно снизить время обработки.

PowerMill предоставляет возможность задания следующих типов концевых фрез: 1 - концевая, 2 - шаровая, 3 - скругленная, 4 – коническая сферическая, 5 – коническая скругленная, 6 – дисковая, 7 – со смещенной кромкой. Также имеется возможность задания параметров сверла - 8.

Программа оценивает корректность параметров фрезы в поле «Статус».

Закладка «Режимы» предназначена для определения режимов резания, соответствующих задаваемой фрезе (в случае их отличия от типовых).

В меню режущего инструмента также можно активизировать любой инструмент, заданный ранее.

Определение режимов резания.

Назначение данных параметров требует наличия определенных знаний по теории резания и включает в себя значение рабочей (горизонтальной) подачи, подачи врезания (вертикальной), скорости холостых перемещений (ускоренные перемещения), оборотов шпинделя.

Помимо этого, всегда имеется возможность подкорректировать указанные параметры непосредственно на стойке станка с ЧПУ.

Безопасные высоты.

Данная группа параметров позволяет задать зазор между инструментом и различными элементами (заготовка, зажимные приспособления и т.п.) во избежание возможного столкновения на ускоренных подачах.

Безопасная **Z** - используется для быстрых перемещений инструмента вблизи заготовки или зажимных приспособлений. Ниже этого значения все горизонтальные перемещения в плоскости XY осуществляются с рабочей горизонтальной подачей. Вертикальные перемещения остаются ускоренными.

**Z** врезания – ниже указанного параметра вертикальные перемещения инструмента выполняются на рабочей подаче. Она устанавливается так, чтобы обрабатываемые поверхности находились ниже нее. Выбор этого значения должен быть оптимальным, чтобы не тратилось много времени на подвод инструмента, и в то же время инструмент не врезался в деталь на ускоренной подаче.

Данные величины можно задавать в абсолютных и относительных координатах. Для второго случая высоты пересчитываются системой относительно обрабатываемого слоя.

Варианты назначения параметров в приращениях:

Врезание в приращениях – абсолютная величина «Безопасная Z» и относительная «Z врезания»:

Обе в приращениях – «Безопасная Z» и «Z врезания» берутся в относительных координатах.

При нажатии клавиши «Установить по заготовке» система автоматически пересчитывает базовые высоты по максимальной высоте с приращением высот, равным по умолчанию 5 мм.

Определение точки старта и возврата инструмента.

Указанная опция определяет стартовую точку инструмента и при изменении блока автоматически пересчитывает ее.

Вы можете ввести начальные координаты инструмента в соответствующие поля (выбор действия «Фиксировать») или, используя переключатель «Начальная точка», установить инструмент в указанные координаты. Эти действия выполняются системой с учетом заданных высот безопасности.

Определение подводов и переходов

Имеется возможность задать 2 варианта подвода и отвода инструмента. В том случае, если основной вариант приводит к зарезанию детали, система будет использовать 2-ой вариант.

Подвод – задается тип подвода (движение фрезы к началу рабочего хода);

Отвод – задается тип отвода (движение фрезы в конце рабочего хода);

Продления – определяются продления ходов инструмента к обрабатываемой детали и от нее;

Переходы – задается, каким образом будут осуществляться переходы между рабочими ходами УП.

**Лекции 16-19. Черновая обработка. Определение слоев (глубины резания). Стратегии черновой обработки. Проверка и визуализация управляющих программ с помощью модуля ViewMill. Проверка УП на столкновения. Визуализация процесса обработки. Чистовая обработка. Параметры чистовой обработки. Обработка по шаблонам. Обработка по растровому шаблону. Обработка по радиальному шаблону. Спиральная стратегия обработки. Обработка по определенному шаблону. Обработка с постоянной или оптимизированной Z. Обработка 3D сдвигом. Доработка углов. Стратегии обработки: обработка углов за много ходов, поперечными, продольными или автоматически определенными ходами, 4-х осевая обработка, проекционная обработка, проекция от точки, линии, плоскости, от поверхности, по профилю. Обработка боком фрезы.**

Черновая механообработка.

Данный вид обработки применяется для выполнения разгрузки изделия и именно на нем удаляется основной объем материала. Резание выполняется по слоям с определенной

высотой, которые получаются путем пересечения модели детали и блока заготовки на заданных пользователем высотах.

### **Определение слоев (высот резания).**

Перед выполнением расчета УП необходимо определить высоты резания (шаг по Z).

Программа позволяет задать высоты в автоматическом и ручном режимах. В автоматическом режиме вы можете задать лишь фиксированный шаг по Z, ручной режим более функционален.

Методы задания высот, комбинируются в любом порядке:

**Количеством** – разбивает заготовку на заданное количество равных слоев. При этом нижний слой лежит на дне заготовки;

**Шаг по Z** – создает слои шаг за шагом, начиная сверху заготовки. Шаг определяется заданным значением и состоянием флага «Сделать постоянным» (если флаг включен – заготовка разбивается на равные слои, с шагом, максимально приближенным к заданному значению);

**Значением** – создает слой с заданной высотой Z;

**Промежуточными** – добавляет заданное количество слоев, между существующими;

**Плоские** – автоматический поиск горизонтальных участков заготовки и размещение слоя резания, с учетом заданного припуска.

### **Стратегии черновой обработки.**

Существует три основных типа черновой обработки:

**Растр** – обработка по параллельным линиям с заданным шагом;

**Смещение** – обработка по контуру, а затем по линии, которая увеличивает контур на заданный шаг. Применяется при обработке детали сложного контура, если заготовка задана прямоугольным блоком;

**По профилю** – обработка только по контуру с заданной высотой. Данный тип целесообразно применять в случае обработки изделия, если заготовка задана в виде отливки.

Ряд значений определяют параметры обработки для всех стратегий, остальные становятся доступными при том или ином варианте обработки.

**Шаг** – основной параметр смещения инструмента между проходами для типов обработки растр и смещение;

**Направление** – определяет направление движения фрезы при резании (любое, попутное, встречное). Аналогично определяется порядок обхода профиля;

**Карманная обработка** – если флаг включен, происходит полная обработка кармана; в противном случае обработка всех карманов по слоям резания;

**Фильтр** – ограничение траектории инструмента: «Меньше/Больше» - удаляются ходы, размер которых меньше/больше, чем указанное число диаметров инструмента.

Врезание на слой:

1 Вертикальное – инструмент врезается в заготовку по вертикальной траектории. Это возможно только для инструмента, имеющего режущую кромку на торцевой части и невозможно для шпоночных двухперьевых фрез;

2 Наклонное – подвод инструмента к уровню обработки под углом;

3 Сверление – подвод инструмента к уровню обработки в предварительно просверленные отверстия.

Для стратегии «Растр» становятся доступными параметры задания угла резания относительно выбранной области.

Угол направления движения инструмента относительно основных осей задается двумя типами: «Авто Угол» – автоматическое определение оптимального угла по заданному критерию обработки: «Область», «Карман», «Модель», «Слой»; «Ручная установка».

**Область поиска** - этот параметр отвечает за способы соединения участков траекторий, имеющих разрывы. Флаг ограничивает количество попыток поиска (предпочтительнее использовать значение 2-3 для сокращения времени поиска).

Назначение флагов: «Удалить...» - удаление избыточных проходов, во время которых не происходит резания; «Сократить...» - по возможности избегать ситуаций, когда фреза

врезается на полный диаметр; «Сделать...» - пересчитать ходы таким образом, чтобы все проходы были с постоянным шагом.

#### **Проверка и визуализация УП с помощью модуля ViewMill.**

Модуль ViewMILL визуализирует процесс механообработки - это позволяет оценить качество созданной УП до ее запуска на станке.

#### **Проверка УП на столкновения.**

Для предотвращения столкновений шпинделя станка или оправки инструмента с деталью необходимо провести операцию контроля, по окончании которой система выдает рекомендации по изменению параметров; т.е. длины инструмента; габаритов оправки; исключение участков траектории инструмента, если такие столкновения возможны.

#### **Чистовая механообработка. Параметры чистовой обработки.**

Данный тип обработки предназначен для получистовой и чистовой обработки поверхности. Траектория движения инструмента проецируется от заданного шаблона на модель, которая затем обрабатывается по этим линиям. Существует целый набор различных вариантов обработки, которые используются в зависимости от геометрии модели и с учетом получения оптимального качества поверхностного слоя.

##### **Обработка по шаблонам.**

Обработка данного типа осуществляется путем проецирования предварительно заданного шаблона на модель изделия. Программа предоставляет возможность создания шаблона в автоматизированном режиме – это растровый, радиальный и спиральный шаблоны, а также использование предварительно созданного шаблона в CAD-системе.

##### **Обработка по растровому шаблону.**

Данный тип обработки целесообразно использовать для фрезерования горизонтальных и пологих участков изделия, имеющих прямоугольный вид в плане. Меню требует ввода ряда параметров, определяющих опции:

**Угол** – задает угол наклона траектории относительно оси X;

**Стартовый угол** – задает угол начала обработки;

**Перпендикулярные ходы** - если флаг включен, резание производится по взаимно перпендикулярным направлениям;

**Стиль** – определяет, будут ли соединены растровые проходы. Радиус дуги – определяет соединение дугой заданного радиуса.

Обработка по радиальному шаблону.

Такая обработка подходит для обработки пологих круглых участков модели. Меню требует ввода центра шаблона, начального и конечного радиуса и угла обработки, а также углового шага между проходами.

При задании радиуса выполняется следующее условие: если  $R_{нач} > R_{кон}$  – первый проход внутрь (и наоборот).

Имеется возможность задания обработки сектора и направления обработки: по часовой стрелке или против.

Флаг «Соединять» позволяет соединить радиальные растровые проходы.

##### **Спиральная стратегия обработки.**

Эта стратегия наиболее подходит для обработки круглых моделей в плане. Обработка производится путем проецирования спирального шаблона на модель.

##### **Обработка по произвольному Шаблону.**

Такая стратегия позволяет использовать в качестве шаблона любой контур, который затем будет проецироваться на модель. Контур может состоять из открытых и замкнутых сегментов.

##### **Обработка с постоянной Z.**

Данный тип обработки позволяет создать траекторию обработки путем послыоного обхода модели с заданным шагом по Z. Целесообразно использовать для фрезерования изделий, имеющих высокие вертикальные и близкие к вертикальным стенки. В случае применения растровой стратегии обработки получается большие промежутки между отдельными линиями движения фрезы и соответственно неприемлемое качество обработки.

Связано это с тем, что растровый шаблон создается с шагом, рассчитываемым по проекции на горизонтальную плоскость.

Определение отдельных параметров меню:

**Спираль** – перемещение по оси Z, осуществляется по спирали. В противном случае переход на следующий уровень Z выполняется вертикально.

**Учесть границу** – определяет границы обработки (для деталей, имеющих углубления и выступы одновременно):

внутри – обрабатываются участки модели внутри границы;

снаружи – обрабатываются участки модели снаружи границы.

**Коррекция внутренних углов** – производит коррекцию траектории инструмента в зависимости от установленного типа (нет, точная, по дуге).

#### **Оптимизированная Z.**

Данный тип обработки выполняется в автоматическом режиме по заданным алгоритмам системы, т.е. система определяет наиболее оптимальные стратегии обработки и при этом соединяет ее в одну траекторию. Наиболее удобная стратегия обработки для деталей, имеющих разнообразный набор элементов: плоские участки, наклонные стенки, выступы, выемки и поверхности сложной 3-х мерной формы.

#### **Обработка 3D смещением.**

Данный тип позволяет создать траекторию обработки путем эквидистантного смещения границы или шаблона. Причем шаг эквидистанты считается по обрабатываемой поверхности. Соответственно данный тип обработки подходит для фрезерования моделей, имеющих сложную пространственную форму с отвесными и пологими участками. Также она хорошо подходит для доработки оставшегося материала.

Обрабатываемые области определяются границей, которая может быть как плоской, так и объемной границей необработанных участков.

Максимально проходов – задает количество эквидистантных проходов;

По шаблону – траектория обработки создается с учетом заданного пользователем шаблона.

#### **Обработка углов.**

Данный тип обработки позволяет создать траекторию обработки углов (однопроходная обработка) или доработки углов после инструмента большего диаметра (многопроходная обработка, поперечный, продольный и автоматический углы обработки). Для второго типа обработки необходимо задание предыдущей траектории обработки или предыдущего инструмента.

При выборе стратегии «Автоматический угол обработки» программа автоматически находит углы на модели и создает траекторию их доработки внутри существующей границы.

#### **Однопроходная обработка.**

Этот тип обработки целесообразно использовать в случае, если вы имеете фасонную фрезу, соответствующую геометрии угла обрабатываемого изделия. При этом выполняется одиночный проход фрезой вдоль угла, который определяется системой автоматически по заданным критериям.

Назначение флага «Вывод»:

Отвесная – отображает только обработку отвесных углов;

Пологая – отображает только обработку пологих углов.

Пороговый угол – определяет поверхности, которые удовлетворяют заданному условию и затем происходит их механообработка (следует обращать особое внимание на закрытые полости, для исключения подрезки материала).

#### **Угол многопроходный.**

Данный тип обработки позволяет выполнить как обработку непосредственно угла изделия, так и подборку материала в зоне угла. Это целесообразно использовать для исключения ступени в месте перехода от угла к остальной поверхности. В этом случае выполняется многократный проход фрезой вдоль угла, в зависимости от заданной зоны перекрытия.

Определение отдельных параметров меню:

Перекрытие – определяет регион обработки (отступ от угла).

Предыдущая Траектория – загружает параметры предыдущей УП с содержащейся в ней информацией о фрезе.

Угол поперечный

Осуществляет подборку материала поперечными проходами вдоль угла, с учетом геометрии предыдущей фрезы.

Опция «Любое» флага «Направление» позволяет получить зигзагообразную траекторию для этого типа обработки.

**Угол продольный.**

Осуществляет подборку материала продольными проходами вдоль угла, с учетом геометрии предыдущей фрезы.

**Угол автоматический.**

Система вычисляет область, направление и порядок обработки в автоматическом режиме, т.е. наиболее подходящий вариант.

**4-х осевая обработка.**

Данная стратегия обработки предназначена для станков, оборудованных управляемой делительной головкой. В процессе обработки деталь вращается вокруг оси, а линейные перемещения осуществляются вдоль оси X и Z. Данный вид обработки применяется для деталей, имеющих форму тел вращения. В качестве одного из примеров можно привести обработку барельефа или нанесение символов на поверхность бутылки круглой или овальной формы.

Назначение флагов:

Пределы по X - определяет пределы обработки модели вдоль оси X (возможен ввод вручную или по габаритам заготовки);

Стратегия – определяет тип обработки: окружность, линия и спираль;

Y Смещение – задает смещение инструмента по оси Y относительно центра. Это делается для того, чтобы избежать работы центром фрезы, режимы резания для которого не оптимальны.

**Стратегии обработки:**

Окружность – деталь осуществляет полный оборот при фиксированном положении фрезы по оси X. Затем фреза перемещается на один шаг по не вращающейся детали для обработки следующего витка;

Линия – фреза перемещается вдоль оси X на всю длину обрабатываемой области, а поворот осуществляется только на краях;

Спираль – фреза перемещается вдоль оси X одновременно с поворотом детали, осуществляя спиральное перемещение вдоль всей области обработки. Для чистоты обработки траектория начинается и заканчивается полными окружностями.

Для типов обработки окружность и линия доступны опции, задающие угловые пределы обработки (т.е. обработка в пределах заданного сектора).

**Проекционная обработка.**

Используется для обработки сложных пространственных поверхностей. Шаблон в этом случае проецируется от источника света, имеющего различные формы: точка, линия, плоскость или заданная пользователем поверхность. Обработке подлежат только те участки модели, которые подсвечены источником света.

Направление проецирования возможно двух типов:

**Внутри** – осуществляет проецирование к точке, линии, плоскости или поверхности. Этот метод подходит для обработки внешних участков модели, т.е. в терминологии пресс-форм – это пуансон;

**Наружу** – осуществляет проецирование от точки, линии, плоскости или поверхности. Этот метод подходит для обработки внутренних скруглений, отверстий и карманов, т.е. в терминологии пресс-форм – это матрица.

Каждая из стратегий имеет ряд шаблонов, которым будет следовать инструмент. В зависимости от стратегии набор шаблонов изменяется.

Для визуализации шаблона и понимания схемы его расположения и основных параметров существует опция «*Просмотр*».

#### **Проекция от точки.**

Этот метод обработки позволяет проецировать на деталь шаблон, расположенный на поверхности сферы (точечный источник света). Положение центра сферы, являющегося фокусом проецирования, задается координатами X, Y, Z.

Для данной стратегии доступны три типа шаблонов обработки:

**Радиально** – проецирование плоского радиального шаблона на сферу. Область обработки регулируется углами азимута и элевации;

**Окружность** – проецирование на сферу семейства концентрических окружностей. Область обработки регулируется углами азимута и элевации;

**Спираль** – проецирование плоской спирали на сферу. Область обработки регулируется только элевацией и направлением обработки.

#### **Проекция от линии.**

Этот метод позволяет спроецировать на модель шаблон, расположенный на поверхности цилиндра - линейный источник света. Положение оси цилиндра, являющейся фокусом проецирования, задается положением точки основания цилиндра и углами наклона оси цилиндра (азимут и элевацией). Т.о. имеется возможность проецировать шаблон «к» или «от» невертикальной линии (чаще горизонтальной), что удобно для обработки полуцилиндрических деталей. В случае установки угла элевации  $90^{\circ}$ , ось проецирования становится горизонтальной – это удобно при обработке пресс-форм для изготовления бутылок.

Для данной стратегии доступны три типа шаблона обработки:

**Линия** – проецирование шаблона в виде плоской змейки на цилиндр;

**Окружность** – проецирование шаблона из концентрических окружностей, расположенных по всей длине цилиндра. Такой вид обработки при вертикальном расположении оси цилиндра дает результат, аналогичный чистовой обработке с постоянной Z;

**Спираль** – проецирование шаблона путем размещения спирали вдоль поверхности цилиндра. Для данного типа доступно определение направления обработки.

#### **Проекция от плоскости**

Этот метод позволяет спроецировать на деталь шаблон, расположенный на плоскости. Положение плоскости определяется начальной точкой, углом поворота вокруг оси Z и углом наклона к вертикали. Размер шаблона задает высота и ширина этой плоскости.

Такая стратегия подходит для обработки вертикальных и наклонных стенок, требующих сохранения постоянного шага обработки.

#### **Проекция от поверхности.**

Данный тип стратегии удобен для обработки отдельных, выбранных вами поверхностей, имеющих сложную пространственную форму. В качестве параметров задается шаг обработки (в миллиметрах либо параметрически, т.е. значением от 0 до 1 для каждого лоскута), направление шаблона (U или V).

#### **Обработка по профилю.**

Программа PowerMill позволяет выполнить обработку по открытым и закрытым профилям. При этом возможен проход по самому профилю или с одной из его сторон (внутренней или внешней). В ряде случаев это позволяет выполнить достаточно простую обработку, не имея при этом законченной модели. Также возможно проецирование плоских профилей на объемную модель и последующая обработка по полученной траектории. В качестве одного из примеров можно привести гравировку текста.

Назначение флагов:

Радиус дуги (ДФ) – задает радиус вписываемых дуг в диаметрах фрезы;

Точка отсчета (Нижний предел) – определяет элемент, который принимается как базовый при формировании УП;

Верхний предел (Предотвращение зарезов) – определяет максимальную высоту, на которую может подниматься инструмент. При совместном использовании с функцией «Многопроходная», позволяет получить траекторию обработки вертикальной стенки;

Предотвращение зарезов – возможны два варианта: «Поднять»: для предотвращения зарезов поднимает фрезу; «Отследить»: для предотвращения зарезов перемещает фрезу по поверхности.

Дополнительно... – данная клавиша вызывает меню, позволяющее определить параметры сглаживания траектории для получения более приемлемого варианта обработки.

Параметры «Сглаживание»:

По оси фрезы – расстояние сглаживания, заданное в миллиметрах;

Угловое – малое значение данного параметра дает очень точную, но не очень гладкую траекторию; большое значение – гладкую, но не очень точную УП (рекоменд. значение 5).

Параметры «Точности»:

Точность смыкания – максимально допустимый зазор между поверхностями (значение 0,0 – определяет автоматический режим);

Безопасное отклонение – максимально допустимое радиальное отклонение для предотвращения зарезания.

Обработка боком фрезы

Для выполнения расчета УП по данной стратегии у Вас должна быть лицензия DELCAM-MULTAX.

Данная стратегия используется в том случае, если невозможно выполнить обработку торцом фрезы, а профиль обрабатываемой поверхности аналогичен периферии фрезы. Также необходимо отметить, что условия резания при обработке боком фрезы лучше.

Меню требует ввода ряда параметров:

Сторона от ведущей кривой – определяет сторону модели (внутренняя или внешняя), которая будет обрабатываться;

Минимальное – определяем минимально допустимое рыскание фрезы при расчете УП;

Точка отсчета – край поверхности, задающий положение «Нижнего предела»;

Верхний – «переключатель» определяет край поверхности, задающей положение «Верхнего предела» траектории; «параметр» определяет положение «Верхнего предела» над краем выбранной поверхности.

**Лекция 20. Границы обработки. Редактирование управляющих программ. Оптимизация подводов и переходов. Преобразование УП: перемещение, отображение, обращение. Ограничение УП. Разбивка УП. Изменение начальных точек. Дополнительные функции редактирования. 2D обработка. Сверление отверстий. Создание управляющих программ за избранным постпроцессором.**

**Границы обработки.**

Система PowerMill позволяет создавать границы, используемые для определения обрабатываемых областей детали. Границы могут быть созданы путем вычисления непосредственно с панели задания границ или при вычислении УП. Первый путь допускает редактирование границ вручную, а второй путь исключает двухступенчатый процесс создания УП. Программа одновременно оперирует только с одной границей, которая, однако, может состоять из множества сегментов.

Возможные варианты создания границ: по заготовке, доработки, по выбранной поверхности, пологая, по силуэту, произвольная.

Также можно произвести редактирование существующей границы.

**Шаблоны обработки.**

Шаблон по своей сути схож с границей, с той разницей, что сегменты шаблона могут быть незамкнутыми.



Меню генератора шаблонов, позволяет создать шаблоны стандартных типов.

### **Редактирование управляющих программ.**

Для выполнения операции необходимо, чтобы редактируемая УП была активной.

### **Оптимизация подводов и переходов.**

В диалоговой панели, позволяющей изменять подводы и переходы, определять, каким образом инструмент будет подходить к детали в начале УП, в начале и конце каждого сегмента УП, а также каким образом он будет перемещаться между отдельными сегментами УП. Причем изменение этих параметров не затрагивает основную УП, что значительно сокращает время анализа и проверки различных вариантов. Однако, в связи с продлением траектории, существует вероятность зареза материала. Поэтому при выполнении данного редактирования флаг «Проверка зарезов» должен быть включен обязательно.

Понятия, используемые при редактировании подводов и переходов:

**Подвод** - задает тип движения инструмента к началу сегмента УП;

**Отвод** - задает тип движения инструмента от конца сегмента УП;

**Продления** – добавляются к существующим подводам и отводам.

Во всех случаях возможны различные варианты (рассмотрено 4 типа):

**Нет; Вертикальная дуга; Касательный; Горизонтальный.**

Различные варианты применяются для снижения эффекта «удара» инструмента при соприкосновении с заготовкой.

Закладка «Переходы» – позволяет определить тип переходов между сегментами УП:

**Короткие** – между соседними сегментами,

**Длинные** – между удаленными сегментами,

**Безопасные** – замещает любой переход, вызывающий зарезание.

**Проверка зарезов** - осуществляет контроль подводов и отводов на зарезание. По умолчанию флаг установлен. Если обнаружен зарезающий подвод/отвод, PowerMILL попытается изменить его тип на тип, заданный в поле «2-й вариант», а в случае повторного зарезания заменит переход на «Безопасный».

### **Преобразование УП: перемещение, отображение, вращение.**

#### **Ограничение УП.**

Так же, как и операции преобразования, операции ограничения создают новую УП на основе активной УП. Для этого необходимо правой клавишей мыши вызвать системное меню (указывая на УП в проводнике PowerMILL) и выбрать строку «Правка – Ограничить...». При этом появится меню (рис. 2.85).

**Ограничивает** - это меню-переключатель имеет три опции: «Плоскость», «Полигон», «Граница».

**1. Ограничение плоскостью** - активная УП ограничивается (обрезается) заданной плоскостью. Во время ограничения плоскостью, на экране появляется графическое представление ограничивающей плоскости, помогающее оценить, какая часть УП будет удалена.

**Сохранить** — это меню-переключатель имеет три опции: «Изнутри», «Снаружи», «Обе» и задает, какую часть траектории – «Внутреннюю», «Наружную» или «Обе» — необходимо сохранить для дальнейшей работы. Наружную сторону ограничивающей плоскости можно определить по направлению нормали.

**2. Ограничение полигоном** - активная УП ограничивается заданным полигоном, представляющим на экране ограничивающий многоугольник, который создается с помощью левой кнопки мыши.

**3. Ограничение границей** - активная УП ограничивается текущей границей.

#### **Разбиение УП.**

Для этого необходимо правой клавишей мыши вызвать системное меню (указывая на УП в проводнике PowerMILL) и выбрать строку «Правка – Разбить...».

Существует несколько методов разбиения УП:

**Угол** - разбивает УП на две части, в зависимости от угла наклона траектории движения фрезы к плоскости XY.

**Удалять сегменты меньше, чем** – опция предназначена для предотвращения возникновения множества мелких участков (при увеличении этого параметра), возникающих иногда в результате разбиения УП. Однако, будьте осторожны: в случае задания большого числа, Вы рискуете серьезно отклониться от заданного угла. Рекомендуемое значение этого параметра должно быть сопоставимо с «Допуском» обработки.

**Сохранить** – опция имеет три значения: «Отвесные», «Пологие», «Обе».

**Направление** - разбивает УП на части, в зависимости от направления движения инструмента. Различаются перемещения «Вверх», «Вниз» и «Плоские». Обеспечивается возможность сохранить разные комбинации перемещений этих типов. Эта опция может использоваться с целью создания специфичной обработки для отвесных участков детали или для обработки плоских частей детали торцевым инструментом.

**Угол плоских** - рабочие ходы УП, отклоняющиеся от горизонта менее этого угла, считаются плоскими.

**Вычесть** - задает, какая часть будет изъята из УП: «Вверх» - удаляет из УП все ходы с резанием снизу вверх; «Вниз» - удаляет из УП все ходы с резанием сверху вниз; «Плоские» - удаляет из УП все плоские ходы.

**Сохранить** - задает, какая часть УП будет оставлена: «Вычитаемая» - сохраняет часть УП, заданную меню-переключателем «Вычесть»; «Остаток» - сохраняет часть УП, не заданную меню-переключателем «Вычесть»; «Обе» - сохраняет обе УП как отдельные траектории.

**Длина/Время** - разбивает УП на части, длина/время рабочих перемещений которых не превышает заданного значения. Время рассчитывается с учетом заданных подач. Опции учитывают износ инструмента.

#### **Изменение начальных точек.**

Позволяет вручную задать точки начала обработки замкнутых сегментов УП. Для этого необходимо правой клавишей мыши вызвать системное меню (указывая на УП в проводнике PowerMILL) и выбрать строку «Правка – Изменить начальные точки...».

Вы можете задать сразу несколько линий. Точки пересечения этих линий с замкнутыми сегментами станут новыми точками начала обработки этих сегментов. Разомкнутые сегменты игнорируются.

#### **2D обработка. Сверление отверстий.**

В зависимости от выбранных Вами «Типа цикла» и «Операция» становятся доступными те или иные поля задания параметров обработки.

Определение некоторых терминов:

**Задержка** – время задержки сверла на дне отверстия перед подъемом;

**Шаг** — задает отношение скорости вращения шпинделя к подаче врезания (подачу наоборот). По умолчанию, в качестве подачи используется рабочая подача. Вы можете изменить это отношение.

#### **Постпроцессирование управляющих программ.**

Система PowerMill сохраняет УП в виде нейтрального CL-файла. Это удобно при использовании различных станков для обработки одной и той же модели. При этом нет необходимости пересчитывать всю УП, а достаточно только выполнить функцию постпроцессирования.

### **Лекции 21-22. Обработка по схеме 3+2 ( 5-осевая позиционная), 5-координатная обработка.**

#### **Обработка по схеме 3+2 (5-осевая позиционная).**

Возможны два метода обработки:

1. Задание фиксированного углового положения инструмента, задание оси фрезы относительно направления движения или проходящей через заданную точку. Фиксированное угловое положение возможно и для неуправляемой оси поворота, что позволяет вести обработку периферией инструмента, где условия резания лучше.

Для выполнения расчета УП данным методом необходима лицензия DELCAM-MULTAX.

2. 3-х осевая обработка в нескольких системах координат с последующим объединением траекторий и введением необходимых команд для осей поворота. В этом случае необходимо создать локальные координатные системы, где ось  $Z$  совпадает с направлением оси инструмента.

#### **Пятикоординатная обработка**

Модуль PowerMill позволяет создавать непрерывную 5-ти осевую обработку для многоповерхностной модели. Поддерживаются все инструменты, стратегии и связи.

Возможные варианты положения инструмента при 5-осевой обработке:

**Атаки/Наклона** – «Атака» задает угол наклона оси инструмента к оси  $Z$  в плоскости направления движения; «Наклон» задает угол наклона оси инструмента к оси  $Z$  в плоскости, перпендикулярной направлению движения;

**К точке/От точки** – в этом случае направление инструмента совпадает с линией проекции к/от заданной точки. Положение точки определяется координатами  $X, Y, Z$ ;

**К линии/От линии** – в этом случае направление инструмента совпадает с линиями проекции к/от заданной линии. Положение линии определяется координатами  $X, Y, Z$  начальной точки и компонентами векторов  $I, J, K$ , определяющими направление;

**Сохраняя направление** – в этом случае инструмент всегда имеет направление, определенное компонентами векторов  $I, J, K$  относительно обрабатываемой поверхности.