

**Министерство образования и науки Ульяновской области
Областное государственное бюджетное образовательное учреждение
среднего профессионального образования
«Димитровградский технический колледж»**

**Методические указания для выполнения
контрольной работы**
по МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и
программирования в машиностроении»

Димитровград, 2013 год

Рязанов В.М. Методические указания для выполнения контрольной работы по МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении» для студентов-заочников специальности 151901- технология машиностроения. / В.М. Рязанов - Димитровград: ДТК, 2013.-45 с.
Данные указания предназначены для оказания помощи при выполнении контрольной работы. Изложена методика выполнения контрольной работы.

Рецензент-заведующий кафедрой: «Технология машиностроения»
ДИТИ НИЯУ МИФИ доцент С.Н. Власов

Димитровградский технический колледж. 2013

Содержание

1. Общие методические указания	2
2. Содержание МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении»	3
3. Теоретическое задание на контрольную работу	31
4. Практическое задание на контрольную работу	32
5. Методические указания для выполнения практического задания	33
Литература	44

1. Общие методические указания

Программа **МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении»** предназначена для изучения студентами-заочниками современных программных систем используемых для разработки моделей и проектирования технологических процессов (ТП) изготовления деталей, а также для изготовления изделий на станках с ЧПУ.

Целью дисциплины является привитие студентам-заочникам практических навыков в изучении компьютерных программ, а также научить с помощью этих программ создавать модели изделий, проектировать ТП изготовления изделий, а также изготавливать управляющие программы.

В результате изучения дисциплины студент должен знать сущность САПР, САПР ТП, САМ, CAD/CAM/CAE и CAD/CAM, систем для высокоскоростной обработки заготовок изделий, уметь настраивать системную среду, создавать и изготавливать модели поверхностей и деталей, проектировать технологические процессы, разрабатывать ТП с помощью CAD/CAM систем.

Основным методом изучения **МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении»** является самостоятельная работа студентов в соответствии с данными методическими указаниями, при этом для полного и успешного усвоения дисциплины предусматриваются следующие виды занятий:

- самостоятельное выполнение одной контрольной работы;
- выполнение практических работ;
- проработка материала по основным вопросам курса на обзорных занятиях и консультациях в течение учебного года или в период лабораторно-экзаменационных сессий.

2. Содержание МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении»

Введение

Сущность **МДК 01.02: «Системы автоматизированного проектирования и программирования в машиностроении»**

Краткое содержание **МДК 01.02**, его задачи, связь с другими дисциплинами.

Теоретические сведения

При быстром развитии машиностроения возникла необходимость повысить качество и производительность изготовления изделий. Для этого стали использоваться профессиональное программное обеспечение САПР ТП для проектирования технологических процессов изготовления и сборки изделий, кроме этого для создания управляющих программ (УП) для станков с числовым программным управлением ЧПУ или в современной терминологии станков с промышленными компьютерами, инженерами-технологами, стали использоваться системы автоматизированного проектирования САПР, или в международной интерпретации (CAD-Computer Aided Design)-компьютерная помощь проектированию и системы автоматизации программирования САП, или (CAM-Computer Aided Manufacturing)-компьютерная помощь изготовлению, а также CAE (Computer Aided Engineering)-компьютерная помощь инженерии-системе расчетов, контроля, управления.

На сегодняшнем этапе развития технологий системы проектирования, изготовления и инженерии объединились в CAD/CAM/CAE системы, что позволило проектировщикам сократить сроки разработки технологического процесса.

В современном производстве, только интеграция прогрессивного оборудования с высококвалифицированными рабочими, а также использование при разработке технологических процессов для станков с ЧПУ инженерами-технологами передовых CAD/CAM/CAE систем позволит повысить производительность, увеличить ассортимент и улучшить качество выпускаемых изделий.

Вопросы для самоконтроля

1. Для чего предназначены САПР?
2. Для чего предназначены САПР ТП?
3. Что дало возникновение CAD/CAM/CAE систем?

Тема 2.1 Программирование обработки на токарных станках с ЧПУ

1. Основы программирования обработки на токарных станках с ЧПУ

Элементы контура детали и заготовки. Припуски на обработку поверхностей. Зоны токарной обработки. Разработка черновых переходов при токарной обработке основных поверхностей. Типовые схемы переходов при токарной обработке

дополнительных поверхностей (канавок, проточек, желобов). Типовые схемы нарезания резьб.

2. Обобщенная последовательность переходов при токарной обработке

Назначение инструмента для токарной обработки. Особенности выбора параметров режима резания при токарной обработке на станках с ЧПУ.

3. Составление расчетно-технологической карты токарной операции Особенности расчета траекторий инструмента.

4. Подготовка управляющих программ для токарных станков, оснащенных УЧПУ класса CNC

Формируемые (составляемые) подпрограммы. Стандартные подпрограммы. Организация типовых подпрограмм. Коррекция при токарной обработке. Программирование с сокращенным описанием контура. Параметрическое программирование. Оперативное программирование.

Литература: [5], [11], [16]

Теоретические сведения

При программировании для токарных станков с ЧПУ учитывают ряд особенностей.

С технологической точки зрения поверхности детали делятся на основные и дополнительные. К ним относятся поверхности, которые могут быть обработаны резцом для контурной обработки с главным углом в плане $\varphi=93^\circ$ и вспомогательным углом в плане $\varphi=32^\circ$, т.е. цилиндрические, конические, сферические и торцевые поверхности, а также поверхности фасок и неглубоких (до 1,5 мм) канавок. Дополнительные поверхности не могут быть выполнены таким резцом. К ним относятся поверхности угловых канавок для выхода шлифовального круга, прямоугольных и трапецеидальных канавок, а также резьбовые поверхности.

Технологический маршрут обработки деталей на токарном станке с ЧПУ включает черновую обработку основных и дополнительных поверхностей, не требующих черновой обработки, а также дополнительных поверхностей. В случае обработки детали с центральным отверстием после чернового подрезания торца производится обработка отверстия.

В зависимости от конфигурации детали различают открытые, полуоткрытые и закрытые припуски. Для срезания припуска применяют типовые циклограммы вершины резца, такие как “петля”, “зигзаг”, “спуск”.

Схему “петля” используют при построении траектории движения проходных и других резцов, работающих в одном направлении. Схема “зигзаг” предназначена для обработки в основном открытых припусков в двухкромочными и чашечными резцами, допускающими резание в прямом и обратном направлениях. По схеме

“спуск” выполняют протачивание прорезными резцами канавок и других элементов поверхностей, недоступных для обработки проходными резцами.

Вопросы для самоконтроля

1. В какой последовательности выполняются переходы при обработке на токарных станках с ЧПУ?
2. По каким осям координат перемещается инструмент при обработке конусной поверхности?
3. В каком режиме возможен ввод УП с пульта оперативной системы управления?

Тема 2.2 Программирование изготовления деталей на различных типах оборудования

1. Программирование обработки деталей на сверлильных и фрезерных станках с ЧПУ

Технологическая классификация отверстий. Типовые переходы при обработке отверстий. Этапы проектирования операций обработки отверстий. Методы обхода отверстий инструментами. Общая методика программирования сверлильных операций. Упрощенная методика программирования сверлильных операций. Программирование расточных операций. Программирование обработки на фрезерных станках с ЧПУ. Элементы контура детали. Области обработки. Припуски на обработку деталей.

2. Типовые схемы переходов при фрезерной обработке

Типовые схемы фрезерования. Выбор инструмента для фрезерования. Выбор параметров режима резания при фрезеровании. Особенности объемного фрезерования. Пятикоординатная фрезерная обработка

3. Особенности обработки заготовок на многоцелевых станках с ЧПУ

Составление расчетно-технологической карты фрезерной операции. Схемы обработки контуров, плоских и объемных поверхностей. Плоское контурное фрезерование. Программирование автоматического формирования траектории инструмента при фрезеровании.

4. Программирование обработки заготовок на многоцелевых станках с ЧПУ

Особенности кодирования информации в УП для многоцелевых станков. Программирование методом подпрограмм. Диалоговые методы программирования на УЧПУ к многоцелевым станкам.

5. Программирование обработки заготовок на электроэрозионном оборудовании с ЧПУ

Особенности кодирования информации в УП для электроэрозионного оборудования. Типовые траектории движения режущего инструмента. Кодирование электрода-инструмента. и параметров генератора-импульсов.

Литература: [5], [11], [16]

Теоретические сведения

Все элементы деталей, обрабатываемых фрезерованием, делятся на две группы. К первой группе относятся элементы, поверхности которых получаются переходом фрезы вдоль контура детали. Ко второй группе относятся элементы, поверхности которых требуют многопроходной обработки заготовки.

В зависимости от числа одновременно управляемых координат различают плоскую и объемную обработки контуров и поверхностей деталей. Плоская обработка ведется по одной или двум координатным осям одновременно в плоскости, параллельно одной из координатных плоскостей. Объемная обработка предполагает осуществление рабочих ходов одновременно по трем и более координатам.

На основе типовых схем обработки контуров, плоскостей, объемных поверхностей построены типовые единичные циклы, используемые при разработке УП.

Электроэрозионное вырезание осуществляется непрофилированным электродом-проволокой диаметром 0,02-0,3мм. При обработке проволока прорезает паз, ширина которого определяется диаметром проволоки, величиной искрового промежутка, режимом обработки и высокой микронеровностей. Устройство ЧПУ электроэрозионных станков помимо формообразования обеспечивает регулирование технологического параметра-величины напряжения на искровом промежутке. Существенная особенность процесса электроэрозионной вырезки - это наличие переменной эквидистанты, которая зависит от ширины паза, прорезаемого проволокой. Следовательно, устройство ЧПУ должно допускать коррекцию эквидистанты. В электроэрозионных вырезных станках широко используют системы ЧПУ по четырем и более осям.

Технологические переходы обработки отверстий выполняются по типовым схемам, которые имеют ряд общих признаков. Большинство переходов осуществляют за один проход (многопроходные технологические переходы характерны для обработки глубоких отверстий с периодическими выводами сверла и обработки отверстий в различных станках). Траектория инструмента в пределах прохода состоит из участков рабочего и вспомогательного ходов. Рабочий ход, как правило, включает недоход, участок резания и перебег (при обработке глухих отверстий отсутствует). С учетом указанных признаков строятся типовые единичные циклы обработки отверстий. Для упрощения программирования обработки деталей, имеющих несколько одинаковых элементов, используются постоянные циклы и подпрограмм. На станках с микропроцессорными системами ЧПУ постоянные циклы реализуются, как правило, в виде подпрограмм.

РТК обработки деталей на многоцелевом станке с ЧПУ. Безопасная плоскость. Нулевая плоскость. Карта наладки многоцелевого станка с ЧПУ. Команды управляющей системы. Пример разработки УП обработки деталей на многоцелевом станке с ЧПУ.

Любую корпусную деталь можно представить как совокупность элементарных поверхностей (плоскостей, отверстий, пазов, уступов и т.д.), определенным образом и с соответствующей степенью точности ориентировочных между собой. При составлении УП описание процесса обработки конкретной элементарной поверх-

ности производится определенным набором управляющих команд т. е. циклом. Так как различные корпусные детали имеют большое число поверхностей одинаковых по форме, но разных по размеру, то циклы в УП также часто повторяются по набору команд, но имеют различные по величине координатные перемещения.

Наиболее часто повторяются следующие элементарные поверхности: открытые плоскости, обрабатываемые за один или несколько ходов торцевой фрезы; сквозные и глухие отверстия, обрабатываемые сверлением, развертыванием, точением, резбонарезанием и цекованием. Для упрощения процесса технологической подготовки производства и уменьшения объема УП в память УЧПУ вносят постоянные циклы. Тогда при составлении УП программируется только номер цикла и габарит элементарной поверхности.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие циклы используют при обработке пазов концевыми фрезами?
2. Особенности обработки глубоких отверстий.
3. Описать циклы, используемые для обработки отверстий.
4. В какой последовательности рекомендуется обрабатывать корпусные детали?
5. Какие команды закладывают в УП при обработке на многоцелевых станках?
6. По каким осям могут осуществляться формообразующие движения рабочих органов электроэрозионного станка с ЧПУ?
7. Какие виды движения реализуют линейно-круговой интерполятор УЧПУ электроэрозионного станка?

Тема 2.3 Системы автоматизированного проектирования (САПР)

1. Основные сведения о САПР

Сущность САПР. Назначение и область применения САПР. Виды обеспечения САПР. Комплекс САПР. Подсистемы САПР. Классификация САПР

2. САПР для изготовления графических документов и моделей

Сущность САПР для изготовления графических документов и моделей. Назначение и область применения САПР для изготовления графических документов и моделей.

3. Оформление чертежа

Линейные размеры. Угловые размеры. Размеры дуг и окружностей. Размеры в виде выноски. Допуски формы и расположения поверхностей, шероховатость. Ввод и редактирование технических требований. Заполнение основной надписи чертежа.

4. Создание и редактирование моделей деталей

Знакомство с интерфейсом. Системная среда. Окна модели. Панели инструментов. Контекстное меню. Плоскости. Вспомогательные построения. Эскиз модели

и последовательность его построения и редактирования. Операции. Дополнительные элементы. Элементы приклеивания и вырезания. Массивы элементов. Пространственные кривые. Возможности редактирования моделей. Последовательность создания математически объемных, твердотельных моделей. Создание видов детали с модели, для чертежей. Расчет массо-центровочных характеристик.

5. САПР для изготовления технологических процессов (САПР ТП)

Виды проектирования. Уровни проектирования. Параметрическая оптимизация. Основные задачи САПР ТП. Принципы САПР ТП.

6. Проектирование технологических процессов с помощью САПР

Последовательность разработки технологического процесса. Основные принципы, используемые при разработке технологического процесса с помощью САПР. Формирование технологии изготовления деталей. Структурные и интерфейсные компоненты САПР ТП. Структура технологического процесса в САПР ТП. Работа с технологическими справочниками. Система трудового нормирования.

Литература: [1], [6], [7], [10], [12], [13], [14], [15], [17], [18]

Теоретические сведения

Система автоматизированного проектирования (САПР) — комплекс средств автоматизации проектирования, взаимосвязанных с необходимыми подразделениями проектной организации или коллективом специалистов (пользователем системы), выполняющей автоматизированное проектирование. Основная функция САПР — выполнение автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

В условиях современного производства к САД системам предъявляются высокие требования. Основные условия, которые должны предъявляться к САД системам, чтобы они были технологичны и изготовлены с высокой точностью, а также желательно, чтобы их можно было разбивать на отдельные поверхности. САД системы должны поддерживать моделирование трех видов: каркасное, поверхностное и твердотельное.

Каркасная модель является скелетным представлением объекта. Она не имеет поверхностей и состоит только из точек, линий и кривых, показывающих кромки объекта. Затем скелетную модель можно обшивать структурной сеткой для образования поверхностей.

Поверхностное моделирование сложнее каркасного, так как определяет не только кромки объекта, но и его поверхности. Затем все созданные поверхности сшиваются между собой в модель изделия.

Твердотельное моделирование - самый простой в использовании тип изготовления объекта. Модель получается методом выдавливания или вращения, затем вырезаются или вытягиваются, те части модели, которые нельзя было получить во время выдавливания или вращения.

При экспортировании моделей в CAD системе должны быть необходимые трансляторы, обеспечивающие корректную передачу данных, как в нейтральных форматах: IGES(*.igs); Parasolid (*.x...t, * x...b); STEP AP203, 214 (*.step); ACIS (*.sat); VDAFS (*.vda); DFX/DWG STL (*.stl); VRML (*.wrl); ITIFF (*.tif); JPEG (*.jpg), так и в трансляции моделей напрямую, в так называемых прямых интерфейсах с САМ системами.

Объем файла изготовленной модели должен быть минимальный, для удобства хранения и передачи его по различным сетям (локальным, глобальным).

В настоящее время на рынке представлено множество CAD систем для машиностроения. Но не все системы обладают эффективными средствами геометрического моделирования, и еще меньшее число систем способно довести изделие до станка и фактического производства.

CAD системы по уровню решаемых задач классифицируются на следующие группы:

- 1) низкого уровня, решающие небольшие конструкторские задачи, работают на персональных компьютерах (ПК);
- 2) среднего уровня, состоящие из программных пакетов или отдельных модулей, решающих достаточно сложные конструкторские задачи, работают на ПК со встроенными специальными модулями (графическим ускорителем, большой оперативной памятью, более высокочастотным процессором и т.д.);
- 3) высокого уровня, решающие не только всевозможные конструкторские задачи, а также и технологические, т.е. они имеют постпроцессор, который позволяет создавать управляющие программы и они уже называются CAD/CAM системами.

В современном мире существует множество CAD систем и с каждым годом их становится все больше. Эти системы постоянно совершенствуются. Рассмотрим наиболее распространенные CAD системы в нашей стране.

Самой распространенной CAD системой является AutoCAD – одна из разработок корпорации Autodesk (США). Этот программный продукт был разработан в 1984 году. За 29 лет пребывания на рынке программ он постоянно совершенствовался и пополнялся новыми модулями.

Система использует ядро математического моделирования ACIS и позволяет создавать управляемые размерами твердотельные модели.

Основной задачей AutoCAD является создание графических документов. Однако в системе имеется, также возможность создавать, модифицировать, визуализировать 3-D объекты. Программа AutoCAD поддерживает моделирование трех типов: каркасное, поверхностное и твердотельное. В модуле твердотельного моделирования AutoCAD можно формировать 3-D объекты создавая простые 3-D формы: прямоугольники, конусы, цилиндры, сферы, призмы и торы. Затем для построения более сложных твердотельных объектов вы можете комбинировать эти формы, используя операции сложения, вычитания или пересечения. Твердотельные модели можно создавать также методом изгиба 2-D объекта по контуру или вращения вокруг оси.

Кроме того возможности AutoCAD могут быть расширены за счет дополнительных программных продуктов, один из которых AutoCAD Mechanical.

AutoCAD Mechanical - это продукт для двумерного машиностроительного проектирования, черчения и расчетов. Кроме AutoCAD Mechanical включает в себя все функции AutoCAD плюс дополнительную функциональность, нацеленную на машиностроительный рынок. В дополнение к расширенному функциональному набору интерфейс AutoCAD Mechanical отличается от интерфейса AutoCAD за счет лучшей адаптации применительно к машиностроительному проектированию. В программном продукте реализовано много функций, повышающих эффективность создания и модификации проектов. Функции автоматического управления слоями (для двумерного черчения) и помощник параметров (для трехмерного моделирования) обеспечивают рост производительности пользователей при двумерном и трехмерном моделировании. Использование системных генераторов валов, пружин, ремней и цепей повышает эффективность работы инженера и устраняет необходимость перечерчивания объектов. Интегрированные функциональные возможности Genius обеспечивают ряд новых функций для ускорения процесса простановки размеров и аннотаций в чертеже, делая автоматические изменения в размерах и аннотациях, когда изменяется геометрия чертежа.

При экспортировании моделей в CAD системы имеются необходимые трансляторы, обеспечивающие корректную передачу данных, как в нейтральных форматах: IGES (*.igs); Parasolid (*.x...t, * x...b); STEP AP203, 214 (*.step); ACIS (*.sat); VDAFS (*.vda); DFX/DWG STL (*.stl); VRML (*.wrl); ITIFF (*.tif); JPEG (*.jpg)., так и в трансляции моделей напрямую, в так называемых прямых интерфейсах с CAM системами:

Unigraphics, PRO/Engineer, CATIA, CADKEY, PowerMILL, SurfCAM, EdgeCAM и др.

Однако для разработки более сложной трехмерной графики предпочтительны системы более высокого уровня.

Яркий представитель CAD системы среднего уровня является SolidWorks. Он представляет собой систему трехмерного конструирования и моделирования.

SolidWorks - разработка корпорации SolidWorks Corp. (США), которая в настоящее время является независимым подразделением транснациональной корпорации Dassault Systemes (Франция).

Система использует ядро математического моделирования Parasolid и позволяет создавать управляемые размерами твердотельные модели.

При экспортировании моделей в CAD системе есть необходимые трансляторы, обеспечивающие корректную передачу данных, как в нейтральных форматах: IGES (*.igs); Parasolid (*.x...t, * x...b); STEP AP203, 214 (*.step); ACIS (*.sat); VDAFS (*.vda); DFX/DWG STL (*.stl); VRML (*.wrl); ITIFF (*.tif); JPEG (*.jpg), так и в трансляции моделей напрямую, в так называемых прямых интерфейсах с CAM системами: Unigraphics, PRO/Engineer, CATIA, CADKEY, AutoCAD, SurfCAM, EdgeCAM и др.

В своем арсенале SolidWorks имеет множество модулей которые помогают ему лучше создавать модели.

Одним из них является модуль экспресс-анализа прочности - COSMOSXpress. COSMOSXpress является "облегчённой" версией пакета COSMOS/Works, и предназначен, в первую очередь, для инженеров-проектировщиков, не обладающих глубокими познаниями в теории конечно-элементного анализа. Тем не менее, COSMOSXpress позволяет проектировщику определить, где расположены концентраторы напряжений, оценить "перетяжелённые" элементы конструкции, из которых может быть удалён избыточный материал с целью снижения веса и, соответственно, стоимости будущего изделия.

COSMOSXpress выполнен в виде программы-помощника, подсказывающей пользователю последовательность действий, необходимых для подготовки расчётной модели и проведения анализа.

Отечественная CAD система КОМПАС -3D предназначена для создания твердотельных моделей. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа.

Ключевой особенностью КОМПАС -3D является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

В CAD системе КОМПАС -3D есть необходимые трансляторы, обеспечивающие корректную передачу данных, в нейтральных форматах: IGES (*.igs); Parasolid (*.x...t, *x...b); STEP AP203, 214 (*.step); ACIS (*.sat); DFX/DWG STL (*.stl); VRML (*.wrl); ITIFF (*.tif); JPEG (*.jpg).

Кроме этого CAD система КОМПАС имеет модули, которые помогают ему лучше создавать модели типовых деталей, например система КОМПАС SHAFT Plus предназначена для параметрического проектирования деталей типа «тела вращения» — валов, втулок, цилиндрических и конических шестерен, червячных колес и червяков, шкивов ременных передач. Обеспечивается построение шлицевых, резьбовых и шпоночных участков на ступенях валов, ступеней квадратного и шестигранного сечений, центровых отверстий, канавок. Сложность моделей валов не ограничена, количество ступеней - любое.

С помощью КОМПАС Shaft Plus можно выполнять проектные и проверочные расчеты цилиндрических и конических зубчатых, цепных, червячных, ременных передач, автоматически формировать для них технические требования, таблицы параметров, выносные элементы с профилями зубьев (при изменении расчетных параметров передач они перестраиваются автоматически). Дизайнер отчетов FastReport позволяет создавать пользовательские формы таблиц, содержащих параметры элементов механических передач.

Параметрические изображения валов сохраняются непосредственно в чертеже и доступны для последующего редактирования средствами системы КОМПАС SHAFT Plus. При создании и редактировании может быть изменен порядок ступеней вала (методом простого перетаскивания мышью Drag&Drop), изменен любой параметр ступени, выполнено удаление сту-

пени. Система позволяет автоматически создавать в чертеже виды тела вращения слева и справа, отрисовывать сечения.

КОМПАС-SHAFT 3D является развитием библиотеки КОМПАС-SHAFT Plus и функционирует в среде пакета трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-SD. Система предназначена для проектирования и построения трехмерных твердотельных моделей валов, втулок и цилиндрических прямозубых шестерен внутреннего и внешнего зацепления. Она обеспечивает построение цилиндрической и конической ступеней вала, а также ступеней типа шестигранник и квадрат. Дополнительными элементами для ступеней могут быть канавки различной формы (их формирование обеспечивает специальная Библиотека канавок для КОМПАС-3D, входящая в комплект поставки КОМПАС-SHAFT 3D).

Создание моделей в САД системах зависит от многих факторов, которые необходимо знать при разработке моделей. Для начала вы должны выбрать программный продукт, в котором вы будете создавать модели изделий.

Основанием для выбора того или иного программного продукта должна служить категория сложности изделия.

При выборе САД системы нужно еще учитывать технические возможности вашего ПК или графической станции.

Потом нужно изучить возможности программы. Затем настроить системную среду и панели инструментов, которые вам понадобятся. После этого необходимо изучить контекстное меню, которое появляется при тех или иных командах. И в заключение, вы должны приобрести навыки работы с программным продуктом, выполняя примеры конструирования моделей изделий, которые поставляются вместе с программой.

После всех этих этапов изучения САД системы можно приступить к проектированию моделей изделий.

Профессиональные навыки работы с САД системой, как правило, приобретаются через долгий период времени.

В основе решения задач структурного синтеза различной сложности лежит перебор вариантов счетного множества. При переборе каждая проба включает: создание (поиск) очередного варианта, принятие решения о замене ранее выбранного варианта новым и продолжение или прекращение поиска новых вариантов.

Задачи структурного синтеза при автоматизированном технологическом проектировании зависят от уровня сложности. В наиболее простых задачах синтеза (первого уровня сложности) задается структура

ТП или его элементов (операции, перехода). В этом случае часто используют таблицы применимости (табличные модели).

Для полного перебора вариантов структуры из конечного множества необходимо задавать перечень всех элементов этого множества (второй уровень сложности структурного синтеза). Такой перечень создается в виде каталога типовых вариантов структуры, например типовых технологических маршрутов. Тогда для данного класса (группы, подгруппы или вида) деталей устанавливается так назы-

ваемый обобщенный маршрут (обобщенная структура) обработки. Он включает перечень операций обработки, характерный для определенного класса, подкласса или группы деталей. Перечень является упорядоченным и представляет собой множество существующих индивидуальных маршрутов. Эти маршруты имеют типовую последовательность и содержание, причем для предприятия или отрасли они отражают передовой производственный опыт.

При третьем уровне сложности структурного синтеза решаются задачи выбора варианта структуры во множестве с большим, но конечным результатом известных вариантов. Для решения таких задач используют алгоритмы направленного перебора (например, алгоритмы дискретного линейного программирования), алгоритмы последовательные, итерационные и др.; сведения задачи к полному перебору путем ограничения области поиска на стадии формирования исходных данных. Например, оптимизация плана обработки поверхности представляет задачу структурного синтеза, когда выбор варианта плана происходит во множестве с большим, но конечным числом известных вариантов. Для поиска оптимального варианта используют алгоритмы дискретного программирования, находят условия, которым должен удовлетворять оптимальный многошаговый процесс принятия решений. Подобный анализ называют динамическим программированием. Оптимальная стратегия обладает тем свойством, что, каков бы ни был путь достижения некоторого состояния (технологического перехода), последующие решения должны принадлежать оптимальной стратегии для части плана обработки поверхности, начинающегося с этого состояния (технологического перехода). Для того чтобы учесть сформулированный принцип оптимальности, можно использовать следующие обозначения: $f(p_i)_y$ — технологическая себестоимость, отвечающая стратегии минимальных затрат для плана обработки от технологического перехода p_i , до последнего перехода (если до него остается n шагов); $j_n(p_i)$ — решение, позволяющее достичь $f_n(p_i)$.

Общей особенностью всех моделей динамического программирования является сведение задач принятия решения к получению рекуррентных соотношений, которые можно представить в следующем виде:

$$f_n(p_i) = \min[C_{Pij} + f_{n-1}(p_j)] \quad (3.1)$$

где C_{Pij} — технологическая себестоимость при выполнении технологического перехода p_j после перехода p_i

Возможные варианты плана обработки поверхности представляют сеть или граф. Рекуррентное соотношение (3.1) позволяет из множества сформированных вариантов выбрать один или несколько лучших с указанием глубин резания, подач и скорости резания по технологическим переходам, а также заготовку.

К третьему уровню сложности структурного синтеза ТП и его элементов также относят задачи целочисленного программирования; при этом программировании к требованиям линейности критерия и ограничений добавляется условие целочисленности переменных. Например, имеющуюся совокупность $\{p\}$ переходов необходимо распределить по позициям станка (вертикального или горизонтального многошпиндельных токарных полуавтоматов, пруткового автомата и др.), для чего вводят переменные

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й переход выполняется на } j\text{-й позиции;} \\ 0 & \text{— в противном случае} \end{cases}$$

где $i=1,2,\dots,p$; $j=1,2,\dots,m$.

При этом учитывают основные группы ограничений, связанных:

- 1) с необходимостью закрепления определенных переходов за позициями станка:

$$\sum_{j \in A_i} x_{ij} = 1,$$

где A_i — множество индексов позиций, на которых может быть выполнен i -й переход;

- 2) с требованием определенной очередности выполнения переходов:

$$x_{ij} \leq \sum_{v=1}^i x_{i',v} \text{ для всех } i' \in B_i, j \in A_{i'}$$

где B_i — множество индексов переходов, без выполнения которых нельзя выполнить переход с индексом i ;

- 3) с возможностью совмещения нескольких переходов на одной позиции

$$\sum_i x_{ij} \leq k,$$

при котором, суммирование ведется по индексам рассматриваемых переходов. Целое число k означает количество совмещенных на одной позиции переходов.

Если при указанных ограничениях требуется найти минимум целевой функции

$$Z = \sum_i \sum_j C_{ij} x_{ij}$$

(где C_{ij} — себестоимость i -го перехода на позиции j), то задачу целочисленного программирования с булевыми переменными можно решить методом частичного перебора (аддитивный алгоритм).

Задачи структурного синтеза четвертого уровня сложности (выбор вариантов во множестве с заранее неизвестным числом элементов или вообще в бесконечном множестве) решаются при активном участии технолога-проектировщика и реализуются в режиме диалога с ЭВМ. Например, при проектировании инструментальной наладки для пруткового автомата в режиме диалога устанавливается определенный порядок взаимодействия технолога и машины. Технолог, работающий в режиме диалога с ЭВМ, выбирает такой вариант структуры, который представляет собой оптимальный компромисс между производительностью работы автомата и вероятностью обеспечения заданного качества обрабатываемой детали. ЭВМ помогает технологу принять решение об изменении структуры, рассчитав по программе режимы резания и производительность автомата.

Общую трудоемкость проектирования наладки можно уменьшить с помощью перехода от диалогового режима к пакетному. Подобные задачи решают путем применения процедур обучения (процедур формирования понятий). В качестве процедур обучения используют программы распознавания и классификации. При этом происходит перераспределение рутинной и творческой работы при использовании пакетного режима более высокого уровня, технолог занимается подготовкой исходных данных и проверяет окончательный результат.

Пятый, самый сложный, уровень структурного синтеза направлен на создание принципиально новых ТП и решается так называемым поисковым конструированием (искусственный интеллект).

Одним из путей поискового конструирования является использование метода эвристических приемов:

уяснение или формулирование технического задания (ТЗ);
выбор одного или нескольких аналогов (прототипов) ТП;
анализ прототипов.

Расчет оптимальных параметров (режимов резания, параметра качества и др.) ТП или операции при заданной структуре с позиции не которого критерия называют параметрической оптимизацией, которая предусматривает определение таких значений параметров x , при которых некоторая функция $F(X)$, называемая целевой функцией, или функцией эффективности (например, приведенные затраты, технологическая себестоимость, штучное время, штучная производительность, технологическая производительность, вспомогательное время и др.), принимает экстремальное значение.

Для решения задач оптимизации в технологическом проектировании используют функциональные математические модели и методы математического программирования - линейное, целочисленное, динамическое, геометрическое и др.

В технологическом проектировании оптимизационные модели описанные методами математического программирования, записывают в следующем виде:

$$\left. \begin{aligned} F(x_1, x_2, \dots, x_n) &\rightarrow \min(\max) \\ g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\leq b_i, i = \overline{1, m}, \\ a_{1i} &\leq x_j \leq a_{2i}, i = \overline{1, n} \end{aligned} \right\}$$

где все управляемые x_j могут принимать значения из множества $[a_{1i}, a_{2i}]$ действительных чисел; $F(X)$ и $g_i(X)$ — скалярные функции своих аргументов; b_i — заданные действительные функции.

Задачи подобного типа в технологии машиностроения возникают при определении оптимальных режимов обработки. В этом случае применяют методы линейного и нелинейного программирования.

Современная САПР при ее полном развитии должна включать автоматизированное решение всех задач, встречающихся при технологическом проектировании. Причем для решения каждой задачи предполагается создание отдельной подсистемы автоматизированного проектирования. Примерный состав подсистем показан на рисунке 1.

Подсистемы автоматизации технологического проектирования предусматривают решение следующих задач.

- Разработка технологии литейного производства.
- Разработка технологии сварки и резки металлов, подготовки программ для сварочных автоматов и для резки металлов с ЧПУ.
- Разработка технологии кузнечно-штамповочного производства, подготовки программ для прессов с ЧПУ.
- Разработка технологии механической обработки: типовых групповых и единичных технологических процессов, автоматных операций, технического нормирования, подготовки программ для станков с ЧПУ.
- Разработка технологии сборки: операционных технологических процессов сборки, подготовки управляющих программ для промышленных роботов.
- Разработка технологии химических, термохимических, химико-механических, электрических, термических методов обработки, металлопокрытий, окраски.

Подсистемы конструирования средств технологического оснащения должны включать инвариантные части (модули), позволяющие решать для различных подсистем технологического проектирования следующие задачи: проектирование специального оборудования, проектирование специальной оснастки, проектирование специальных режущих инструментов, проектирование специальных мерительных инструментов. Для осуществления функций связи между отдельными подсистемами САПР ТП должна быть разработана специальная подсистема стыковки.

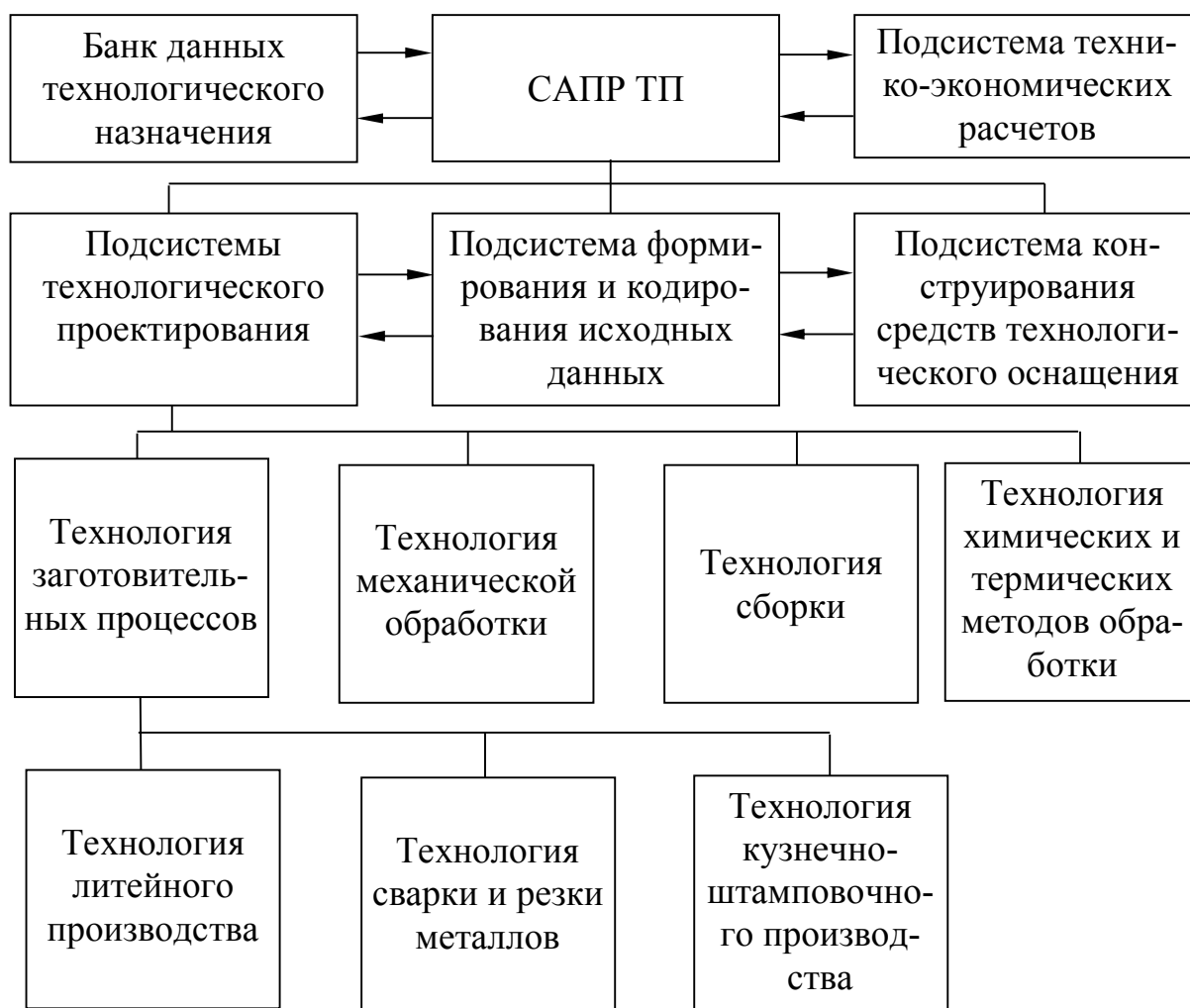


Рис. 1. Функциональный состав комплексной САПР ТПП машиностроительного предприятия

Эту функцию, как показано на рис. 1, выполняет подсистема формирования и кодирования исходных данных, которая осуществляет выборку, переработку и систематизацию данных, выдаваемых предыдущими подсистемами, а также подготовку данных для работы последующих подсистем технологического проектирования.

Для хранения, поиска и первичной переработки данных, необходимых при проектировании, в САПР ТП служит банк данных технологического назначения.

Системное проектирование технологических процессов базируется на двух основных принципах.

Принцип 1. Применение при проектировании технологических процессов *системного подхода*.

Системный подход основывается на следующих положениях.

- Технологический процесс нужно рассматривать, с одной стороны, как просто перечень отдельных его элементов (операций, переходов и т.д.), а с другой стороны, как совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных элементов. Таким образом, необходимо рассматривать *структуру технологического процес-*

са, под которой понимается множество его элементов и множество связей между ними. Если $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$ - множество элементов технологического процесса, $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ - множество связей между элементами, то $Str = \{V, S\}$ - структура технологического процесса (рис. 2).

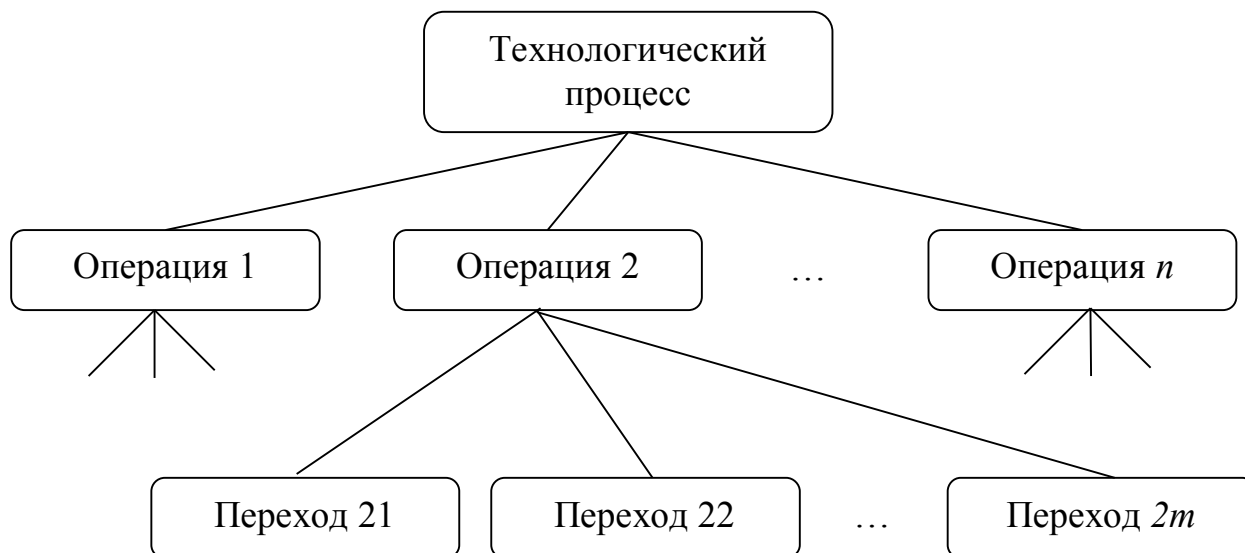
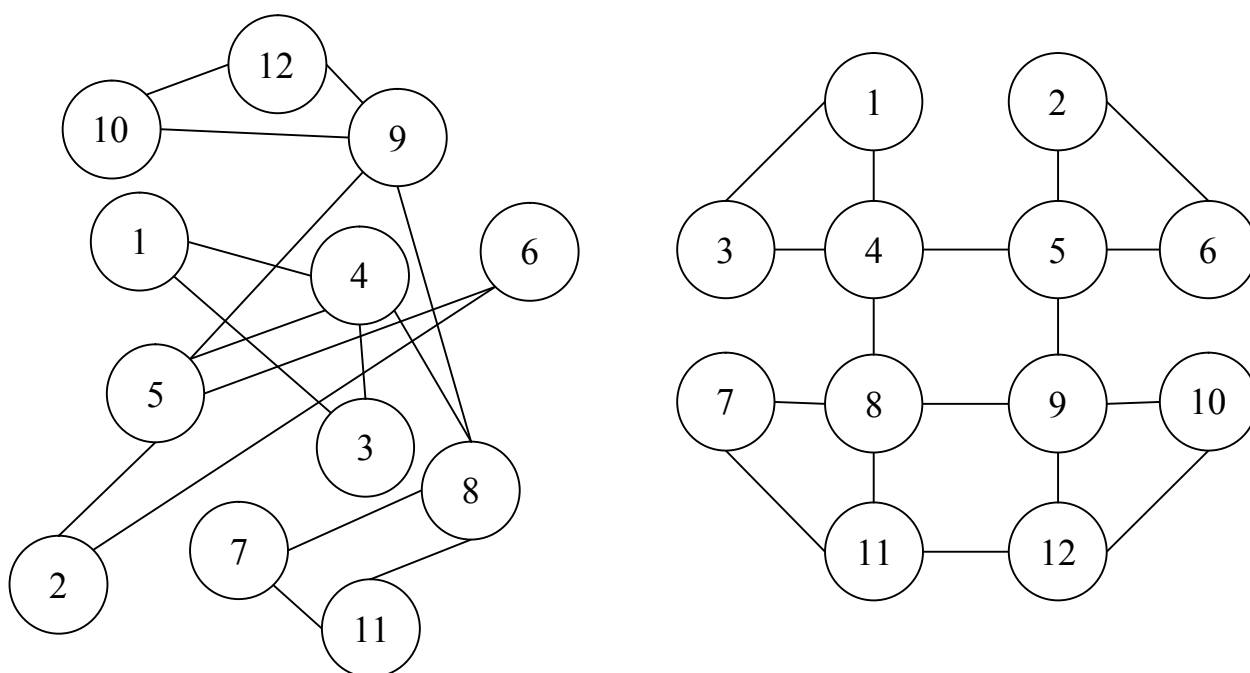


Рис. 2. Представление структуры технологического процесса в виде дерева

- Процесс проектирования технологического процесса – это, с одной стороны, просто перечень отдельных его этапов (выбор заготовки, определение маршрута обработки детали и т.д.), а с другой стороны, совокупность взаимосвязанных и взаимообусловленных этапов;
- Необходимо осуществлять рациональное разбиение процесса проектирования на части. Проектирование технологического процесса – сложная задача. Общепринятый подход к решению сложных задач – разбиение их на простые задачи и их решение во взаимосвязи друг с другом. «Простые» задачи при проектировании технологического процесса: выбор типа заготовки, расчет режимов резания и т.д.;
- Принятие оптимальных решений.

Принцип 2. Использование при проектировании технологических процессов рационального сочетания традиционных (иногда «ручных») методов проектирования и достижений теории множеств, теории графов, теории оптимизации и других современных системных наук, ориентированных на использование ЭВМ. Применение принципов системного проектирования позволяет систематизировать знания в любой области, «навести в ней порядок». Рис. 3 (а, б) показывает, чем отличается представление знаний без использования принципов системного проектирования и с использованием этих принципов.



а) без использования принципов
системного проектирования

б) с использованием принципов
системного проектирования

Рис.3. Представление знаний в определенной области

Вопросы для самоконтроля

1. Что называется САПР?
2. Какая основная функция САПР?
3. В чём заключается преимущество преимуществ CAD систем высокого уровня над остальными CAD системами?
4. Как классифицируют CAD системы?
5. От каких факторов зависит выбор CAD системы?
6. Уровни проектирования в САПР ТП.
7. Что представляет собой параметрическая оптимизация?
8. Принципы проектирования в САПР ТП.

Практическая работа №1
Создание модели детали

Практическая работа №2

Проектирование операций, технологического процесса изготовления плиты

Тема 2.4 Системы автоматизированного программирования (САП)

1. Основные принципы автоматизации процесса подготовки УП

Сущность автоматизированной подготовки УП. Уровни автоматизации программирования. САП, структура, классификация. Классификация САП. Структура САП.

2. Языки САП

Входной язык САП. Промежуточный язык «Процессор-постпроцессор»

3. Системы автоматизации программирования, CAD/CAM/CAE системы

Отечественные и зарубежные САП. Системы CAD/CAM/CAE. Структура CAD/CAM/CAE систем. Классификация CAD/ CAM/CAE систем. Этапы разработки УП в CAD/ CAM системах.

4. Моделирование процессов изготовления изделий в CAD/CAM системах

Системная среда. Окна модели. Панели инструментов. Контекстное меню. Создание моделей. Импортирование моделей. Работа с базами данных заготовок, инструментов. Стратегии обработки в CAD/CAM системе. Последовательность разработки исходной информации в CAD/CAM системе, для различных видов обработки. Получения УП с использованием различных постпроцессоров.

5. Особенности подготовки УП для сверхскоростного фрезерования

Высокоскоростная обработка. Требования к САМ-системам для высокоскоростной обработки. Преимущества высокоскоростной обработки для изготовления изделий. Перспективы развития высокоскоростной обработки.

Литература: [8], [9], [19], [20]

Теоретические сведения

В зависимости от метода решения задач различаются четыре уровня автоматизации программирования: первый уровень (ручное программирование) – подготовка УП вручную с применением настольных или карманных калькуляторов и устройств подготовки данных на перфоленте (УПДЛ) или другой простой техники; второй уровень (низкий) – использование ЭВМ для обработки некоторых задач, в основном расчетно-вычислительного характера; третий уровень (средний) – обработка на ЭВМ отдельных переходов; четвертый уровень (высокий) – разработка с помощью ЭВМ операционного технологического процесса и работ всех этапов подготовки УП.

Обычно УП в САМ формируется в два этапа. На первом этапе процессор ЭВМ перерабатывает введенную информацию с помощью программного блока САМ, представляющего собой элемент ПМО. Этот программный блок, так же как и вычислительный блок ЭВМ, называется процессором.

Результатом работы процессора является полностью рассчитанная траектория движения инструмента.

Блок трансляции, называемый часто также препроцессором или блоком ввода и декодирования, выполняет следующие функции:

1) считывание исходной программы обработки детали с внешнего носителя: перфоленты или перфокарты; возможен ввод информации и с клавиатуры дисплея;

- 2) ввод введенной программы обработки детали на печать или на экран дисплея;
- 3) синтаксический анализ операторов входного языка исходной программы и вывод (печать) сообщений об ошибках (при их наличии);
- 4) преобразование информации, записанной в исходной программе, из символьной формы во внутримашинное представление. Числа переводятся из символьной в действительную или целую форму, ключевые слова заменяются соответствующими кодами, данные о геометрических элементах контура и о направлении движения инструмента организуются в специальные массивы. Целью этих действий является подготовка данных для работы других блоков процессора.

Результаты работы процессора обрабатываются другим программным блоком САМ – постпроцессором, который непосредственно формирует УП.

Блок «сервис», перерабатывающий постоянную информацию о станках, инструментах и материалах. Постоянная информация подготавливается в анкетных формах и вводится в ЭВМ. Блок «сервис» систематизирует и записывает эту информацию в долговременную память ЭВМ в виде таблиц параметров, обращение к которым ведется по указываемым в исходной информации названиям станков, инструментов и материалов заготовки.

Исходная информация для большинства САМ записывается на проблемно-ориентированных машинных языках. Отдельные подсистемы комплексных САМ используют подмножества единых языков.

Машинный язык должен удовлетворять ряду требований. Одно из главных – простота записи. Данные с чертежей и другой технологической документации должны переноситься в текст исходной информации без существенных пересчетов размеров и изменения обозначений. Язык должен быть таким, чтобы технолог-программист мог использовать ЭВМ при ограниченном объеме специальных значений в области вычислительной техники. К языку предъявляется и чисто техническое требование: информация должна записываться символами, кодирование которых предусмотрено стандартными устройствами подготовки данных и клавиатурой терминальных устройств ЭВМ.

Входной язык, промежуточный язык «процессор – постпроцессор» и язык кодирования УП являются исходной, промежуточной и выходной формами представления информации при ее переработке в САМ. Эти языки находятся на различных стадиях унификации. Так, язык кодирования УП – код ISO – широко распространен и принят в качестве единого кода для отечественных станков с ЧПУ. Промежуточный язык «процессор-постпроцессор» используется в большинстве зарубежных и отечественных САМ в редакции, рекомендованной ИСО.

Одна из наиболее распространенных САМ систем, для станков с ЧПУ различных моделей, является PEPS, одна из разработок корпорации Autodesk Corp. (США).

PEPS (Production Engineering Productivity System - производственно-технологическая высокопроизводительная система) представляет собой высококачественную систему САМ для подготовки управляющих и программ обработки для широкого класса деталей на станках с ЧПУ типов NC и CNC.

PEPS может использоваться как одно-пультная система на микрокомпьютере, или на крупных миникомпьютерах или на компьютерах с центральным блоком обработки данных, в полном соответствии с требованиями фирмы и мощностью ее вычислительной техники. В любом случае PEPS предлагает одинаковые возможности, реализуемые, однако, с разной скоростью, зависящей от применяемого компьютера.

PEPS представляет собой интерактивную графическую систему, обладающую большими возможностями для проверки программы и быстрого редактирования. Важной особенностью системы является мощный и гибкий процессор (Macro Processor). Он, совместно с составляемым пользователем постпроцессором, формирует кадры управляющих программ для большинства используемых систем ЧПУ. Важно отметить, что в САМ системе поставляется единственный постпроцессор, которому может быть придана пользователем нужная конфигурация для обслуживания каждой из систем ЧПУ в его форме.

PEPS представляет неограниченные возможности геометрических определений точек, прямых и окружностей на плоскости. Имеется девятнадцать способов определения точки, пятнадцать - прямой и пятнадцать - окружности, в дополнение к одиннадцати определениям скаляров и командам проверки размеров.

Имеющиеся в PEPS граничные геометрические определения делают возможным построение и изменение профиля деталей. Аппроксимированные (splined) кривые также могут быть определены набором эмпирических данных. Наличие граничной геометрии особенно важно для интерфейса с системами CAD. Для граничной геометрии и траектории инструмента имеется возможность трехмерного преобразования. Это позволяет обеспечивать обработку различных деталей.

Возможности моделирования и импорта обеспечивают пользователей независимостью от систем конструктивного проектирования (поддерживаемые форматы файлов IGES, DWG, SAT, STL, включая форматы для передачи моделей Inventor (IPT)).

Как правило, программный продукт CAD/ CAM/CAE состоит из отдельных, взаимосвязанных между собой программных модулей, решающих те или иные задачи. Эти модули приобретаются пользователями, как в комплексе, так и отдельно. Это позволяет создавать определенную программную конфигурацию единой компьютерной сети предприятия, исходя из его потребности и возможностей.

Схема единой конфигурации компьютерной сети предприятия у различных фирм в определенной мере различна, но она (в той или иной мере) дает возможность решать разнообразные задачи конструкторско-технологического проектирования и автоматизации от выпуска чертежной документации и трехмерного моделирования узлов, агрегатов до получения реального прототипа, электрода для электроэрозионного станка, управляющих программ для оборудования с ЧПУ и готовой детали.

Естественно, что единая конфигурация у фирм строится на базе фирменного программного продукта, который и определяет сложность и разнообразие решаемых задач на базе компьютерной техники соответствующего уровня.

Модульная структура современных CAD/CAM систем и наличие общепринятых стандартов обмена данными между ними открывает широкие перспективы для малых предприятий, и в первую очередь, это связано с возможностью для крупных предприятий работать по системе размещения заказов на выполнение отдельных видов (этапов) работ среди специализированных малых предприятий, имеющих соответствующие модули CAD/ CAM систем. Такая схема давно и широко практикуется во всех развитых странах.

Подготовка УП для станков, обеспечивающих при обработке одновременное управление тремя координатными перемещениями и более, практически не выполняется без применения специального программного обеспечения и соответствующей компьютерной техники. Сложнейшие траектории перемещения центра инструмента, введение различных коррекций требуют выполнения громадных расчетов еще до оформления непосредственно УП для заданного станка.

Но ведь еще необходимо проработать и технологические варианты, оптимизировать схемы удаления припуска, проверить работоспособность принятого инструмента и т.д. Решение всех этих технологических вариантов обеспечивается CAM модулями рассматриваемых систем.

CAD/CAM/CAE системы по уровню решаемых задач классифицируются на следующие группы:

- 1) низкого уровня, решающие небольшие конструкторские и технологические задачи, работают на персональных компьютерах (ПК);
- 2) среднего уровня, состоящие из программных пакетов или отдельных модулей, решающих достаточно сложные конструкторские и технологические задачи, работают на ПК со встроенными специальными модулями (графическим ускорителем, большой оперативной памятью, более высокочастотным процессором и т.д.);
- 3) высокого уровня, решающие не только сложнейшие конструкторские задачи, а также и технологические, т.е. они имеют постпроцессор, который позволяет создавать управляющие программы. Системы этой группы работают на мощных графических станциях или графических серверах под управлением программы UNIX или Windows NT.

В современном мире существует множество CAD/CAM систем и с каждым годом их становится все больше. Эти системы постоянно совершенствуются.

Рассмотрим одну из современных CAD/CAM систем, которая уверенно завоевывает Российский рынок программных продуктов.

CAD/CAM система EdgeCAM разработанная компанией Pathtrace Engineering Systems, является мощным инструментом для решения всех задач производственного процесса – от получения детали до создания и передачи управляющей программы на устройства ЧПУ.

Программный продукт EdgeCAM является одной из ведущей мировых разработок в области создания управляющих программ обработки на станках с ЧПУ токарной, фрезерной и электроэрозионной групп.

Простой для понимания и использования Windows – интерфейс позволяет вызов команд из всплывающего меню; осуществляет технологию «Drag & Drop» для

редактирования; динамическое масштабирование, перемещение и вращение; поименованные слои (до 64 знаков) и работа со слоями через проводник «дерева» или падающее меню; настройка видовых экранов на различные конфигурации отображения в каждом отдельном видовом экране; единая графическая среда для проектирования деталей и моделирования технологии обработки.

CAD/CAM система EdgeCAM имеет в своем ассортименте набор высокопроизводительных модулей для таких видов обработки как:

токарные операции, которые предназначены для подготовки управляющих программ обработки наружных, внутренних, торцевых, спиральных и винтовых поверхностей тел вращения на токарных, многорезцовых и многооперационных станках с ЧПУ, с использованием разнообразных стратегий обработки - продольная и поперечная обработка торцов, предварительная обработка заготовки в продольном или поперечном направлении, контурная обработка наружных и внутренних поверхностей, предварительная и чистовая обработка наружных, внутренних и торцевых выточек, нарезание одно – и многозаходных резьб;

фрезерные операции, которые предназначены для подготовки управляющих программ фрезерной 2,5-5 координатной обработки на вертикально – и горизонтально-фрезерных, агрегатных и многопозиционных станках с ЧПУ, с применением разнообразных стратегий призматической и поверхностной обработки – спиральная или строчная обработка внутренних областей («карманов»), вертикальных и наклонных поверхностей с шагом по глубине, профильная обработка внутренних и наружных контуров, чистовая обработка внутренних ребер, чистовая спиральная обработка по проекции произвольных кривых, окружностей, замкнутых границ поверхностей или предварительно рассчитанной траектории, гравировка надписей и рисунков на произвольных поверхностях;

операции обработки отверстий, которые предназначены для подготовки управляющих программ черновой и чистовой механообработки отверстий на станках с ЧПУ, с использованием различных циклов обработки;

операции электроискровой обработки, которые предназначены для подготовки управляющих программ контурной (2 координатной) и профильной (4 координатной) предварительной и чистовой обработки на электроэрозионных станках.

Система также имеет в своем составе функцию автоматического создания заготовок. Используется для быстрого создания заготовки в форме цилиндра, параллелипида или указанного профиля с заданной величиной припуска (min max) по осям X,Y,Z, а в случае необходимости проектируются заготовки различной конфигурации.

Программа также имеет в своем составе широкий выбор режущего инструмента:

токарный инструмент – обдирочные, проходные, канавочные, отрезные, точные и другие резцы;

фрезерный инструмент – цилиндрические, сферические, шпоночные и угловые фрезы;

инструмент для обработки отверстий – сверла, протяжки, зенковки, борштанги и др.

Выбор стандартного инструмента производится из библиотеки, пополняемой пользователем, в которой кроме параметров режущего инструмента, могут быть сохранены параметры и режимы обработки, графика режущего и вспомогательного инструмента и многое другое.

Визуализация траектории обработки и процесса резания позволяет моделировать на экране процесс обработки – создать установочную схему крепежа заготовки и инструмента, просмотреть траекторию движения инструмента, контролем перемещений на холостом ходу и возможных столкновений с крепежной оснасткой, сделать сечения обработанной заготовки для детализации сложных мест и визуализации качества обработки, провести сравнение конструкторской и технологических моделей.

Универсальный постпроцессор предоставляет широкие возможности по адаптации системы и обеспечению правильной структуры кадров разработанных управляющих программ под конкретное устройство ЧПУ. Работая с «Мастером постпроцессоров» Вы управляете структурой будущей управляющей программой по своему желанию, логическое разбиение вопросов на группы и технология «drag and drop» обеспечивает гибкость разработки, а библиотека «шаблонов», содержащая более 3500 постпроцессоров для различного оборудования, обеспечивает простоту создания нового постпроцессора.

Интерфейс позволяет создать сетевой комплекс «PC – технолога – стойка ЧПУ» для передачи данных, через порт RS -232, от рабочего места технолога – разработчика к устройству ЧПУ и получения данных обратно для редактирования или реинжиниринга.

Возможности моделирования и импорта обеспечивают пользователей независимостью от систем конструктивного проектирования (поддерживаемые форматы файлов IGES, DWG, SAT, STL, включая форматы для передачи моделей Inventor (IPT), Solid Edge (PAR), SolidWorks (PRT, SLDPRT), Parasolid (X_T, X_B, XMT_TXT, XMT_BIN), Catia (MODEL, EXP) и другие). В настоящее время EdgeCAM является технологической системой, которая поддерживает твердотельные модели Autodesk Inventor.

Интеграция EdgeCAM с Mechanical Desktop обеспечивает в едином сеансе работы построение поверхностной и твердотельной геометрической модели изделия, дополнительных построений технологической геометрии средствами Mechanical Desktop и разработку технологических переходов механообработки, созданной модели изделия, средствами EdgeCAM. При этом единый файл сохраняется в формате DWG, с добавлением, в сохраняемый DWG – файл, технологической информации. Такая интеграция EdgeCAM с Mechanical Desktop и другими CAD системами позволяет построить высокопроизводительную систему сквозного проектирования – от чертежа изделия до технологии его изготовления.

В современной CAD/CAM системе основная работа по подготовке УП делится на следующие этапы:

- подготовка модели в CAD модуле системы;
- технологическая проработка этой модели;

- ввод исходной информации в САМ модуль системы;
- расчет УП;
- контроль траектории;
- формирование УП для заданного станка;
- передача УП для проверки на станке с ЧПУ.

Все CAD/CAM системы обладают конструкторскими и технологическими возможностями, но приоритетное направление в системе, может быть или конструкторское или технологическое, т.е. система может обладать более мощным модулем CAD или CAM. Поэтому те или иные CAD/CAM системы используются в большей степени, или для конструкторских, или технологических задач. Следовательно, выбор той или иной CAD/CAM системы зависит от сложности изделия или трудоемкости технологии изготовления.

Конструирование и изготовление поверхностей моделей изделий в CAD/CAM системах зависит от многих факторов. Для начала вы должны выбрать программный продукт, в котором вы будете создавать модели и разрабатывать управляющие программы для станков для них.

Основанием для выбора того или иного программного продукта должна служить степень сложности изделия и технологии изготовления.

При выборе CAD системы нужно еще учитывать технические возможности вашего ПК или графической станции.

Потом нужно изучить возможности программы. Затем настроить системную среду и панели инструментов, которые вам понадобятся. После этого необходимо изучить контекстное меню, которое появляется при тех или иных командах. И в заключении отработать свои навыки работы с программным продуктом на примерах, которые, как правило, поставляются вместе с программой.

После всех этих этапов изучения CAD/CAM системы можно приступить к проектированию моделей изделий и их изготовлению.

Профессиональные навыки работы с CAD/CAM системой, как правило, приобретаются через период времени, гораздо больший, чем при освоении CAD или CAM системы.

Интенсификация производства требует использования высокоскоростных методов обработки, особенно при фасонном фрезеровании, поскольку этот процесс наиболее трудоемок. В настоящее время это возможно при использовании ультрасовременных станков с ЧПУ, частота вращения шпинделя у которых составляет $50000-60000 \text{ мин}^{-1}$, а подачи от 3000 мм/мин до 5000 мм/мин . Естественно, что работа при таких режимах имеет существенные особенности, определяющие не только саму работу, используемый станок и инструмент, но и подготовку процесса, особенно разработку УП.

Сущность высокоскоростной обработки заключается в том, что при увеличении скорости резания выше определенного максимального значения, температура в зоне резания начинается снижаться.

Первоначально высокоскоростная обработка была применена при изготовлении алюминиевых деталей для авиакосмической промышленности. Однако сейчас этот вид обработки находит свое применение и в машиностроении.

Но, безусловно, высокоскоростная обработка требует от систем управления станком дополнительных усовершенствований. При этом при выборе УЧПУ для управления станком, должны учитываться следующие факторы:

- для обеспечения непрерывного движения инструмента требуются высокие скорости обработки данных (около 200 блоков в минуту);
- система ЧПУ должна просматривать данные как минимум на 100 блоков вперед, с тем, чтобы вычислять изменение величины подачи при подходе инструмента к острым углам и отходе от них;
- для повышения качества поверхности и снижения нагрузок на инструмент необходимо, чтобы закон изменения величины подачи имел плавный колоколообразный вид, так как причиной возникновения подобных проблем являются слишком резкие ускорения.

Определенные требования высокоскоростная обработка предъявляет и к модулю CAM CAD/CAM системы, который используется при подготовке УП. Это в первую очередь касается скорости вычислений при подготовке УП, определению стратегии обработки, характера построения и редактирования траекторий, предотвращения врезаний.

Скорость вычислений должна быть высокой потому, что при высокоскоростной обработке величины шага и глубины резания значительно меньше, чем при обычной обработке, а, следовательно, и количество кадров УП тоже больше.

При выборе стратегии обработки особое внимание должно быть уделено исключению резких изменений направления движения инструмента, которые могут приводить. Следовательно, CAD/CAM-система должна обеспечивать широкий выбор альтернативных стратегий обработки.

Возможности CAD/CAM-системы по редактированию траекторий очень важны, так как они позволяют существенно снизить время подготовки УП для деталей с симметричными или повторяющимися элементами.

При высокоскоростной обработке предотвращение врезаний еще более существенно, чем при традиционной, так как в случае неправильного врезания, инструмент быстрее выходит из строя.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие уровни автоматизации программ вы знаете?
2. Какова структура CAM системы?
3. Какие языки программирования используются для CAM систем?
4. Уровни решаемых задач CAD/CAM/CAE систем?
5. Какова структура CAD/CAM/CAE систем?
6. Какие этапы работы осуществляются в CAD/CAM системе при подготовке УП?
7. От каких факторов зависит выбор CAD/CAM системы?
8. Что представляет собой высокоскоростная обработка?
9. Какие требования предъявляют к CAD/CAM системам для высокоскоростной обработки?

Практическая работа №3

Подготовка УП для сверлильной и фрезерной обработки в CAD/CAM системе

Тема 2.5 Программирование промышленных роботов и роботизированных технологических комплексов

1. Классификация систем управления ПР

Общие схемы и методы программирования ПР.

2. Входные языки управления робототехническими системами и электроавтоматикой

Языки для управления цикловыми ПР. Язык программирования роботов VAL. Язык ЯПТ. Языки программирования электроавтоматики.

3. Методика программирования промышленных роботов

Виды программного управления ПР. Методы программирования. Последовательность разработки и записи УП для ПР при различных видах программного управления. Роботизированные технологические комплексы (РТК). Взаимодействие ПР со станками.

Литература: [2], [3]

Теоретические сведения

В настоящее время создано много разнообразных устройств управления промышленными роботами, начиная от простейших электромеханических, и, кончая очень сложными в функциональном отношении, с использованием интегральных схем. Основными классификационными признаками систем управления являются: способ управления движением; тип используемых сигналов; тип привода; тип программносителей; способ программирования.

Большинство ПР, находящихся в эксплуатации, являются роботами с программным управлением, в которых программа задается либо в форме готовых для обработки приводами траекторий для каждой из координат, манипуляционной системы, либо в виде траекторий в координатах рабочей зоны, которые затем преобразуются в реальном режиме времени в координаты степеней подвижности манипуляционной системы робота.

В большинстве случаев перемещения манипулятора промышленного робота представляют собой определенную последовательность операций, направленную на выполнение заданной производственной, технологической задачи. Конечную последовательность движений рабочего органа манипулятора, после выполнения которой он занимает начальное положение, называют циклом, а устройства, обеспечивающие циклическую работу исполнительных рабочих органов, -цикловыми.

Работа цикловых устройств управления ПР носит дискретный характер. Рабочий цикл можно разбить на несколько интервалов -тактов, представляющих собой интервалы времени, в течение которых выполняется определенное перемещение по ранее заданному циклу. Цикловые устройства многотактные и имеют обычно

жесткую последовательность тактов. Основное назначение задающего программного устройства обеспечить последовательность выполнения технологических операций в соответствии с заданной программой, которая может периодически меняться. В качестве программного устройства используют штекерную панель, вращающийся барабан. В качестве носителей программы могут использоваться также перфокарты или перфоленты. Команды, заданные программным устройством, поступают на привод соответствующей координаты. Линейное перемещение рабочего органа определяется положением конечного выключателя.

Позиционные устройства ЧПУ ПР предназначены для управления механизмами со значительным числом точек позиционирования по каждой координате. Ими оснащают ПР, выполняющие подъемно – транспортные работы, простейшие сборочные операции и операции контактной точечной сварки, т.е. операции, требующие лишь позиционирования объекта с заданной точностью, ориентированного его расположения в ограниченном числе точек пространства. При этом неважно по какой траектории будут перемещаться рабочие органы ПР (следовательно и транспортируемый объект) между заданными позициями.

Позиционной системой управления ПР обеспечивается логическая последовательность программы и ее распределение по приводам управляемых координат манипуляционной системы робота.

Программирование промышленных роботов регламентируется ГОСТ 24836-81 “Устройства программного управления промышленными роботами. Методы кодирования и программирования”. В соответствии с этим стандартом программирование ПР может осуществляться одним из следующих методов: обучение; аналитическое и комбинированное программирование.

Метод обучения нашел самое широкое применение в различных конструкциях ПР и в настоящее время наиболее распространен. Суть метода заключается в том, что необходимые движения руки робота воспроизводятся оператором, а соответствующая им информация записывается при этом в память устройства управления. Затем робота переключают на автоматический режим, и он начинает воспроизводить всю последовательность движений до тех пор, пока не появится необходимость заменить программу. Этот способ прост, доступен рабочему соответствующей квалификации и не требует никаких дополнительных устройств.

При аналитическом методе программирования программу для ПР рассчитывают предварительно, а затем после отладки заносят в память устройства управления ПР. Преимущество метода – сокращение времени простоев ПР, связанных с его программированием. Недостаток – необходимость корректировки программы для уточнения параметров ПР.

Метод комбинированного программирования сочетает в себе элементы обучения и аналитического программирования. Он достаточно эффективен в тех случаях, когда для управления ПР применяются серийные устройства ЧПУ, созданные для металлорежущих станков.

Рекомендуемая последовательность этапов программирования:

- Рука робота рабочим органом или имитатором устанавливается в соответствующую точку по командам от пульта управления (обучения),

- Геометрическая информация о положении рабочего органа считывается визуально с табло устройства управления,
- Заполняется программный лист, включая все технологические команды,
- На перфораторе готовят 8-ми- дорожечную перфоленту в коде ИСО-7-бит,
- Готовая программа вводится в устройство управления.

Гибкая производственная система (ГПС) — совокупность или отдельная единица технологического оборудования и системы обеспечения его функционирования в автоматическом режиме, обладающая свойством автоматизированной переналадки при производстве изделий произвольной номенклатуры в установленных пределах значений их характеристик.

Гибкий производственный модуль (ГПМ) — ГПС, состоящая из единицы технологического оборудования, оснащенная автоматизированным устройством программного управления и средствами автоматизации технологического процесса, автономно функционирующая, осуществляющая многократные циклы и имеющая возможность встраивания в систему более высокого уровня.

Частным случаем ГПМ является роботизированный технологический комплекс (РТК) при условии возможности его встраивания в систему более высокого уровня. В общем случае в ГПМ входят накопители, приспособления-спутники (палеты), устройства загрузки и разгрузки, в том числе промышленные роботы (ПР), устройства замены оснастки, удаления отходов, автоматизированного контроля, включая диагностирование, переналадки и т. д.

Варианты структуры РТК разрабатывают на основе результатов комплексного анализа технологических операций и процессов, выбора моделей ПР и их функций. В общем случае

ПР в составе РТК механической обработки выполняет следующие функции: загрузку, разгрузку основного и вспомогательного оборудования; основные операции по снятию заусенцев и т. п.; ориентацию заготовки в пространстве перед установкой в приспособление, укладкой в приемное устройство и т. д.; транспортирование заготовки от станка к станку; управление рабочими циклами основного и вспомогательного оборудования.

Вопросы для самоконтроля

1. Классификация систем управления ПР по виду управления.
2. Назовите программноносители для ЦПУ ПР.
3. В чем сущность программирования для ПР метод обучения?
4. Содержание подпрограмм для ПР.
5. Область применения РТК.

3. Теоретическое задание на контрольную работу

1. Разработка черновых переходов при токарной обработке основных поверхностей.
2. Стандартные подпрограммы для токарной обработки.
3. Опишите программирование с сокращенным описанием контура.
4. Опишите схемы обработки контуров, плоских и объемных поверхностей на многоцелевых станках с ЧПУ.
5. Опишите типовые траектории движения режущего инструмента для объемной электроэрозионной обработки.
6. Классификация CAD систем.
7. Основные требования, предъявляемые к CAD системам.
8. Обзор CAD системы AutoCAD.
9. Обзор CAD системы SolidWorks.
10. Обзор CAD системы КОМПАС.
11. Факторы, которые учитывают при выборе CAD системы.
12. CAD системы среднего уровня.
13. CAD системы высокого уровня.
14. Уровни автоматизации разработки программ.
15. Классификация CAM систем.
16. Блоки, из которых состоит CAM система.
17. Языки CAM систем.
18. Процессор-постпроцессор промежуточный язык программирования.
19. Обзор CAM системы PEPS.
20. Обзор CAD/CAM системы T-Flex.
21. Определение CAD/CAM/CAE системы и ее назначение.
22. Классификация CAD/CAM/CAE систем.
23. Структура CAD/CAM/CAE систем.
24. Обзор CAD/CAM/CAE системы Unigraphics.
25. Обзор CAD/CAM/CAE системы Pro/Engineer.
26. Обзор CAD/CAM/CAE системы CATIA.
27. Обзор CAD/CAM/CAE системы Power Solution.
28. CAD/CAM/CAE системы среднего уровня.
29. CAD/CAM/CAE системы высокого уровня.
30. Последовательность разработки УП в CAD/CAM системах.
31. Обзор CAD/CAM системы EdgeCAM.
32. Обзор модуля, CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerMILL.
33. Обзор модуля, CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerSHAPE.
34. Обзор модуля, CAD/CAM/CAE системы Power Solution, CopyCAD.
35. Обзор модуля, CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerINSPECT.
36. Обзор модуля, CAD/CAM/CAE системы Power Solution, ArtCAM.
37. Подготовка исходной информации, в модуле CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerMILL.

- 38.Предварительная (черновая) обработка, в модуле CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerMILL.
- 39.Окончательная (чистовая) обработка, в модуле CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerMILL.
- 40.Проверка и отладка схемы обработки, в модуле CAD/CAM/CAE системы Power Solution, PowerMILL.
- 41.Факторы, которые учитывают при выборе CAD/CAM системы.
- 42.Высокоскоростная обработка и ее сущность.
- 43.CAD/CAM системы для высокоскоростной обработки.
- 44.Преимущества высокоскоростной обработки.
- 45.Перспективы развития высокоскоростной обработки.
- 46.Уровни проектирования в САПР ТП.
- 47.Параметрическая оптимизация в САПР ТП.
- 48.Обзор САПР ТП Вертикаль.
- 49.Методы проектирования в САПР ТП Вертикаль.
- 50.Основные функции проектирования в САПР ТП Вертикаль.
- 51.Обзор САПР ТП «Т-Flex Технология».
- 52.Обзор САПР ТП Timeline.
- 53.Обзор САПР ТП «SWR Технология».
- 54.Обзор САПР ТП «Technologi CS».
- 55.Обзор САПР ТП «ТехноПро».
56. Языки программирования электроавтоматики ПР.
- 57.Язык программирования роботов VAL.
- 58.Методы программирования ПР.
- 59.Роботизированные технологические комплексы для механической обработки.
- 60.Взаимодействие ПР со станками.

4. Практическое задание на контрольную работу

Разработать исходную программу для детали вал (рис.6) на станке 16A20Ф3. Данные, для выполнения практического задания на контрольную работу, приведены в таблице №1.

На рис.7 изображен вал, для примера выполнения практического задания.

В методических указаниях для выполнения практического задания даны необходимые пояснения для кодирования геометрической и технологической информации в исходной программе, а также показан пример выполнения.

На рис.5 показан пример оформления контура детали.

Варианты заданий, для выполнения контрольной работы, приведены в таблице №2.

5. Методические указания для выполнения практического задания

Кодирование геометрической и технологической информации CAD системе PEPS осуществляется с использованием основных составляющих языка программирования CLDATA.

Задание геометрической информации

Кодирование геометрических элементов построения контура детали отражено в примере выполнения практического задания. Более подробная информация по кодированию содержится в литературе [9].

Определения контура (кривой)

Кривая должна начинаться с точки и заканчиваться точкой. R-скругление или фаска угла.

От точки к точке кривую задавать не разрешается, а от точки к прямой задается ...Pn A/TSn.

Нет необходимости в том, чтобы исходная точка лежала на прямой, а от точки к окружности задается ...Pn A/TCn.

Нет необходимости в том, чтобы исходная точка лежала на окружности, точка не может находиться в центре окружности. От прямой к точке кривая задается ... A/TSn Pn.

Нет необходимости в том, чтобы точка лежала на прямой; будет сделано пересечение в ближайшей точке к прямой ... A/TSn или задается величина CF или CH, а затем ...A/TSn.

Там, где величина CF или CH, будет вставлен радиус угла или фаска специальный величины или по умолчанию R.

Примечание: фаска вводится между двумя прямыми, составляющих угол 90^0 .

К окружности кривая задается ...A/TCn или задается величина CF(N/F) и ...A/TCn.

От окружности: к точке кривая задается ...Cn Pn.

Нет необходимости в том, чтобы исходная точка лежала на окружности; будет сделано пересечение в ближайшей точке.

Точка не может находиться в центре окружности.

К прямой кривая задается ...A/NCn или задается величина CF(N/F) и ...A/TSn. N, F требуется только в случае отсутствия касания между элементами кривой. Величина CF вставит радиус угла специальной величины или по умолчанию R.

К окружности кривая задается ... A/TCn или задается величина CF(L/R) и ...A/TCn.

L или R требуется только в случае отсутствия касания между элементами кривой.

Величина CF вставит радиус угла специальной величины или по умолчанию R.

Примеры: K1 P1 TS1 TS2 AS3 P2 EK

K2 P1 TS1 TS2 S3=H30 AS3 P2 EK

Задание технологической информации

Технологические команды

FRO – определение стартовой позиции.

Пример: **FRO Z0 X5, FRO P1**

RAP – быстрое перемещение.

Пример: **RAP Z-20 X40, RAP P6**

GOT – позиционирование.

Пример: **GOT P14, GOT G2, GOT Z-60 X70**

OFF – сдвиг инструмента.

Пример: **OFF R2, OFF L**

PRO – обработка профиля.

Пример: **PRO TK1, PRO Z10 X10 AK1 P2**

GON – возврат во **FROM**.

Пример: **GON**

GOO – движение по 2 координатам.

Пример: **GOO X10 Z10**

TOO – определение инструмента.

Пример: **TOO 3 K1 T3 Z0 X0 L03;**

TOO 7 ISO CNMM120204 PCLNR T3 Z0 X0 L07

FED – определение скорости подачи резания.

Пример: **FED F0.15**

SPI – определение положения шпинделя.

Пример: **SPI 300**

SUR – определение скорости резания.

Пример: **SUR 200**

COO – определение охлаждения.

Пример: **COO FL** -включение охлаждения; **COO OF**-выключение охлаждения

Turning tools – токарный инструмент

Команда **TOO** определяет тип токарного инструмента. Все следующие типы инструментов определяются этой командой.

Инструмент описан в библиотеке инструментов (PEPSLIB)

- 1) ISO стандартный инструмент
- 2) Спиральные сверла
- 3) U - сверла
- 4) Канавочный инструмент
- 5) Резьбовой инструмент

TOOL (№ позиции инструмента) **ISO** (тип формы пластины) (задний угол) (допуск)(тип крепления) (длина режущей кромки в мм) (толщина пластины) (радиус типа) (тип зажима) (тип формы) (стиль зарисовки) (вставка заднего угла) (правосторонний инструмент) **T** (код смещения) **Z**(осевое смещение) **X** (осевое смещение) **L**(№ смещения)

Пример кодирования резца: CNMM120204 PCLNR

- С – ромбическая форма 80°;
- N – задний угол 0°;
- M – допуск;
- M – крепление через отверстие;
- 12 – длина режущей кромки;
- 02 – толщина;
- 04 – радиус при вершине;
- P – отверстие зажима (оправки);
- С – ромбическая форма;
- L – приближенный угол 95°;
- N – вставляемый допуск угла 0°;
- R – правосторонний инструмент;
- T3 – тип формы пластины;
- Z0 – нет смещения по оси Z;
- X0 – нет смещения по оси X;
- L07 – номер корректора.

Спиральные сверла

Выше следующий пример определения сверла следующий:

D20 - 20мм диаметр сверла
 X0 - нет смещения по оси X
 Z0 - нет смещения по оси Z
 L04 - N смещения инструмента равен 4

Форма определения U -сверла следующая:

TOO (N позиции) UDR D (диаметр) Z (смещение оси) X (смещение оси)
 L (N смещения)
 Например: TOO 4 UDR D45 Z0 X0 L04

Канавочный инструмент

Канавочный инструмент кодируется для обработки внутренних и наружных канавок на диаметре заготовки, а также для изготовления канавок на торце.

Кодирование осуществляется в следующей последовательности:

TOO 1 GRO EXT/INT/FAC/BAC(width) Z(GXLS offset) X(offset) L(offset no)

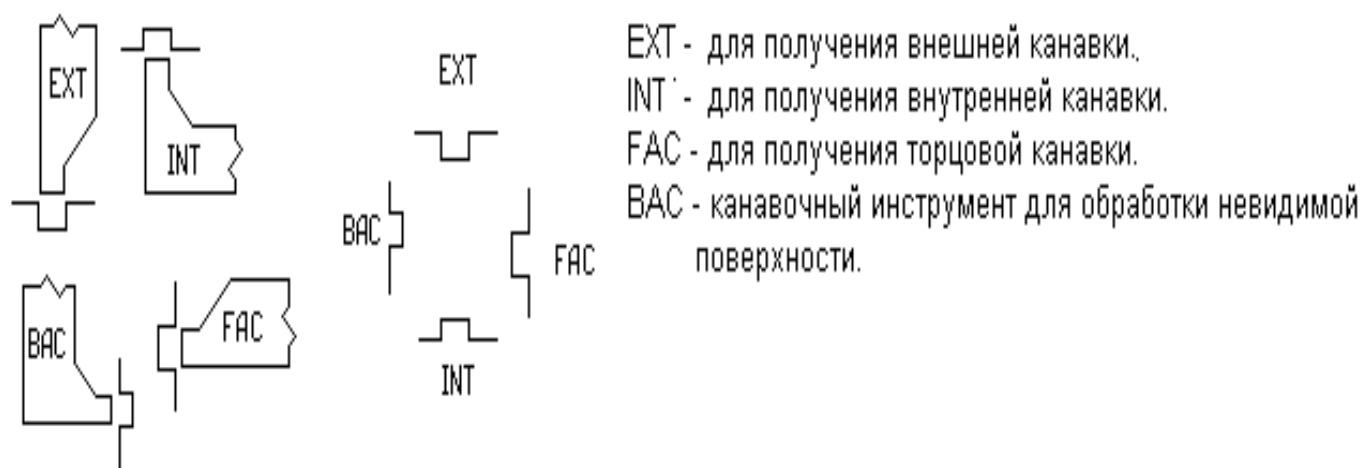


Рис.4. Типы канавочных резцов

Например: TOO 6 GRO INT 6 Z0 X0 L06

Резьбонарезной инструмент

TOO (N позиции) THR EXT/INT R (тип радиуса) В (угол резьбы)
Z (смещение оси) X (смещение оси) L (N смещения)

где, EXT - внешняя резьба
INT - внутренняя резьба

Например: TOO 8 THR EXT R0.25 B60 Z0 X0 L08

Эта вышеследующая командная линия определяет 60° резьбовой инструмент с типом радиуса равным 0,25мм.

Постоянные технологические циклы

G31 – цикл нарезания резьбы резцом.

Структура:

ZIK SET G31 $Xval_1$ $Zval_2$ $Fval_3$ val_4 val_5 val_6

$Xval_1$ – диаметр резьбы.

$Zval_2$ – координата конечной точки резьбы.

val_4 – глубина резьбы. Положительное значение переменной означает наружную резьбу, отрицательное – внутреннюю.

val_5 – припуск на обработку.

val_6 – конусность резьбы. Если значение переменной 0, то резьба цилиндрическая. Если положительно, то резьба наружная конусная, если отрицательное, то внутренняя конусная.

G33 – цикл нарезания резьбы плашкой или метчиком.

Структура:

ZIK SET G33 *Xval₁ Zval₂ Fval₃*

Xval₁ – координата смещения инструмента после цикла.

Zval₂ – координата конечной точки резьбы.

Fval₃ – шаг резьбы.

Пример:

ZIK SET G33 *X10 Z-20 F30*

G73 – цикл глубокого сверления.

Структура:

ZIK SET G73 *Xval₁ Zval₂ Fval₃ val₄*

Xval₁ – координата смещения оси сверла после сверления.

Zval₂ – глубина сверления.

Fval₃ – рабочая подача в цикле.

val₄ – припуск на обработку.

Пример:

ZIK SET G73 *X10 Z-50 F30 10*

G75 – многопроходный цикл нарезания цилиндрической канавки.

Структура:

ZIK SET G75 *~Xval₁ Zval₂ Fval₃ val₄*

~ - признак установки резца на глубину (1-установка на быстром ходу, 0-нет).

Xval₁ – координата *X* оси дна канавки.

Zval₂ – координата исходной точки последней канавки.

Fval₃ – контурная рабочая подача.

val₄ – шаг резания канавки.

G77 – многопроходный черновой продольный цикл.

Структура:

ZIK SET G77 *~Xval₁ Zval₂ Fval₃ val₄ val₅*

~ - признак установки резца на глубину (1-установка на быстром ходу, 0-нет).

Xval₁ – диаметр обрабатываемой поверхности.

Zval₂ – длина прохода.

Fval₃ – контурная рабочая подача.

val₄ – припуск на обработку.

val₅ – величина скоса по оси *Z*.

Пример:

ZIK SET G77 *0 X60 Z-35 F30 3 15*

G78 – многопроходный черновой поперечный цикл.

Структура:

ZIK SET G78 *~Xval₁ Zval₂ Fval₃ val₄ val₅*

~ - признак установки резца на глубину (1-установка на быстром ходу, 0-нет).

Xval₁ – длина прохода по диаметру.

Zval₂ – конечная длина.

Fval₃ – контурная рабочая подача.

val₄ – припуск на обработку.

val_5 – величина скоса по оси Z .

Пример:

ZIK SET G78 0 X60 Z-35 F30 3 15

G96 – режим задания постоянной скорости резания.

Структура:

ZIK SET G96 val_1 val_2 val_3

val_1 – максимальная частота вращения шпинделя.

val_2 – минимальная частота вращения шпинделя.

val_3 – скорость резания (м/мин).

Пример:

ZIK SET G96 900 20 80

G12 – цикл задания скругления по часовой стрелке.

Структура:

ZIK SET G12 $Xval_1$ $Zval_2$

$Xval_1$ – величина приращения по оси X .

$Zval_2$ – величина приращения по оси Z .

Пример:

ZIK SET G12 X10 Z20

G13 – цикл задания скругления против часовой стрелки.

Структура:

ZIK SET G13 $Xval_1$ $Zval_2$

$Xval_1$ – величина приращения по оси X .

$Zval_2$ – величина приращения по оси Z .

Пример:

ZIK SET G13 X10 Z20

Пример выполнения практического задания

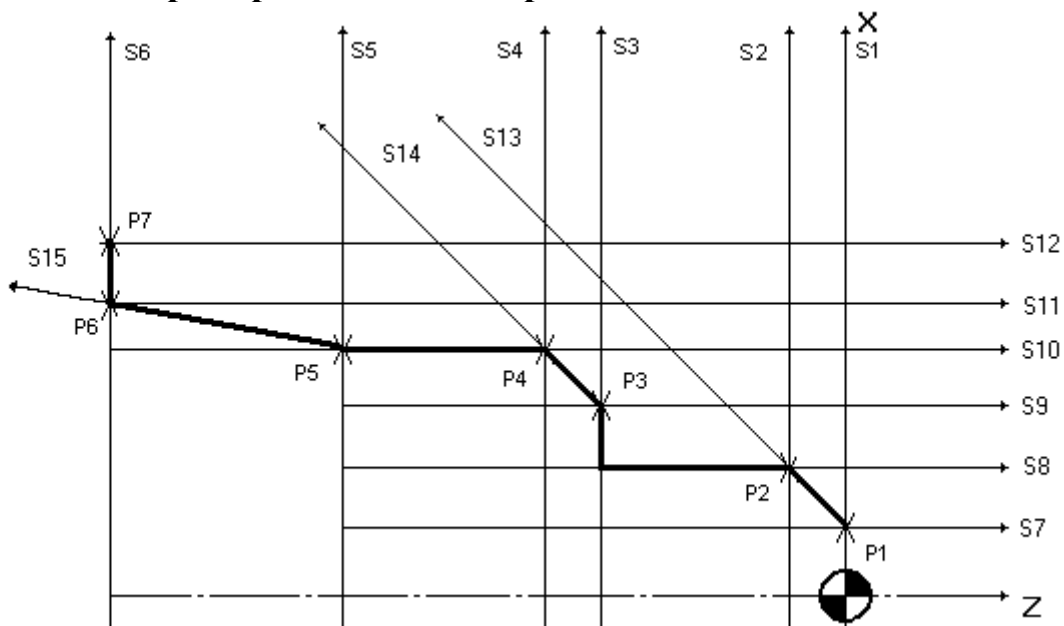


Рис.5 Контур детали
Исходная программа

PAR val 040	Команда определяет название детали и номер чертежа.
PPL NC31	Эта команда определяет постпроцессор, используемый для обработки детали.
WIN Z-220 X-70 Z50 X70	Эта команда устанавливает масштаб экрана для графического дисплея.
STK BILLET Z0 D70 L200 S1=V 0	Команда определения параметров заготовки. Эта команда определяет прямую линию как вертикаль, проходящую через нулевую точку детали.
S2=V-2	Эта команда определяет прямую линию как проходящую на -2 мм от нулевой точки детали.
S3=V -30	Эта команда определяет прямую как вертикаль, отстоящую на -30 мм от нулевой точки детали.
S4=V -32	Эта команда определяет прямую линию как вертикаль, отстоящую на -32 мм от нулевой точки детали.
S5=V -60	Эта команда определяет прямую линию как вертикаль, отстоящую на -60 мм от нулевой точки детали.
S6=V -155	Эта команда определяет прямую линию как вертикаль, отстоящую на -155 мм от нулевой точки детали.
S7=H 28	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 28мм.
S8=H 32	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 32мм.
S9=H 40.987	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 40.987мм.
S10=H 44.987	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 44.987мм.
S11=H 49.987	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 49.987мм
S12=H 62	Эта команда определяет прямую линию как диаметр 62мм.
P1=S1S7	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
P2=S2S8	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
P3=S3S9	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
P4=S4S10	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.

S=S5S10	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
P6=S6S11	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
P7=S6S12	Эта команда определяет точку как пересечение двух прямых линий.
S13=P1P2	Эта команда определяет прямую линию проходящую через 2 точки.
S14=P3P4	Эта команда определяет прямую линию проходящую через 2 точки.
S15=P5P6	Эта команда определяет прямую линию проходящую через 2 точки.
K1 P1 TS13 AS8 TS3 TS14 AS10 TS15 TS6 P7 EK ERA	Эта команда определяет контур обработки с началом в точке P1 и концом в точке P7.
DPA K1	Эта команда стирания экрана.
SPI 1000	Эта команда прорисовки контура K1 и его зеркального отражения.
FED F30	Задание скорости вращения шпинделя 1000 об/мин.
TOOL 1 DRI D3 Z0 X0 1	Задание скорости подачи 0,3 мм/об.
FRO Z40 X80	Эта команда определяет сверло диаметром 3 мм в позиции 1.
RAP X0	Задание исходного положения инструмента относительно нулевой точки детали.
RAP Z3	Задание быстрого перемещения инструмента в точку с координатой X0
COO FL	Задание быстрого перемещения инструмента в точку с координатой Z3.
GOT Z-8	Включение охлаждения.
RAP Z40	Команда позиционирования инструмента на величину -8 мм по оси Z.
RAP X80	Задание быстрого перемещения инструмента в точку с координатой Z40.
SPI 800	Задание быстрого перемещения инструмента в точку с координатой X80.
FED F45	Задание скорости вращения шпинделя 800 об/мин.
TOOL 2 ISO CNMM120204 PCLNR T3 Z0 X0 2	Задание скорости подачи 0,45 мм/об.
RAP Z3	Эта команда определяет резец для чернового точения в позиции 2.
RAP X60	Задание быстрого перемещения резца в точку с координатой Z3.
	Задание быстрого перемещения резца в точку с координатой X60

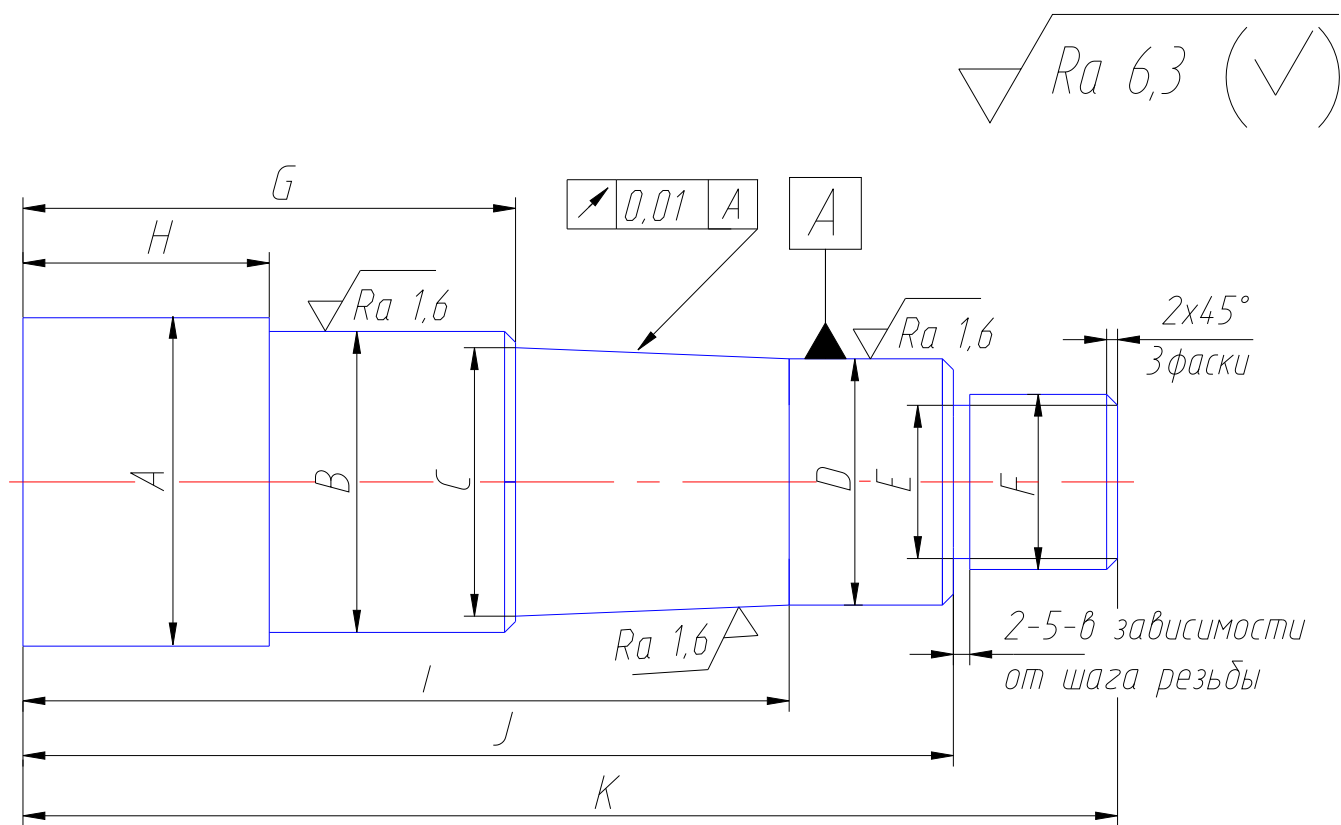


Рис.6. Эскиз детали вал

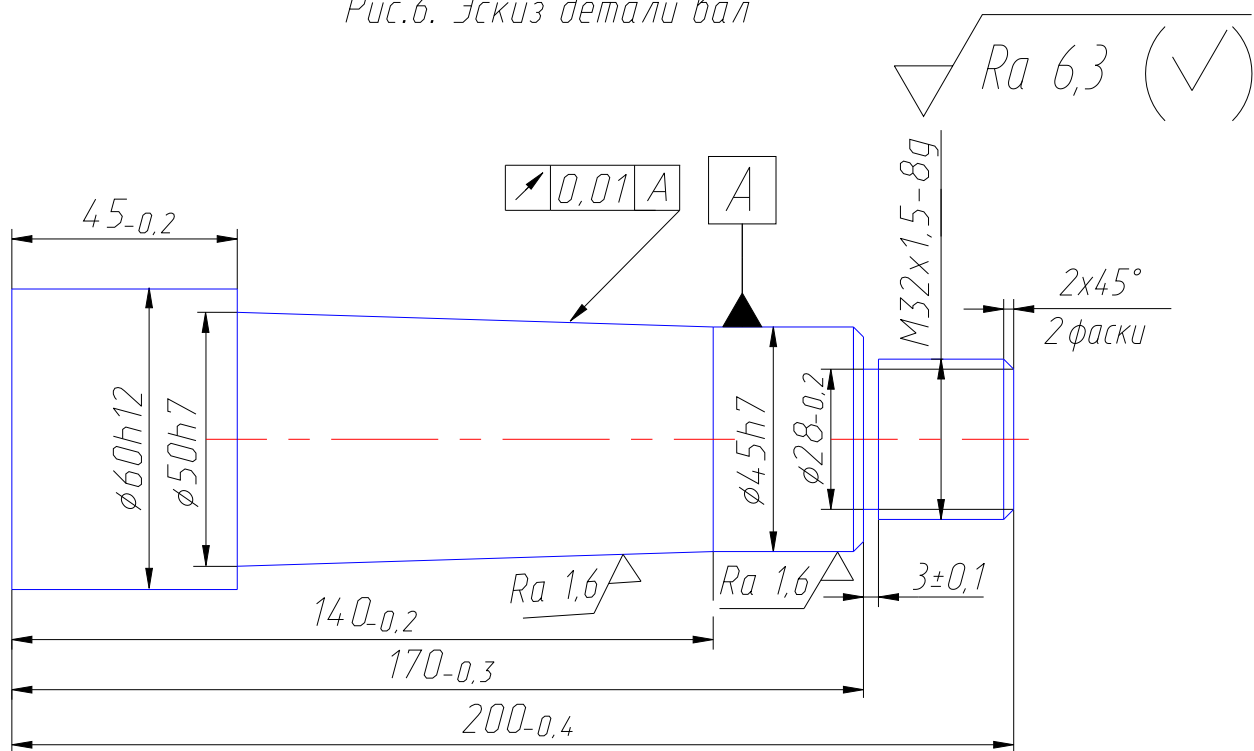


Рис.7. Эскиз детали вал, для примера выполнения практического задания

Данные практического задания

Таблица 1

№ задачи	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
41	Ø63h12	Ø48h7	Ø43h7	Ø38h7	Ø21 _{-0,2}	M25×1,5-8g	83 _{-0,2}	38 _{-0,2}	133 _{-0,2}	163 _{-0,3}	193 _{-0,4}
42	Ø54h12	Ø49h7	Ø44h7	Ø39h7	Ø22 _{-0,2}	M26×1,5-8g	84 _{-0,2}	39 _{-0,2}	134 _{-0,2}	164 _{-0,3}	194 _{-0,4}
43	Ø55h12	Ø50h7	Ø45h7	Ø40h7	Ø23 _{-0,2}	M27×1,5-8g	85 _{-0,2}	40 _{-0,2}	135 _{-0,2}	165 _{-0,3}	195 _{-0,4}
44	Ø56h12	Ø51h7	Ø46h7	Ø41h7	Ø24 _{-0,2}	M28×1,5-8g	86 _{-0,2}	41 _{-0,2}	136 _{-0,2}	166 _{-0,3}	196 _{-0,4}
45	Ø57h12	Ø52h7	Ø47h7	Ø42h7	Ø25 _{-0,2}	M29×1,5-8g	87 _{-0,2}	42 _{-0,2}	137 _{-0,2}	167 _{-0,3}	197 _{-0,4}
46	Ø58h12	Ø53h7	Ø48h7	Ø43h7	Ø26 _{-0,2}	M30×2,5-8g	88 _{-0,2}	43 _{-0,2}	138 _{-0,2}	168 _{-0,3}	198 _{-0,4}
47	Ø59h12	Ø54h7	Ø49h7	Ø44h7	Ø27 _{-0,2}	M31×3,5-8g	89 _{-0,2}	44 _{-0,2}	139 _{-0,2}	169 _{-0,3}	199 _{-0,4}
48	Ø61h12	Ø56h7	Ø51h7	Ø46h7	Ø29 _{-0,2}	M33×4,5-8g	91 _{-0,2}	46 _{-0,2}	141 _{-0,2}	171 _{-0,3}	201 _{-0,4}
49	Ø62h12	Ø57h7	Ø52h7	Ø47h7	Ø30 _{-0,2}	M34×3,5-8g	92 _{-0,2}	47 _{-0,2}	152 _{-0,2}	172 _{-0,3}	202 _{-0,4}
50	Ø63h12	Ø58h7	Ø53h7	Ø48h7	Ø31 _{-0,2}	M35×2,5-8g	93 _{-0,2}	48 _{-0,2}	143 _{-0,2}	173 _{-0,3}	203 _{-0,4}
51	Ø64h12	Ø59h7	Ø54h7	Ø49h7	Ø32 _{-0,2}	M36×3,5-8g	94 _{-0,2}	49 _{-0,2}	144 _{-0,2}	174 _{-0,3}	204 _{-0,4}
52	Ø65h12	Ø60h7	Ø55h7	Ø50h7	Ø33 _{-0,2}	M37×4,5-8g	95 _{-0,2}	50 _{-0,2}	145 _{-0,2}	175 _{-0,3}	205 _{-0,4}
53	Ø66h12	Ø61h7	Ø56h7	Ø51h7	Ø34 _{-0,2}	M38×3-8g	96 _{-0,2}	51 _{-0,2}	146 _{-0,2}	176 _{-0,3}	206 _{-0,4}
54	Ø67h12	Ø62h7	Ø57h7	Ø52h7	Ø35 _{-0,2}	M39×2-8g	97 _{-0,2}	52 _{-0,2}	147 _{-0,2}	177 _{-0,3}	207 _{-0,4}
55	Ø68h12	Ø63h7	Ø58h7	Ø53h7	Ø36 _{-0,2}	M40×4,5-8g	98 _{-0,2}	53 _{-0,2}	148 _{-0,2}	178 _{-0,3}	208 _{-0,4}
56	Ø69h12	Ø64h7	Ø59h7	Ø54h7	Ø37 _{-0,2}	M41×1,5-8g	99 _{-0,2}	54 _{-0,2}	149 _{-0,2}	179 _{-0,3}	209 _{-0,4}
57	Ø70h12	Ø65h7	Ø59h7	Ø54h7	Ø38 _{-0,2}	M42×1,5-8g	100 _{-0,2}	55 _{-0,2}	150 _{-0,2}	180 _{-0,3}	210 _{-0,4}
58	Ø71h12	Ø66h7	Ø60h7	Ø55h7	Ø39 _{-0,2}	M43×1,5-8g	101 _{-0,2}	56 _{-0,2}	151 _{-0,2}	181 _{-0,3}	211 _{-0,4}
59	Ø72h12	Ø67h7	Ø61h7	Ø56h7	Ø40 _{-0,2}	M44×1,5-8g	102 _{-0,2}	57 _{-0,2}	152 _{-0,2}	182 _{-0,3}	212 _{-0,4}
60	Ø53h12	Ø47h7	Ø40h7	Ø36h7	Ø20 _{-0,1}	M24×1-8g	81 _{-0,2}	36 _{-0,2}	132 _{-0,2}	160 _{-0,3}	190 _{-0,4}
61	Ø52h12	Ø46h7	Ø39h7	Ø35h7	Ø19 _{-0,1}	M23×0,8-8g	80 _{-0,2}	35 _{-0,2}	131 _{-0,2}	159 _{-0,3}	189 _{-0,4}
62	Ø51h12	Ø45h7	Ø38h7	Ø34h7	Ø18 _{-0,1}	M22×0,8-8g	79 _{-0,2}	34 _{-0,2}	130 _{-0,2}	158 _{-0,3}	188 _{-0,4}
63	Ø50h12	Ø44h7	Ø37h7	Ø33h7	Ø18 _{-0,1}	M21×1-8g	78 _{-0,2}	33 _{-0,2}	129 _{-0,2}	157 _{-0,3}	188 _{-0,4}
64	Ø49h12	Ø43h7	Ø35h7	Ø32h7	Ø17 _{-0,1}	M20×1-8g	77 _{-0,2}	32 _{-0,2}	128 _{-0,2}	156 _{-0,3}	187 _{-0,4}
65	Ø48h12	Ø42h7	Ø34h7	Ø31h7	Ø16 _{-0,1}	M19×1-8g	76 _{-0,2}	31 _{-0,2}	127 _{-0,2}	155 _{-0,3}	186 _{-0,4}
66	Ø46h12	Ø40h7	Ø33h7	Ø29h7	Ø14 _{-0,1}	M17×0,8-8g	74 _{-0,2}	29 _{-0,2}	125 _{-0,2}	153 _{-0,3}	184 _{-0,4}
67	Ø47h12	Ø41h7	Ø34h7	Ø30h7	Ø15 _{-0,1}	M18×0,9-8g	75 _{-0,2}	30 _{-0,2}	126 _{-0,2}	154 _{-0,3}	185 _{-0,4}
68	Ø48h12	Ø42h7	Ø35h7	Ø31h7	Ø16 _{-0,1}	M18×1-8g	76 _{-0,2}	31 _{-0,2}	127 _{-0,2}	156 _{-0,3}	186 _{-0,4}
69	Ø49h12	Ø42h7	Ø36h7	Ø32h7	Ø17 _{-0,1}	M19×1,1-8g	77 _{-0,2}	32 _{-0,2}	128 _{-0,2}	157 _{-0,3}	187 _{-0,4}
70	Ø50h12	Ø43h7	Ø37h7	Ø33h7	Ø18 _{-0,1}	M20×1,2-8g	78 _{-0,2}	33 _{-0,2}	129 _{-0,2}	158 _{-0,3}	188 _{-0,4}

Варианты заданий для выполнения контрольной работы

Таблица № 2

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1 21 41 41	2 22 42 42	3 23 43 43	4 24 44 44	5 25 45 45	6 26 46 46	7 27 47 47	8 28 48 48	9 29 49 49	10 30 50 50
1	11 31 51 51	12 32 52 52	13 33 53 53	14 34 54 54	15 35 55 55	16 36 56 56	17 37 57 57	18 38 58 58	19 40 59 59	20 39 60 60
2	19 38 41 61	20 39 42 62	18 40 43 63	17 38 44 64	16 37 45 65	15 36 46 66	14 35 47 67	13 34 48 68	12 33 49 69	11 32 50 70
3	10 31 51 69	9 30 52 68	8 29 53 67	7 28 54 66	6 27 55 65	5 26 56 64	4 25 57 63	3 24 58 62	2 23 59 61	1 22 46 60
4	3 21 60 59	2 25 41 58	4 21 42 57	5 23 43 56	6 22 44 55	7 25 45 54	8 26 46 53	9 27 47 52	10 28 48 51	11 29 49 50
5	12 30 51 49	13 31 52 48	14 32 53 47	15 33 54 46	16 34 55 45	17 35 56 44	18 36 57 43	19 37 58 42	20 38 59 41	19 39 60 40
6	20 40 42 42	18 39 43 44	17 40 44 45	16 38 45 46	15 37 46 47	14 36 47 48	13 35 48 49	12 34 49 50	11 33 50 51	10 32 51 52
7	9 31 52 53	8 30 53 54	7 29 54 55	6 28 55 56	5 27 56 57	4 22 57 58	3 25 58 59	2 24 59 60	1 23 60 61	2 26 42 62
8	1 25 43 63	3 21 44 64	4 21 39 65	5 23 40 66	6 24 38 67	7 23 45 68	8 26 46 69	9 27 47 70	10 29 48 69	11 28 49 68
9	12 31 50 67	13 38 51 68	14 34 51 69	15 40 52 64	16 32 53 65	17 36 54 62	18 35 55 61	19 36 56 57	20 31 57 58	18 39 58 59

Литература

Основная

1. Дементьев Ю.В. САПР в автомобиле- и тракторостроении: Учебник для студ. Высш. Учеб. заведений [Текст] / Ю.В. Дементьев, Ю.С. Щетинин; Под общ. Ред. В.М. Шарипова.-М.: Издательский центр «Академия», 2004.-224 с.
2. Добвня Н.М. Роботизированные технологические комплексы в ГПС [Текст] / Н.М.Добвня А.Н.Кондратьев,Е.И.Юревич Л.:Машиностроение, 1990.-303с.
3. Козырев Ю.Г.Промышленные роботы [Текст] / Ю.Г.Козырев Справочник. 2-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1988.-392с.
4. Рязанов В.М. Методическое пособие для выполнения курсового проекта по дисциплине: «Технология машиностроения» для студентов специальности 1201- технологии машиностроения [Текст] / В.М. Рязанов Димитровград: ДТК, 2003.-22с.
5. Серебrenицкий П.П. Программирование для автоматизированного оборудования: Учебник для сред. проф. учебных заведений [Текст] / П.П. Серебrenицкий, А.Г.Схиртладзе; Под ред. Ю.М. Соломенцева.- М.: Высш. шк., 2003.-592с.
6. КОМПАС-3D V14. Руководство пользователя [Текст]: Изд-во ЗАО АСКОН, 2013.-2564 с.
7. Вертикаль 2013. Руководство пользователя [Текст]: Изд-во ЗАО АСКОН, 2013.-401с.
8. EdgeCAM Version 12 [Текст] Pathtrace Engineering Systems -2007-345с.
9. Production Engineering Productivity System.Version2. [Текст] /Autodesk/Camtek.1987.-106с.

Дополнительная

- 10.Анохин А.Б. AutoCAD 2008: рус. Версия: быстрый старт [Текст] / А.Б. Анохин М.: Изд-во дом Триумф, 2008.-588с
- 11.Р.И.Гжиров «Программирование обработки на станках с ЧПУ»: Справочник. [Текст] / Р.И.Гжиров, П.П.Серебrenицкий -Л.: Машиностроение, 1990.-588с
- 12.Дударева Н.Ю. Самоучитель SolidWorks 2007 [Текст] / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко.-СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 352 с.
- 13.Кидрук М.И.КОМПАС-3D на 100% (+CD) [Текст] / М.И.Кидрук СПб.: Питер, 2009.-560с.
- 14.Кон Д. Полный справочник по AutoCAD. [Текст] / Д.Кон: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004.-1088 с.
- 15.Тремблей Т. Autodesk® Inventor® 2013 и Inventor LT™ 2013. Основы. Официальный учебный курс [Текст] / Тремблей Т. М.: ДМК Пресс, 2013.-344с.

Интернет-ресурсы

16. cncexpert.ru/cnc.htm
17. www.cadmaster.ru
18. www.sapr.ru
19. www.cadcamcae.ru
20. www.edgecam.ru
21. www.autodesk.ru
22. www.solidworks.ru
23. www.ascon.ru