

Федеральное агентство по образованию РФ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
«МИФИ»

В.Г. Елисеев, В.М. Коробов, Н.Н. Милованов

# Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex

Учебное пособие

Москва 2010

УДК 004.896(075)

ББК 32.973-018я7

С 40

Елисеев В.Г., Коробов В.М., Милованов Н.Н. **Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex**. Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 148 с.

Данное учебное пособие написано на основе цикла лекций и лабораторного практикума по курсу «Системы автоматизации проектирования (САПР) и CALS-технологии», который читается авторами для студентов факультета кибернетики МИФИ.

В пособии излагаются методы конструкторского проектирования изделий и подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ на базе отечественного семейства программных продуктов САПР T-Flex.

Пособие предназначено для студентов МИФИ, обучающихся на бакалавров, инженеров и магистров по специальности 010200 «Прикладная математика и информатика» с квалификацией «математик, системный программист».

Рецензент канд. техн. наук, доцент *Ю.А. Капралов*

Рекомендовано редсоветом МИФИ в качестве учебного пособия.

ISBN 978-5-7262-1192-0

© *Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2010*

## Содержание

1. Сквозной процесс «проектирование – изготовление» .....	7
1.1. Функциональные возможности отечественного семейства программных продуктов САПР T-Flex .....	8
1.2. Конструкторское проектирование изделий средствами САПР T-Flex-CAD .....	9
1.3. Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ средствами САПР T-Flex ЧПУ .....	10
1.4. Контроль управляющих программ средствами САПР T-Flex-Tracer 11 .....	
2. Основы конструкторского проектирования в системе T-Flex CAD .....	11
2.1. Стандартные соглашения, принятые при описании системы T-Flex CAD/CAM .....	11
2.2. Основные понятия и метод построения чертежа .....	14
2.2.1. Линии построения .....	15
2.2.2. Построение параметрической чертежа в T-Flex CAD .....	16
2.2.3. Прямая .....	17
2.2.4. Окружности .....	21
2.2.5. Узлы .....	25
2.2.6. Линии изображения .....	28
2.2.7. Параметры линии изображения. Нанесение осевых линий .....	31
2.2.8. Размеры .....	33
2.2.9. Штриховки, заливки .....	35
2.2.10. Надписи .....	36
2.2.11. Тексты .....	39
2.2.12. Оформление чертежей .....	45
2.2.13. Подбор основной надписи .....	48
2.3. Методика создания параметрического чертежа .....	49
2.4. Конструкторское проектирование корпусных изделий .....	68
2.4.1. Линии построения .....	68
2.4.2. Линии изображения .....	72
2.4.3. Оформление чертежа .....	75
2.5. Конструкторское проектирование изделий типа «тела вращения» .....	77
2.5.1. Линии построения .....	77
2.5.2. Линии изображения .....	80
2.5.3. Оформление чертежа .....	82

3. Разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ в едином информационном пространстве .....	83
3.1. Основные понятия подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ .....	83
3.1.1. Эквидистанты .....	83
3.1.2. Пути .....	87
3.2. Обработка деталей на фрезерном станке с ЧПУ .....	91
3.3. Управляющие программы для фрезерных станков с ЧПУ .....	93
3.3.1. Работа с постпроцессором .....	106
3.3.2. Контроль УП с помощью T-FLEX NC-TRACER 3D .....	113
3.4. Обработка деталей на токарном станке с ЧПУ .....	119
3.5. Управляющие программы для токарных станков с ЧПУ .....	120
3.5.1. Работа с постпроцессором .....	133
3.5.2. Контроль УП с помощью T-FLEX NC-TRACER 2D .....	139
Заключение .....	145
Контрольные вопросы .....	146
Список использованной литературы .....	147



## ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с требованиями Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по специальности 010200 «Прикладная математика и информатика» специалист с квалификацией «математик, системный программист» должен обладать знаниями и умениями, позволяющими применять современные информационные технологии, математические методы и программное обеспечение для решения задач проектно-конструкторской и управленческой деятельности.

Однако в настоящее время отсутствует учебная литература, посвящённая методам реализации сквозного цикла «проектирование–изготовление» на базе современных систем автоматизации проектирования (САПР) и оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) в составе интегрированной автоматизированной системы управления предприятием (ИАСУП), удовлетворяющей современным требованиям ИПИ/CALS-технологий<sup>1</sup>: процессный подход, единое информационное пространство (ЕИП), электронный архив технической документации (ЭАТД) и др.

Одной из важнейших задач высшей школы в современных условиях является обучение студентов инженерных специальностей теоретическим основам и практическим навыкам применения новых информационных технологий (НИТ) в промышленности.

Важнейшими составляющими НИТ являются технологии информационной поддержки изделий на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) – ИПИ/CALS-технологии.

ИПИ/CALS-технологии включают в себя технологии: описания производственных бизнес-процессов, создания единого информационного пространства, реализации сквозного процесса «проектирование–изготовление». Всё это должен знать современный студент.

В настоящее время в НИЯУ МИФИ читается курс «Системы автоматизации проектирования(САПР) и CALS-технологии» для студентов специальности 010200 – «Прикладная математика и информатика» с квалификацией — «математик, системный программист».

---

<sup>1</sup> CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная Информационная Поддержка Изделий на всех этапах жизненного цикла (ИПИ)).

Данное учебно-методическое пособие написано на основе цикла лекций и лабораторного практикума по курсу «Системы автоматизации проектирования (САПР) и CALS-технологии», который читается авторами для студентов факультета кибернетики НИЯУ МИФИ.

Конструкторское проектирование и разработка УП проводились на примерах вариантов заданий для лабораторного практикума<sup>1</sup>.

В пособии рассматривается методика организации «сквозного» проектирования – изготовления на базе CAD/CAM–системы<sup>2</sup>, входящей в программный комплекс T-Flex, разработанный АО «Топ Системы» [4].

---

<sup>1</sup> Елисеев В.Г., Коробов В.М., Милованов Н.Н. Программирование технологического оборудования с числовым программным управлением. Лабораторный практикум. – М.: МИФИ, 2008.

<sup>2</sup> CAD (Computer Aided Design) – системы автоматизированного проектирования. CAM (Computer Aided Manufacturing) – программы для подготовки производства.

## **1. СКВОЗНОЙ ПРОЦЕСС «ПРОЕКТИРОВАНИЕ – ИЗГОТОВЛЕНИЕ»**

Успех предприятия сегодня напрямую зависит от методов организации и использования на нём компьютерных информационных технологий. Необходимость обработки больших объёмов информации, ассоциативной связи разнотипной информации, используемой при проектировании и подготовке производства изделия, привела к переходу на ведение проектных работ в электронной форме. В связи с этим были созданы новые «безбумажные» информационные объекты, заменившие, например, традиционный комплект конструкторской документации. Появился новый объект проектирования – электронная модель изделия, в которую была интегрирована конструкторская, технологическая, производственная и управленческая информация. Электронная модель изделия стала сегодня не только объектом проектирования (описывающим разрабатываемое изделие), но и объектом управления (описывающим процессы и исполнителей разработки). Это привело к необходимости внедрения новых технологий, концепций и принципов проектирования промышленной продукции.

Внедрение ИПИ/CALS-технологий на предприятии обычно предполагает: полное или частичное реформирование процессов на предприятии, включая проектирование, конструирование, подготовку производства, материально-техническое снабжение, производство, управление производством, сервисное обслуживание; использование современных информационных технологий; совместное использование данных, полученных на различных стадиях жизненного цикла изделия; использование международных стандартов в области информационных технологий в целях успешной интеграции, совместного использования и управления информацией.

Используемые при этом технологии описания и анализа бизнес-процессов, автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства, хранения и управления данными об изделии PDM<sup>1</sup> и др. объединены понятием ИПИ/CALS-технологий.

---

<sup>1</sup> Product Data Management — система управления данными об изделии.

Таким образом, повышение конкурентоспособности, эффективности и производительности бизнеса с помощью ИПИ/CALS-технологий осуществляется за счёт современного подхода к организации информационного взаимодействия всех участников жизненного цикла изделия.

Программные продукты, предназначенные для комплексной автоматизации подготовки производства, называются интегрированными CAD/CAM системами. Они, как правило, предоставляют пользователю единое проектное, конструкторское и технологическое пространство. Подчинённые главной цели, входящие в них компоненты сделаны, подобраны и «притёрты» таким образом, чтобы обеспечить сквозные процессы проектирования с максимальным эффектом.

Как показывает практика, наибольший эффект от применения информационных технологий достигается тогда, когда в полной мере реализуются методы «сквозного проектирования–изготовления» изделий с применением технологического программно-управляемого оборудования с ЧПУ на основе использования системы ассоциативно связанных математических моделей. В эту систему, как правило, входят математические модели элементов конструкции и заготовки, технологические процессы, управляющие программы для станков с ЧПУ.

### **1.1. Функциональные возможности отечественного семейства программных продуктов САПР T-Flex**

Комплексная автоматизация конструкторско-технологической подготовки производства возможна на базе программных продуктов T-Flex. Основные продукты программного обеспечения T-Flex, успешно эксплуатируются на более чем 1500 предприятий стран ближнего и дальнего зарубежья.

В настоящее время в лабораторном практикуме используются следующие программные продукты T-Flex:

- T-Flex CAD 2D – автоматизация конструкторского проектирования (двумерное моделирование);
- T-Flex CAD 3D – трехмерное моделирование;



- T-Flex CAD Viewer – программа для просмотра и печати 2D чертежей T-FLEX;

- T-Flex CAM – автоматизация проектирования управляющих программ (УП) для станков с числовым программным управлением (ЧПУ)

- T-Flex-Tracer – проверка программ имитацией обработки.

В области CAD (Computer Aided Design) осуществляется 2D и 3D моделирование, подготовка конструкторской документации (чертежи, спецификации и т.д.) в соответствии со всеми Российскими стандартами.

В области CAM (Computer Aided Manufacturing) осуществляется технологическая подготовка производства (ТПП), подготовка программ для станков с ЧПУ и проверка программ имитацией обработки T-Flex-Tracer.

## **1.2. Конструкторское проектирование изделий средствами САПР T-Flex-CAD**

Система T-Flex CAD содержит полный набор удобных средств создания качественной конструкторской документации: отрезки, различные варианты дуг, полные окружности, эллипсы, многоугольники, кривые сплайновые линии разных типов, эквидистанты к группе линий изображения, автоматические осевые линии, фаски, скругления и другие элементы.

При создании элементов используются объектные привязки и динамические подсказки, которые делают процесс создания чертежа простым и удобным.

T-Flex CAD предоставляет следующие возможности, облегчающие работу и соответствующие Российским стандартам:

- различные типы линий: основные, тонкие, штриховые, штрихпунктирные, волнистые, двойные и т.п. Линии могут иметь переменную толщину, цвет, выравнивание. Имеется возможность создания пользовательских типов линий;

- различные способы модификации отрезков: обрезка, удлинение, укорачивание, разбиение линии на несколько отрезков;

- интерактивное изменение размеров, когда, щелкнув на номинал размера, непосредственно в поле чертежа задаете новое значение, при этом изображение чертежа корректируется в соответствии с новым номиналом;
- быстрая простановка размеров по графическим примитивам: линиям и дугам;
- допуски формы и расположения поверхностей, шероховатости, надписи, тексты. Значения шероховатостей можно выбирать из таблиц стандартных значений. Значения допусков формы и расположения поверхностей могут автоматически рассчитываться в зависимости от размера и точности.

Часто используемые способы простановки элементов оформления осуществляются за минимально возможное количество действий пользователя. Работает механизм динамических подсказок, помогающий пользователю задавать привязку элементов оформления.

### **1.3. Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ средствами САПР T-Flex ЧПУ**

Для подготовки программ для станков с ЧПУ предназначена система T-Flex ЧПУ (T-Flex CAM).

Перечислим функции, которые являются отличительной чертой системы:

- система непосредственно встроена в T-Flex CAD, что обеспечивает прямое взаимодействие модулей CAD/CAM и сквозную параметризацию. Это означает отсутствие проблемы передачи данных от конструктора к технологу ЧПУ и значительно упрощает модификацию или исправление данных;
- система позволяет подготавливать управляющие программы с использованием эскизов, чертежей, поверхностей, твёрдых тел и их комбинаций. Пользователь указывает элементы модели, которые необходимо обработать;
- в системе имеется динамическое моделирование (визуализация) процесса обработки без съёма материала.

Система поддерживает различные виды обработок (токарная, фрезерная, сверлильная, лазерная, электроэрозионная).

## 1.4. Контроль управляющих программ средствами САПР T-Flex-Tracer

«T-Flex NC-TRACER» появился в качестве специализированного инструмента для технолога-программиста. Основное назначение данного программного продукта заключается в просмотре готовых управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ с возможным их редактированием.

При помощи «T-Flex NC-TRACER» технолог-программист получает инструмент позволяющий:

- наблюдать процесс изготовления детали в соответствии с реальными производственными условиями;
- проконтролировать правильность обработки созданной УП;
- вносить необходимые изменения в УП и сохранять эти изменения в программе;
- определять правильность задания точек подвода/отвода режущего инструмента;
- осуществлять выбор заготовки из предлагаемых трёх вариантов: заготовка в виде параллелепипеда, заготовка в виде цилиндра, заготовка предварительно спроектированная в «T-Flex CAD».

## 2. ОСНОВЫ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В СИСТЕМЕ T-FLEX CAD

### 2.1. Стандартные соглашения, принятые при описании системы T-Flex CAD/CAM

Авторами системы T-Flex [4] приняты следующие стандартные обозначения:

<Enter>, <Esc> и т.п. – клавиши на клавиатуре;

[OK], [Yes] и т.п. – графическая кнопка в окне диалога;



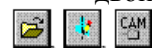
– левая кнопка мыши;



– правая кнопка мыши;



– двойное нажатие на левую кнопку мыши;



и т.п. – пиктограммы на инструментальной панели;

«ЧПУ|Список траекторий...») и т.п. – выбор из текстового меню команд пункта «ЧПУ», затем выбор подпункта «Список траекторий»;

«ЧПУ 3D|3D и 5D обработка/Фрезерование 3D» – выбор из текстового меню пункта «ЧПУ 3D», затем выбор подпункта «3D и 5D обработка», и в появившемся подменю пункта «Фрезерование 3D».

Вызов команды в T-Flex ЧПУ осуществляется путём выбора её из текстового меню. Кроме того, пиктограммы наиболее часто употребляемых команд размещены на инструментальной панели. Для облегчения выбора при подведении курсора к любой пиктограмме появляется подсказка с именем команды.

*Выбрать пиктограмму, нажать на пиктограмму, выбрать поле, нажать на кнопку* означает в тексте описания следующее: подвести курсор к пиктограмме, полю, кнопке и нажать левую клавишу мыши.

*Указать на элемент, указать на пиктограмму, указать на кнопку* означает в тексте описания следующее: подвести курсор к элементу, пиктограмме, полю, кнопке.

**Главное диалоговое окно T-FLEX CAD.** Главное диалоговое окно системы представлено на рис. 1.

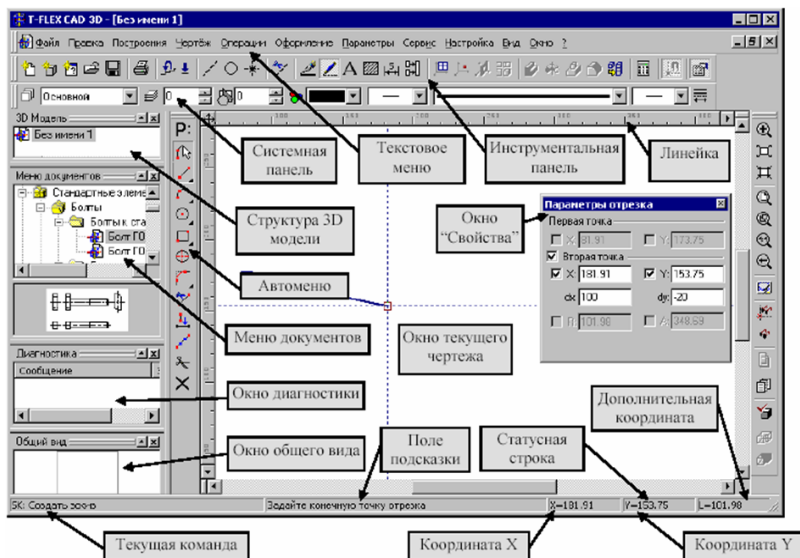


Рис. 1. Главное диалоговое окно системы T-Flex CAD

**Начало работы, сохранение чертежа, окончание работы.** При запуске системы на экране появляется окно «Добро пожаловать» (рис. 2)

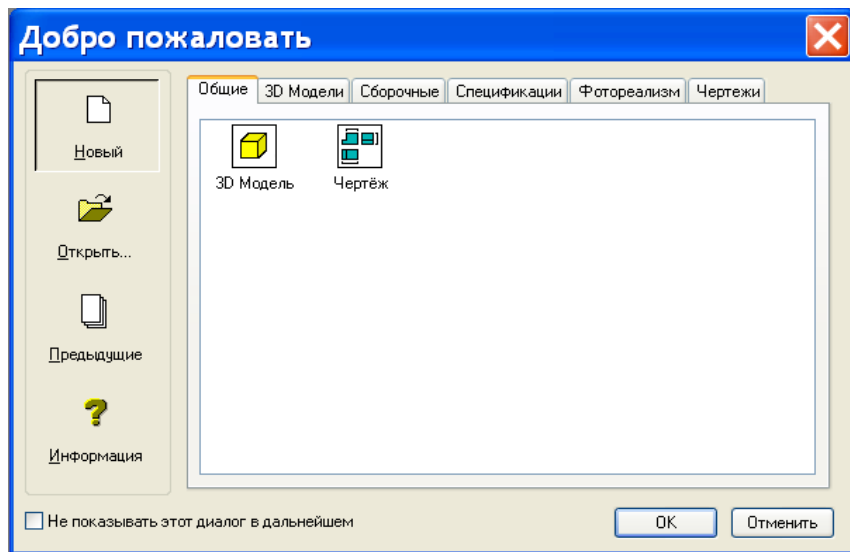


Рис. 2. Диалоговое окно входа в систему

С помощью этого диалога можно:

1) создать новый документ, прототип которого установлен по умолчанию в команде «SO: Задать установки системы», закладка "Файлы". Для этого надо установить кнопку [Новый] (данная кнопка установлена по умолчанию) нажать [ОК]. Создастся документ с именем «Без имени 1»;

2) создать новый документ на основе одного из файлов-прототипов, находящихся в установленной для прототипов папке, содержимое которой выводится в данное окно диалога в виде закладок и файлов, хранящихся в ней. Данная папка устанавливается в команде «SO: Задать установки системы», закладка «Папки». Все файлы-прототипы, используемые в T-Flex CAD, хранятся в папке «Прототипы», которая находится в Системной директории «Program», именно эта папка установлена по умолчанию. Для создания документа с использованием файла-прототипа надо дважды щелк-

нуть значок, обозначающий необходимый файл-прототип, либо выбрать его и нажать [ОК];


3) открыть документ при помощи стандартного диалога «Open» – кнопка [Открыть];

4) открыть один из файлов, которые были открыты в предыдущих сеансах работы – кнопка [Предыдущие]. Количество предыдущих файлов можно задавать в команде «Настройки\Установки\Разное».


5) просмотреть краткую информацию о системе – кнопка [Информация].

Если установить параметр «Не показывать этот диалог в дальнейшем», то при запуске системы будет автоматически создаваться новый документ с именем «Без имени 1», прототип которого установлен по умолчанию. Отменить этот режим можно в команде «SO: Задать установки системы», закладка «Разное».

Команда "FN: Создать новый чертеж" позволяет создать новый документ:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<FN> <Ctrl><N>	«Файл\Новый»	

Команда "FI: Завершить работу с системой" завершает работу с T-FLEX CAD.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<F1> <Alt><F4>	«Файл\Выход»	

## 2.2. Основные понятия и метод построения чертежа

Система T-Flex CAD использует при создании чертежа несколько типов элементов.

**Элементы построения** формируют каркас чертежа. С ними связаны элементы изображения, которые и являются тем реальным изображением, которое мы хотим в итоге получить. К элементам построения относятся линии построения и узлы – основные элементы, формирующие параметрическую модель чертежа. По ана-

логии с черчением их можно сравнить с тонкими карандашными линиями, которые затем обводятся тушью. С помощью задания различных типов линий построения и узлов устанавливается взаимосвязь элементов построения и определяется порядок расчета их положения при параметрическом изменении чертежа. Они присутствуют только на экране и не выводятся на принтер или плоттер, а также не экспортируются.

**Элементы изображения** формируют изображение чертежа. К элементам изображения относятся линии изображения, размеры, тексты, штриховки, допуски формы и расположения поверхностей и т.д. Они могут «привязываться» к элементам построения. В этом случае при изменении положения линий построения и узлов элементы изображения изменяют свое положение, что и является основной идеей параметризации в T-Flex CAD. Эти элементы составляют изображение чертежа при выводе на принтер и плоттер.

К **вспомогательным элементам**, используемым в системе, относятся переменные, базы данных, отчеты, а также некоторые другие служебные данные.

### 2.2.1. Линии построения

**Линия построения** – это базовые элементы параметрической модели в T-Flex CAD. Они являются тонкими конструкционными линиями, с помощью которых создается параметрический каркас вашего чертежа. К линиям построения относятся бесконечные прямые, окружности, эллипсы, сплайны, эквидистанты, функции, пути. На экране линии построения отображаются в виде штриховых линий.

Типы линий построения и методы их создания подробно описаны в следующих главах. Используя различные способы создания линий построения, вы тем самым определяете, как будет изменяться наш чертеж при изменении положения какой-либо линии построения, поскольку остальные линии будут каким-либо образом связаны с ней.

**Узел** – это элемент построения, положение которого зависит от способа его создания и взаимосвязи с другими элементами модели.

Узлы также являются базовым элементом создания параметрической модели T-Flex CAD.

Наиболее распространенным типом узла является узел, построенный на пересечении двух линий построения.

Узлы напрямую участвуют в построении параметрической модели при задании других элементов построения. Например: прямая, проходящая через узел под углом к другой прямой; окружность, проходящая через два узла и т.д.

Таким образом, при изменении положения какой-либо линии построения, задающей узел, изменится положение узла, и соответственно, изменится положение элементов построения, связанных с данным узлом. Также узлы используются в качестве конечных точек линий изображения и для задания положения других элементов изображения. Кроме узлов, положение которых определяется пересечением двух линий построения, в T-Flex CAD имеется еще несколько типов узлов, способы создания будут описаны ниже. Здесь же остановимся лишь на различии «связанных» и «свободных» узлов. Создание узлов в точках пересечения линий построения является основным режимом построения параметрической модели. Этот режим в последующем описании называется режимом «связанного рисования». В режиме «связанного рисования» в тех местах, где выполняется действие для создания нового узла, будет происходить следующее: система определит две ближайшие к курсору линии построения и построит узел в точке их пересечения.

Рекомендуется использовать при работе с чертежом режим «связанного рисования».

## 2.2.2. Построение параметрической чертежа в T-Flex CAD

Построение чертежа в T-Flex CAD начинается с создания элементов построения. Элементы построения могут быть созданы различными способами. Сначала задаются базовые линии построения, от которых в дальнейшем строятся новые линии построения. Базовыми линиями могут быть вертикальные и горизонтальные прямые. Далее строятся прямые или окружности, зависимые от базовых, например: параллельные прямые, окружности, касательные к прямым. Этим определяется способ построения новых линий, который запоминается в модели.



На пересечении построенных прямых создаются узлы, которые требуются для проведения дальнейших построений. Затем продолжается построение прямых и окружностей, которые задаются различными способами относительно построенных ранее (например: прямая, проходящая через два узла, окружность, касательная к прямой и проходящая через узел и т. д.). Все эти способы сохраняются, и в дальнейшем при изменении базовых или других элементов построения положение зависимых прямых, окружностей и узлов будет определяться исходя из способа их задания.

Таким образом, на начальном этапе построения чертежа задаются параметрические зависимости элементов построения чертежа, т.е. строится параметрический каркас чертежа. После здания вспомогательных линий осуществляется нанесение элементов формирующих изображение чертежа. Наносятся линии изображения – отрезки, дуги, окружности. При нанесении они привязываются к созданным элементам построения – узлам и линиям построения.


После нанесения основного изображения приступаем к оформлению чертежа. Наносите размеры, привязывая их к линиям построения и узлам. Определяете контуры штриховок и способы их заполнения. Наносите текстовую информацию. При нанесении текстов можете задать привязку текстов к элементам построения – узлам, линиям построения. Это необходимо сделать, если текст должен перемещаться вместе с изменением изображения чертежа.

Необходимо отметить, что приведенный сценарий построения параметрического чертежа в T-FLEX CAD не является жестким. Вы можете создавать новые элементы построения и элементы изображения в произвольной последовательности. Главное, чтобы элементы изображения при этом привязывались к элементам построения.


### 2.2.3. Прямая

Под понятием «прямая» принято считать бесконечные прямые, которые относятся к элементам построения и служат в основном для создания параметрического каркаса чертежа. На экране отображаются в виде тонких штриховых линий.


**Построение прямых.** Для построения прямой, вызовите команду "L: Построить прямую".

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<L>	«Построения\Прямая»	

Становятся доступными следующие опции<sup>1</sup>:

	<Enter>	Выбрать прямую, относительно которой строится новая прямая.
	<P>	Задать параметры для новых линий построения, когда не выбран ни один из элементов, или задать значение параметра вводимой линии пересечения
	<X>	Построить вертикальную и горизонтальную прямые и узел в точке пересечения
	<H>	Построить горизонтальную прямую
	<V>	Построить вертикальную прямую.
	<L>	Выбрать прямую, относительно которой строится новая прямая (параллельная выбранной)
	<N>	Выбрать узел, через который должна проходить прямая
	<C>	Выбрать окружность в качестве касательной
	<E>	Выбрать эллипс в качестве касательного
	<S>	Выбрать сплайн в качестве касательного
	<O>	Построить прямую, проходящую через выбранный узел, под прямым углом к выбранной прямой
	<A>	Выбрать прямую в качестве оси симметрии
	<T>	Выбрать второй узел для построения прямой, перпендикулярной соединяющему два узла отрезку, и делящей расстояние между узлами в заданной пропорции.
	<F>	Создать вертикальную и горизонтальную прямые и узел на их пересечении для использования в качестве точки привязки фрагмента. При этом в качестве параметров прямых автоматически используются переменные xN и yN (x1, y1, ..., x9, y9) в зависимости от нажатой клавиши

<sup>1</sup> Здесь и далее в таблицах опций в левом столбце показаны пиктограммы, во втором – клавиши, в третьем – их назначение.

	<1>...<9>	Создать вертикальную и горизонтальную прямые и узел на их пересечении для использования в качестве точки привязки фрагмента. При этом в качестве параметров прямых автоматически используются переменные $xN$ и $yN$ ( $x1, y1, \dots, x9, y9$ ) в зависимости от нажатой клавиши
	<Пробел>	Построить узел в ближайшей точке пересечения линий построения
	<F4>	Вызвать команду редактирования построения

Некоторые из этих опций становятся доступными после того, как уже выбран какой-либо элемент построения.

Существуют различные способы создания прямых. Некоторые прямые являются независимыми от других элементов построения (например, просто горизонтальная или вертикальная прямая). Эти прямые, как правило, являются самыми первыми линиями на чертеже. Создавая вертикальную или горизонтальную линии, тем самым создаем базовые линии, относительно которых будут построены все остальные. Другие линия требуют при своем создании указания связанных с ними элементов. Например, прямая, касательная к двум окружностям (рис.3), требует указания окружностей, а также варианта касания.

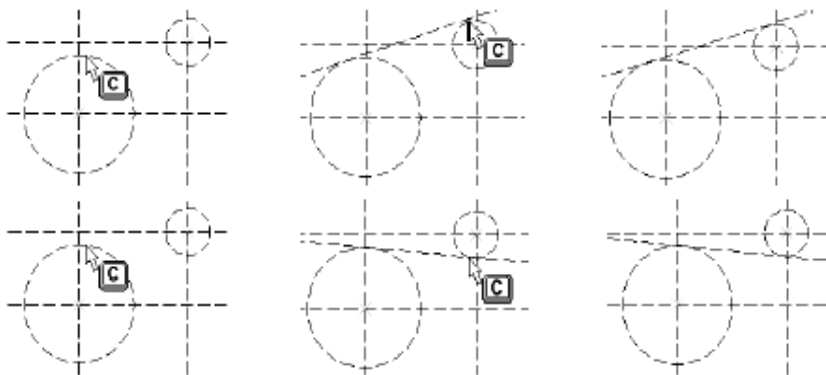


Рис. 3. Построение касательной к окружностям







Ряд способов построения прямых требует задания какого-либо численного параметра. Например, построение прямой, параллельной другой прямой и располагающейся от неё на каком-либо расстоянии. В этом случае необходимо, помимо указания исходной прямой, задать расстояние между прямыми. Это можно сделать в диалоге параметров прямой (опция ) или прямо указать требуемое расположение целевой прямой в поле чертежа нажатием .

Схема диалога при создании линии построения позволяет за счёт комбинирования ограниченного набора опций получать разнообразные линии построения. При этом необходимо следить, чтобы при использовании опций выбора какого-либо элемента курсор указывал на этот элемент.

Также необходимо учитывать, что при построении ряда типов прямых даже после того, как создана одна прямая, система останется в режиме построения прямых этого типа. Например, выбрав опцию <X> и построив две пересекающиеся прямые, имеется возможность, не выбирая эту опцию повторно и используя только , снова построить две пересекающиеся прямые. Такая возможность ускорит построение прямых линий одного типа. Для того чтобы отменить режим, необходимо нажать . <\*> – <L> можно заменить на <Enter> или .

Примечание: во всех способах построения прямой, в которых используется опция <P> ( задать значение численного параметра прямой) наряду с фиксированным значением параметра может использоваться переменная или выражение. Этот параметр может быть задан также при помощи нажатия  без использования поля диалога задания параметров прямой (по положению курсора). В этом случае параметр примет значение, находящее в момент нанесения в поле.

Во всех случаях, когда опция <P> не указана, прямая не имеет численных параметров, например, линия, проходящая через два узла.

Если при работе в системе, используется режим объектной привязки, то при выполнении действий данной команды можно исключить использование пиктограмм и клавиатуры.

Возможные способы построения прямых приведены в табл. 1.

Таблице 1

**Возможные способы построения прямых**

Клавиши	Назначение
<X>, <P>	Пересекающаяся (вертикальная и горизонтальная) прямые с узлом в точке пересечения и заданием точных координат расположения
<H>, <P>	Горизонтальная прямая с заданием точных координат
<V>, <P>	Вертикальная прямая с заданием точных координат
<L>, <P>	Параллельная прямой на заданном расстоянии от нее
<N>, <P>	Прямая под заданным углом к оси X
<N>, <L>, <P>	Проходящая через узел, под заданным углом к прямой
<N>, <L>, <O>	Проходящая через узел под прямым углом к прямой
<N>, <N>	Проходящая через два узла
<H>, <N> или <N>, <H>	Горизонтальная прямая, проходящая через узел
<V>, <N> или <N>, <V>	Вертикальная прямая, проходящая через узел
<L>, <N>	Параллельная прямой проходящая через узел
<C>, <C>	Касательная к двум окружностям
<N>, <C> или <C>, <N>	Проходящая через узел, касательная к окружностям
<A>, <L>	Симметричная другой прямой <L> относительно указанной оси <A>
<C>, <L>, <P>	Касательная к окружности, под углом к прямой
<L>, <L>	Ось симметрии двух прямых
<L>, <C>	Параллельная прямой, касательная к окружности
<N>, <T>, <P>	Прямая, перпендикулярная отрезку, соединяющему два узла и делящая расстояние между узлами в заданной пропорции

#### 2.2.4. Окружности

Окружности в T-Flex CAD строятся аналогично прямым при помощи установления их геометрических связей с другими элемен-

тами построения. Такими связями могут быть положение центра окружности в узле, касание к прямой, касание к окружности, прохождение через концентричность другой окружности, симметричное другой окружности.



Окружности в T-Flex CAD можно отнести к двум основным категориям:


- окружности, радиус которых можно задать числовым значением (например, окружность с центром в узле или окружность касательная к двум прямым);
- окружности, положение и радиус которых определяются построениями (например, окружность, проходящая через три узла).


Если окружность имеет численный параметр (радиус), то он может быть задан константой, переменной или выражением. Создаются окружности в команде "С: Построить окружность". Отношения, задаваемые при создании окружности, могут быть изменены в команде "ЕС: Изменить построения» аналогично тому, как это делается с прямыми.

**Примеры построения окружностей.** Перед тем как обсуждать все возможности команды «С: Построить окружность», приведем примеры построения окружностей наиболее распространенных типов.


При построениях дополнительно будет использована команда «L: Построить прямую», описанная в предыдущем разделе.

Войдите в команду «L: Построить прямую». Выберите опцию <X>, которой в автоменю соответствует пиктограмма  Переместите курсор примерно в середину графического окна и нажмите . При этом будут созданы две прямые (вертикальная и горизонтальная) и узел в точке их пересечения. После этого войдите в команду «С: Построить окружность»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<C>	«Построения\Окружность»	

Переместите курсор к только что созданному узлу и нажмите . Этим зададим команду системе о том, что собираемся постро-


ить окружность с центром в выбранном узле (рис. 4). Узел будет выделен цветом, к курсору привяжется динамически изменяемая окружность, а поле координат статусной строки будет отображать радиус этой окружности «R= . . .».

При нажатии  окружность с этим радиусом будет построена.

Другим типом окружности, который часто используется при базовых геометрических построениях, является окружность, касательная к двум прямым (рис. 5).

Для того чтобы попробовать создать окружность этого типа, в команде "С: Построить окружность", подведите курсор к вертикальной прямой, которая уже имеется на вашем чертеже, и нажмите <L>. При этом прямая выделится цветом, а к курсору будет «привязана» динамическая окружность, касательная к выбранной прямой.

Теперь подведите курсор к горизонтальной прямой и еще раз нажмите <L>. Выберется вторая прямая, а курсор-окружность будет касательной уже к двум прямым.

В поле координат статусной строки будет отображаться динамически изменяющийся радиус окружности. Заметьте, что можно переместить курсор в любой из четырех квадрантов, образованных выбранными прямыми, а динамическая окружность будет всегда следовать за курсором. Теперь вы можете задать радиус окружности либо просто нажав , либо используя диалог параметров окружности <P>.

После того, как мы создали окружность, являющуюся касательной к двум прямым, это отношение будет всегда сохраняться (рис. 6).

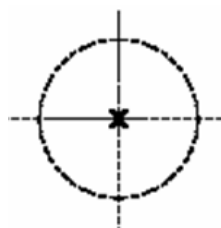


Рис. 4. Построение окружности

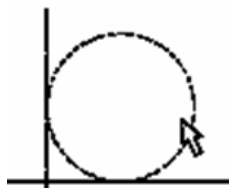



Рис.5. Окружность, касательная к двум прямым



Рис. 6. Построение окружностей

К примеру, выйдите из команды «С: Построить окружность». В режиме ожидания команды подведите курсор к созданной окружности и нажмите . Система войдёт в команду редактирования «ЕС: Изменить построения». Окружность будет выделена цветом, и вы сможете без труда изменить ее радиус, перемещая курсор. Касание к прямым при этом будет сохраняться. Попробуйте провести эту операцию несколько раз, перемещая окружность в другие квадранты.

**Построение окружностей.** В команде «С: Построить окружность» в зависимости от текущего состояния, доступны опции из следующего набора:

	<Enter>	Выбрать узел, в качестве центра окружности
	<P>	Задать параметры окружности
	<L>	Выбрать прямую в качестве касательной
	<N>	Выбрать узел, через который будет проходить окружность
	<C>	Выбрать окружность в качестве касательной
	<E>	Выбрать эллипс в качестве касательной
	<S>	Выбрать сплайн в качестве касательной
	<A>	Выбрать ось симметрии для построения симметричной окружности
	<O>	Выбрать окружность для построения окружности, concentric с ней
	<Tab>	Изменить способ касания окружности
	<Пробел>	Построить узел на ближайшей точке пересечения двух линий построения
	<F4>	Вызвать команду редактирования построения
	<Esc>	Отменить выбор элементов



T-Flex поддерживает наиболее распространенные режимы построения окружностей:

- режим построения окружности с центром в узле;



- режим построения окружности проходящего через узел.

Данным режимам соответствуют следующие опции:

	<T>	Выбрать узел в качестве центра окружности
	<T>	Выбрать узел, через который проходит окружность

Причем после вызова команды автоматически устанавливается один из режимов, чему соответствует нажатая пиктограмма в меню.

### 2.2.5. Узлы

Узел является точкой, координаты которой рассчитываются в зависимости от его параметров или положения других элементов модели. Узлы являются важными элементами построения T-Flex CAD. Они являются начальными и конечными точками линий изображения. Они напрямую участвуют при создании большинства элементов изображения. Важную роль играют узлы и при создании линий построения.

**Построение узлов.** T-Flex CAD позволяет строить узлы различных типов (рис. 7), в зависимости от отношения с другими элементами модели. Чаще других используется узел, построенный на пересечении или точке касания линий построения. Такой узел на экране выглядит как небольшое перекрестье.

Другие типы узлов помечаются на экране другим способом.

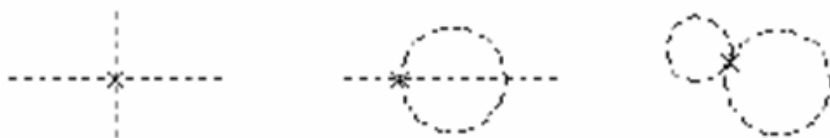


Рис. 7. Построение узлов

Существуют следующие типы узлов.

*Узел на пересечении линий построения.* Такой узел наиболее часто используется при создании параметрических моделей. Его положение определяется положением двух линий построения, на

пересечении которых он построен, а также вариантом пересечения и в том случае, если количество точек пересечения больше 1.

*Узел с фрагментом.* Задаётся положением другого узла, находящегося на фрагменте сборочного чертежа. Данный тип узла является необходимым при создании параметрических сборочных моделей. Он используется в тех случаях, когда необходимо связать какой-либо из элементов сборочной модели с точкой фрагмента этой же модели.

*Узел, построенный относительно другою узла.* Его положение задаётся смещением относительно другого узла. Смещение может быть задано константами или при помощи переменных. Узел данного типа может использоваться в качестве вспомогательной точки, когда какой-либо элемент необходимо привязать не точно к оригинальному узлу, а с некоторым смещением от него.

*Узел, лежащий на линии построения.* На заданном расстоянии по этой линии построения от узла.


*Узел, являющийся характерной точкой линии построения.* К категории таких узлов относится узел, лежащий в центре окружности, находящийся в начальной или конечной точке сплайна или другой кривой.

*Узел, находящийся на кривой и делящий ее в заданной пропорции.*

*Узлы лежащие в характерных точках элементов.* К этой категории относятся узлы, лежащие на выносных линиях размеров, надписях, на концах линий изображения созданных копированием и т.д.

Для того чтобы требуемая точка стала узлом, необходимо этот узел построить. Сделать это можно различными способами:

- с помощью команда «'N: Построить узел», которая специально предназначена для построения узлов:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<N>	«Построения\Узел»	

- с помощью опции <Пробел> в командах «L: Построить прямую» и «C: Построить окружность». Вы можете в этих командах

подвести курсор точке пересечения линий построения и нажать <Пробел>;






- в команде «G: Создать изображение» при создании линии изображения;



- в команде «H: Создать штриховку» при создании контура штриховки;


- в команде «FR: Создать фрагмент». Когда вы добавляете чертеж как фрагмент в текущий чертеж, вы можете автоматически построить на чертеже узлы с фрагмента.





О последних трех способах читайте в последующих главах. В этой главе рассмотрим подробно команду «N: Построить узел».

После того, как вошли в команду, становятся доступными опции, позволяющие построить узел или выбрать элемент для построения узла.


	<Ctrl><F>	Режим свободного\связного рисования
	<L>	Выбрать прямую для создания узла
	<C>	Выбрать окружность для создания узла
	<E>	Выбрать эллипс для создания узла
	<S>	Выбрать сплайн для создания узла

Опция   позволяет задать режимы рисования "свободный" или "связанный".

С помощью  можно построить узел в ближайшей точке пересечения линий построения, или построить узел в позиции на чертеже, куда указывает курсор, при «свободном» рисовании.

Опции    и  позволяют создавать узлы, лежащие на выбранных элементах.

**Узлы на основе элементов построения.** Существует два основных способа построения узлов на пересечении линий построения в команде «N: Построить узел»:

1) подвести курсор к точке пересечения двух линий и нажать . В этой точке построится узел;

2) последовательно выбирать две линии построения, и в точке их пересечения автоматически построится узел.

В случае существования двух или большего количества точек пересечения, выбирается ближайшая к курсору точка в момент выбора последней линии построения. Для выбора линий построения

можно использовать опции    и .

Второй способ построения узлов рекомендуется использовать при большой насыщенности чертежа, а также в случаях, когда в одной точке пересекаются несколько линий построения.

## 2.2.6. Линии изображения

**Линии изображения** – это основные графические элементы, формирующие собственно изображение. По аналогии с работой за чертежной доской, линии изображения – это линии, обведенные тушью. Линии изображения создаются на основе линий построения и узлов.


Существуют следующие виды линий изображения:

- отрезок прямой между двумя узлами. Начало и конец линии изображения определяются положением этих узлов.












- полная линия построения. Такая линия изображения задаётся только линией построения. В качестве задающей линии построения может служить линия построения любого типа, за исключением прямой (так как она бесконечна)

- участок линии построения, ограниченный двумя узлами. Такая линия изображения задается линией построения, задающей её форму и двумя узлами, задающими её границы.

**Создание линий изображения.** Линии изображения могут быть созданы командой «G: Создать изображение».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<G>	«Чертеж\Изображение»	



После вызова команды в автоменю будут доступны следующие опции:

	<Ctrl><F>	Режим свободного\связного рисования
	<P>	Задать параметры линии изображения
	<N>	Выбрать существующий узел
	<L>	Выбрать линию построения - прямую
	<C>	Выбрать линию построения - окружность
	<E>	Выбрать линию построения – эллипс
	<S>	Выбрать линию построения – сплайн
	<BkSpace>	Удалить последнюю линию контура
	<F4>	Выполнить команду редактирования линий изображения
	<Esc>	Отменить выбор элемента построения (доступна только при выборе элемента построения)
	<Esc>	Выйти из команды

Для создания отрезка необходимо:

- выбрать начальный узел. После выбора узла, через который проходит несколько линий построения, рекомендуется использовать опцию <L> для указания прямой, по которой будет наноситься изображение. Если после нажатия клавиши <L> линия построения не выделяется, значит, выбранный узел не принадлежит выбираемой прямой и узел выбран неправильно;

- выбрать конечный узел. После этого будет создана линия изображения между двумя узлами (рис. 8).

Для задания начальной или конечной точки линии изображения достаточно переместить курс нужное место и нажать . В режиме «связанного» рисования при нажатии  выбирается узел в ближайшей точке пересечения линий построения, если он существует;

в противном случае в этой точке создаётся новый узел, и он выбирается.

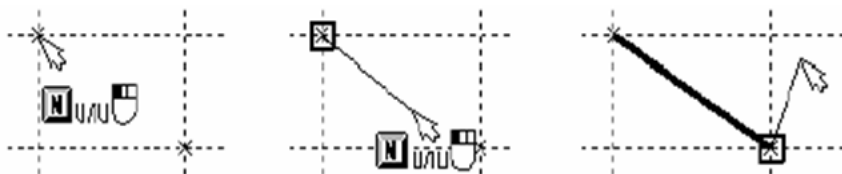








Рис. 8. Построение линий изображения

В режиме «свободного» рисования либо создаётся новый узел, либо помечается уже существующий. Существующий узел помечается, если графический курсор находится в пределах зоны «обнаружения» узлов. Размер этой зоны задаётся в пикселях и устанавливается в параметре «Радиус поиска узлов» команды <Настройки|Установки|Разное>.

Опция  работает аналогично опции , но в отличие от неё можно выбрать только существующие узлы. Новые узлы не создаются.

Опции    и  позволяют выбрать линию построения соответствующего типа. Работа данных опций зависит от текущего состояния (имеется ли уже помеченный узел или линия построения).

Для создания полной кривой необходимо выполнить следующие действия:

- выбрать соответствующую линию построения при помощи клавиши <C>, <E> и <S>, когда не выбран ни один узел (рис. 9);
- выбрать начальный узел дуги;
- выбрать соответствующую линию построения. При этом если линия построения не выбирается, значит, выбранный узел ей не принадлежит, и построить дугу невозможно;
- выбрать конечный узел дуги.

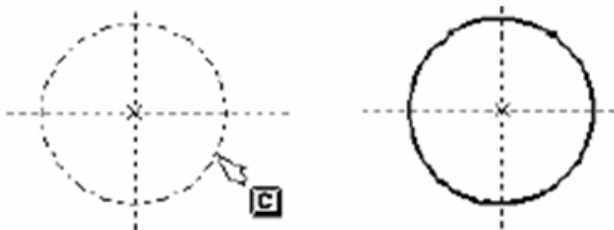


Рис. 9. Построение линии изображения

После этого будет создана дуга от начального до конечного узла. Нужно иметь в виду, что если кривая является замкнутой (например, окружностью), то два узла разбивают ее на две дуги и будет создана дуга, ближе к которой находился курсор в момент выбора конечного узла (рис. 10).

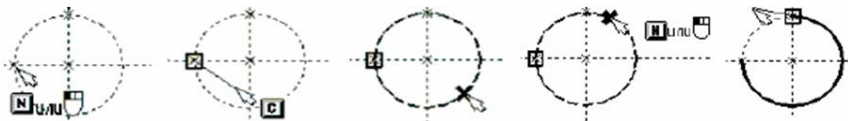


Рис. 10. Построение линий изображения по дугам окружности


## 2.2.7. Параметры линии изображения.


### Нанесение осевых линий

Опция **P:** вызывает появление на экране окна диалог параметров линии изображения.

**Простановка осей.** Команда предназначена для автоматического нанесения осевых линий на элементы изображения. Созданные таким образом оси сохраняют ассоциативную связь с исходными элементами и изменяются при их изменении.

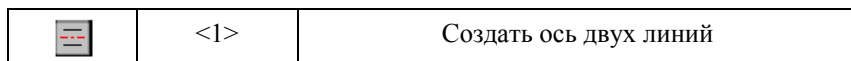
Для **нанесения осевых линий** используется команда «АХ: Создать обозначение осей». Вызов команды осуществляется следующим способом:


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<АХ>	«Чертеж\Оси»	


После вызова команды автоматически устанавливается штрих-пунктирный тип линии изображения, который используется для нанесения осевых линий. Изменить тип линии можно либо в системной панели, либо в параметрах линии изображения, окно диалога которых вызывается с помощью опции .

При этом установится тип линии, используемой данной командой в текущем чертеже.


Для нанесения обозначения осей необходимо выбрать линию изображения, используя следующую опцию:



Данная опция позволяет создать осевую линию между двумя линиями изображения. В качестве линий изображения могут быть выбраны два отрезка или две дуги окружностей одинаковых диаметров. Выбор осуществляется с помощью . Выбираемые элементы подсвечиваются.

Если в текущем сеансе установлен режим объектной привязки, то при выборе второго отрезка или дуги появится динамическое изображение осевой линии. Если режим объектной привязки отключен, то обозначение осевой линии появляется только в результате подтверждения выбора. Подтверждение выбора элементов для создания осевой линии осуществляется опцией .

В качестве пределов осевой линии используются перпендикуляры, опущенные из конечных точек выбранных линий изображения на осевую линию.

Существует возможность продлить осевую линию с одной или двух сторон, для этого нужно дополнительно выбрать одну или две линии изображения, осевая линия будет продлена до пересечения с перпендикуляром опущенным из конечной точки выбранной линии изображения. Если в качестве дополнительных линий указываются две линии изображения, то создание осевой линии происходит автоматически, без подтверждения опцией .

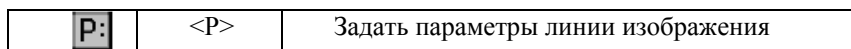
Данная опция позволяет нанести сразу две осевые линии окружности, эллипса или дуги. Для этого достаточно выбрать линию и




изображения окружности эллипса и дуги. Выбираемые элементы подсвечиваются, и появляется динамическое отображение осевых линий (в случае установленного режима объектной привязки). В качестве пределов для осевых линий используются радиусы выбранных элементов. После выбора осевые линии создаются автоматически, не требуя подтверждения.

Данные опции позволяют создать соответственно горизонтальные и вертикальные осевые линии для окружностей и дуг окружностей. Для эллипсов или дуг эллипсов в качестве горизонтальной является большая полуось, в качестве вертикальной – малая.

**Параметрами осевых линий** являются стандартные параметры линий изображения, которые можно задать в любой момент, вызвав окно диалога им задания параметров с помощью опции:



**Редактирование осевых линий.** Так как созданные оси сохраняют ассоциативную связь с исходными элементами, то и их изменение происходит наряду с изменениями исходных элементов. Оси можно удалить, задать для них новые параметры или имя при помощи контекстного меню, вызванного при выборе оси , или команды «EG: Изменить изображение».


## 2.2.8. Размеры

В T-Flex CAD поддерживаются все типы размеров, предусмотренные стандартами ЕСКД, ANSI. Функции работы с размерами в T-FlexCAD удобны и легки в работе, как впрочем, и команды для других элементов оформления чертежа.



В T-Flex CAD размеры привязаны к прямым линиям построения или изображения и узлам, за исключением радиальных и диаметральных, положение которых определяется положением окружности, на которой они проставлены.


**Нанесение размеров.** При построении размера между двумя прямыми, система самостоятельно находит ближайшие узлы, которые расположены на этих прямых, и привязывает к ним начало выносных линий. При этом всегда имеется возможность переназначить узлы, к которым привязывается размер.

Для нанесения размера используется команда «D: Создать размер»:











Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<D>	«Чертеж\Размер»	

и редактирование с помощью опций:

	<F4>	Вызвать команду редактирования размеров
	<Esc>	Закончить выполнение команды

После вызова команды создания размера можно нажать  рядом с любой линией построения или изображения. Линия выделится. Либо можно указать курсором на прямую и нажать <L>. Также можно выбрать узел (клавиша <N>) или окружность (клавиша <C>).

В зависимости от того, что выбирается на этом шаге, появляются различные возможности дальнейших действий. Для пользователя становятся доступными опции:

	<P>	Задать параметры размеров
	<N>	Выбрать узел привязки размера
	<L>	Выбрать линию построения – прямую для нанесения размера
	<C>	Выбрать линию построения – окружность для нанесения размера
	<Y>	Простановка радиального размера с изломом размерной линии
	<A>	Простановка размера по дуге
	<Q>	Простановка размера по отрезку
	<B>	Простановка размера от одной базы
	<Z>	Простановка цепочки размеров
	<S>	Создать строительный размер

## 2.2.9. Штриховки, заливки

Для нанесения штриховок или заливок необходимо использовать команду «Н: Создать штриховку». Штриховки, помимо своего прямого назначения, используются в некоторых других целях: в качестве контуров удаления невидимых линий, в качестве профилей, а также в качестве исходных данных для создания трёхмерных моделей (в T-Flex CAD 3D).

Область штриховки или заливки может состоять из одного или нескольких контуров. На рис. 11 слева изображена штриховка, состоящая из одного контура, справа – из трёх контуров.

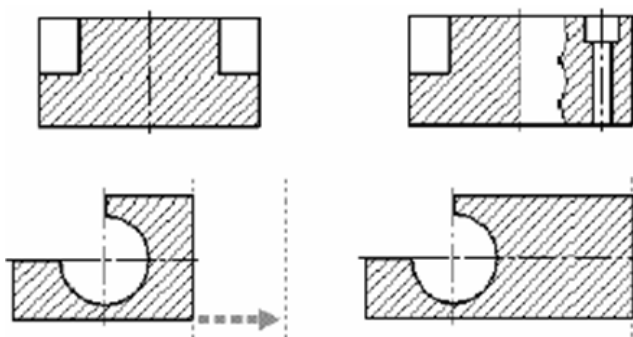


Рис. 11. Способы нанесения штриховки

Так как линии контуров «привязаны» к элементам построения, изменение их положения влечёт за собой адекватное изменение границ контуров штриховки. Устанавливая соответствующие параметры штриховки, можно добиться необходимого способа заполнения контура от стандартных и специальных технических до различных художественных типов. Заливка равномерно заполняет область профиля установленным цветом.

Для нанесения штриховки войдите в команду «Н: Создать штриховку»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<H>	«Чертеж\Штриховка»	

Станут доступны опции:

	<Enter>	Выбрать узел или создать узел в ближайшей точке пересечения линий построения
	<Ctrl><F>	Перейти от режима «связного» рисования к «свободному» и обратно
	<P>	Задать параметры для новых штриховок, когда не выбран ни один элемент, или задать параметры вводимой штриховки, когда задан контур
	<X>	Параметры автоматического поиска контура
	<A>	Режим автоматического поиска контура
	<A>	Режим ручного ввода контура
	<N>	Выбрать узел (доступна в режиме ручного ввода контура)
	<L>	Выбрать прямую (доступна в режиме ручного ввода контура)
	<C>	Создать полную окружность (доступна в режиме ручного ввода контура)
	<E>	Создать полный эллипс (доступна в режиме ручного ввода контура)
	<S>	Создать полный сплайн (доступна в режиме ручного ввода контура)
	<F4>	Вызвать команду редактирования штриховок
	<Esc>	Закончить выполнение команды

Чтобы задать параметры штриховки, необходимо нажать клавишу <P>. При этом на экране появится диалоговое окно «Параметры штриховки». Отметим, что при задании параметров до начала ввода контура штриховки установленные значения будут действительны для всех последующих штриховок. Для установки параметров какой-либо одной штриховки надо задать параметры в процессе создания штриховки.

## 2.2.10. Надписи

Надпись служит для оформления множества различных элементов чертежа – задание пунктов спецификации, указание мест клеймения, маркировки и т.д. Надпись состоит из двух частей: линий

выноски (стрелки) и полки (рис. 12). Для вынесения надписи необходимо задать положение обеих частей, то есть надпись имеет две точки привязки. В зависимости от установленных параметров получатся различные элементы оформления.

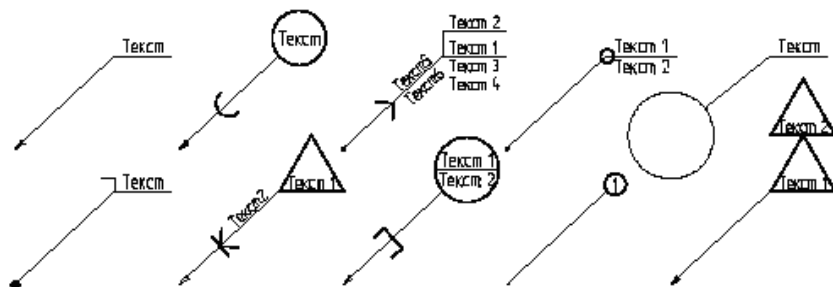






Рис. 12. Способы нанесения надписей

Создание надписей осуществляется в команде «IN: Создать надпись»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<H>	«Чертеж\Надпись»	

Становится доступен набор опций:

	<Enter>	Задать положение точки привязки надписи в месте положения курсора
	<P>	Задать параметры для новых надписей
	<A>	Задать абсолютные координаты точки привязки или смещения относительно узла
	<F>	Привязка к стрелке
	<L>	Выбрать прямую привязки
	<N>	Выбрать узел привязки
	<X>	Фиксация к узлу
	<K>	Разрушить привязку
	<C>	Установить связь с окружностью
	<E>	Установить связь с эллипсом

	<S>	Установить связь с сплайном
	<Tab>	Изменить ориентацию выносной полки
	<F4>	Выполнить команду редактирования надписей
	<Esc>	Закончить выполнение команды

Для создания надписи необходимо последовательно задать положение двух точек. Первая определяет положение линии-стрелки надписи, вторая – положение выносной полки.



Положение второй точки может быть задано относительно первой точки привязки надписи (относительно стрелки) или в абсолютных координатах. Для выбора режима используется опция





. При включенной опции положение полки задается относительно стрелки надписи, при отключенной опции в абсолютных координатах.


При создании надписи к курсору привязано динамическое изображение, полностью передающее вид будущей надписи. После задания точек привязки надписи на экране появится диалог параметров, задав которые, вы получите необходимое изображение надписи.




Обе точки надписи можно привязать к узлу, линии построения или изображения. Опции  ,   или  или помогут выбрать для привязки соответствующий элемент. При этом следует учитывать, что привязка второй точки к линии построения



или узлу возможна только при отключенной опции . Для отмены выбранного режима привязки нужно нажать <Esc> или .

Для того чтобы привязать точку надписи к линии построения, необходимо сначала выбрать требуемую линию (с помощью  или соответствующей опции). Линия выделится, и появится динамический курсор, перемещающийся вдоль неё. После этого с помощью  необходимо указать положение точки привязки надписи на линии.

При привязке к прямой необходимо, чтобы на ней был хотя бы один узел. Привязка к линии изображения осуществляется аналогично привязке к линии построения. В случае, если точка надписи находится за пределами линии изображения, точка будет расположена на продолжении линии изображения.

При привязке к узлу возможны два варианта: со смещением относительно заданного узла и без смещения. Необходимый режим устанавливается с помощью опции .

При привязке со смещением (отключенная опция ) первое нажатие  задаёт узел, к которому будет привязана надпись. Узел выделится и с курсором будет связана линия – резиновая нить. Следующее нажатие  задаем смещение надписи относительно выбранного узла. Используя опцию <A>, можно задать конкретные величины смещений по X и по Y.

При включенной опции  точка надписи привязывается к узлу без смещения. В этом случае необходимо просто указать узел привязки, один раз нажав . Выносная полка привязывается к узлу аналогичным образом. Обе точки надписи могут быть привязаны к одному и тому же узлу.

После того, как вы зададите две точки привязки надписи, на экране появится диалоговое окно параметров надписи, в котором вы сможете задать содержимое строк текста, а также определить стиль линий надписи и параметры шрифта.

## 2.2.11. Тексты

При оформлении чертежа можно вставлять отдельные надписи, состоящие из одной или более текстовых строк. Эти строки размещаются на чертеже в соответствии с точкой привязки и имеют ряд параметров, задающих шрифт, его размер, угол поворота и т.д. (раздел «Строчный текст»). Также можно вставлять и большие объемы текста, состоящие из нескольких абзацев с различным форматированием (разделы «Параграф текст» и «Многострочный текст»). Существует возможность создания таблиц (раздел «Таблицы»). В любой текст можно включить созданные при построении

чертежа переменные, элементы текста из словаря (раздел «Работа со словарем»). При необходимости возможен импорт\экспорт текста.


**Создание текстов.** Для создания текста используется команда «TE: Создать текст»

После вызова команды в автоменю доступны опции:



	<M>	Создать многострочный текст
	<R>	Создать параграф текста
	<B>	Создать таблицу
	<D>	Создать строчный текст
	<P>	Установить параметры текста
	<A>	Установить абсолютные координаты
	<N>	Задать привязку к узлу (доступна только при выборе строчного текста)
	<L>	Установить связь с прямой (доступна только при выборе строчного текста)
	<C>	Расположить текс вокруг окружности
	<F4>	Выполнить команду редактирования текста
	<Esc>	Выйти из команды



Первые четыре опции служат для выбора типа создаваемого текста (многострочный, параграф, строчный текст и таблицы). Принципы создания и работы с каждым из них будут подробно рассмотрены в соответствующих разделах данной главы.

Обратите внимание, что при вызове команды в автоменю будет включена опция того типа, который использовался при последнем


обращении к команде. По умолчанию это . Создаваемые тек-



сты можно привязывать либо в абсолютных координатах (опция ) , либо к существующим узлам (опция ) с тем, чтобы их положение менялось с изменением положения заданных узлов.

Для строчного текст возможно также при привязке к узлу задать смещение текста от узла по горизонтали или вертикали. Кроме того, для строчного текста в автоменю будут доступны дополнительные опции установления связи текста с линиями построения (прямыми  и окружностями ). Они позволяют задавать угол поворота и форму текста в соответствии с положением и видом линий построения.

Привязка текста любого типа также может осуществляться к точкам сочленения линий изображения, принадлежащих 2D фрагментам или 2D проекциям (при выборе такой точки создается 2D узел).

До начала создания текста можно установить параметры по умолчанию для всех вновь создаваемых текстов с помощью опции . После вызова данной опции появляется окно параметров текста.

**Закладка «Стиль».** Первая группа параметров **«Выравнивание»** определяет положение элемента относительно его точки привязки, а также режимы выравнивания содержимого элемента относительно его границ. Действие этих параметров различается для разных типов текста.

**Выравнивание по горизонтали.** Параметр может принимать пять значений «Левое», «Центр», «Правое», «Левое и центр», «Правое и центр». Данный параметр в общем случае задаёт способ размещения текста относительно точки привязки, а также режим выравнивания содержимого секста по горизонтали. Если значение параметра двойное (например, «Левое и центр»), первое слово относится к режиму выравнивания содержимого текста (по левой границе), а второе к способу привязки (по центру элемента). Если значение параметра одинарное (например, "Левое"), режим выравнивания содержимого текста и способ привязки будут одинаковыми. При работе с параграфом текста заданным способ привязки не учи-

тывается (т.к. этот элемент привязывается по двум точкам), а на текст типа «Таблица» не оказывает влияние установленный в описываемом диалоге режим выравнивания текста.

**Выравнивание по вертикали.** Параметр задает для параграфа текста режим выравнивания содержимого текста по вертикали, для текста любого другого типа – способ размещения текста относительно точки привязки. Однако влияние этого параметра на различные виды текста имеет ряд особенностей.

Этот параметр может иметь пять значений: «Нижнее» – строчный текст располагается выше точки привязки на расстоянии, определяемом размером шрифта; многострочный текст и таблица будут привязаны по нижней границе; для параграфа текста этим задается вертикальное выравнивание содержимого текста по нижнему краю;

«По основанию» – строчный текст будет располагаться непосредственно над точкой расположения; для всех остальных типов текста это значение параметра равносильно предыдущему;


«По середине» – строчный, многострочный тексты и таблица центрируется относительно точки расположения; содержимое параграф текста будет отцентрировано по вертикали; «По вершине» – строчный текст располагается непосредственно под точкой расположения; многострочный текст и таблица будут привязаны по верхней границе; содержимое параграф текста выравнивается по вертикали по верхней границе;


«Верхнее» – строчный текст располагается под точкой привязки на расстоянии, определяемом размером шрифта; для всех остальных типов текста это значение параметра равносильно предыдущему.


**Угол поворота.** Угол поворота текста относительно горизонтальной оси координат в градусах. Положительное значение угла означает поворот против часовой стрелки. Общесистемные параметры Цвет, Уровень, Спой, Приоритет.

**Показывать окно параметров при создании.** Данный параметр имеет смысл строчного текста. Если ценный параметр установлен, то при создании строчного текста содержимое задается на дополнительной закладке "Содержание" окна диалога


параметров. В противном случае вызывается специальный редактор текста.


**Создание строчного текста.** Для создания строчного текста необходимо после вызова команды «ТЕ: Создать текст» выбрать в автоменю опцию .

Для создания текста можно установить необходимые параметры текста (опция ). Эти параметры в дальнейшем по умолчанию будут применяться ко всем типам вновь создаваемых текстов.

После вызова опции  на экране появится графический курсор в виде прямоугольника с перекрестьем. Высота прямоугольника соответствует размеру шрифта текста.

Позиция перекрестья обозначает положение точки привязки текста. По тому, как расположен прямоугольник относительно перекрестья, можно определить схему выравнивания и расположения текста относительно точки привязки, установленные в диалоге параметров текста. Высота прямоугольника соответствует размеру шрифта текста.

При помощи  возможно задать положение текста и перейти в текстовый редактор для задания его содержания. Кроме того, текст можно привязать к узлу, линии или окружности доля того, чтобы его положение менялось с изменением параметров чертежа


При привязке к узлу сохраняется постоянным смещение точки привязки текст относительно узла. Если нужно реализовать такую связь, то выберите с помощью клавиши <N> необходимый узел, прежде чем нажать  для задания положения текста.

Если необходимо задать точное смещение текста от узла по горизонтали или вертикали, используйте опцию <A> для задания значений смещений. Эта же опция без выбора узла позволит ввести в координатах чертежа точное место расположения текста.

Прямая привязки задает угол поворота текста. Текст может располагаться параллельно линии, либо под каким-либо углом (угол задается в параметрах текста). Нажмите <L> для привязки текста к прямой.

Привязку к узлу и привязку к прямой можно комбинировать, последовательно используя опции <L> и <N>. Это позволит, например, привязать текст так, что при повороте изображения положение текста адекватно изменится, в показанном справа примере были выбраны линия построения и узел. Причем, при выборе узла привязки была использована опция <A> со значениями смещения «0,0».

Если необходимо расположить текст по окружности, необходимо выбрать ее с помощью опции <C>. Повернуть такой текст на 180° можно с помощью параметров выравнивания, определяющих положение точки привязки.


При включенном режиме объектной привязки элементы построения, к которым нужно привязать текст подсвечиваются при приближении курсора. Для привязки текста к ним достаточно нажать . Кроме того, в качестве узла привязки можно выбрать пересечение линий построения, узел в том случае создается автоматически.

После задания положения текста на экране появится окно для ввода его содержимого. В тексте могут быть вставлены переменные, надстрочные и подстрочные символы, а также специальные символы. Если в параметрах текста установлен флажок «Показывать окно диалога параметров при создании» на экране появится окно диалога параметров с дополнительной закладкой «Содержание», на которой и необходимый текст. В противном же случае для ввода содержимого текста на экран будет выведено окно специального текстового редактора. Редактор текстов предназначен для ввода и редактирования содержания строчных текстов. При работе в текстовом редакторе доступны все функции простого текстового редактора Windows, в том числе импорт\экспорт текстовых файлов.


В контекстном меню и редакторе текстов, и диалога параметров строчного текста доступны следующие возможности: вставить символ, выбрав его из таблицы символов; повторить вставленный символ; вставить переменную; вставить, текст из словаря (см. ниже); вызвать команду измерения.

## 2.2.12. Оформление чертежей

Модуль оформления чертежей является приложением, запустить которое можно в команде «Настройка|Приложения». По умолчанию данное приложение запущено, о чем говорит наличие пункта текстового меню «Оформление» и инструментальной панели «Оформление».

Инструментальную панель можно открыть из команды «SB: Настройки системы» или выбрать из списка панелей в контекстном меню, вызванном по  при наведении курсора на одну из инструментальных панелей.

**Создание основной надписи (нанесение форматки на документ).** Для создания основной надписи служит команда «Создать основную надпись»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\Основная надпись\Создать»	

После вызова данной команды, на экране появляется диалоговое окно, в котором перечислены все типы основных надписей, поставляемых с системой. Можно пополнить этот список самостоятельно, добавив в него самостоятельно созданные форматки (рис. 13).

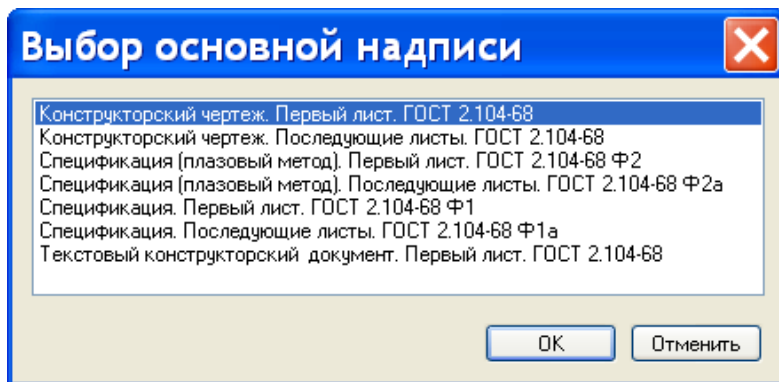



Рис. 13. Список доступных шаблонов документов

Из представленного списка необходимо выбрать тип основной надписи, которую предполагается нанести на чертеж. После этого появится окно для заполнения основной надписи. Данное окно является стандартным окном редактирования значений внешних переменных фрагмента и по умолчанию отображает диалог, созданный в документе форматки с помощью элементов управления. При установке флажка «Список переменных» это окно отображается в виде редактора внешних переменных.


Поле, в правой части которого находится графическая кнопка , может заполняться из списка значений. Существует возможность сформировать (и/или) изменить «Список значений» с помощью команды контекстного меню.

При нанесении основной надписи её поля «Наименование», «Обозначение», «Материал» автоматически связываются со скрытыми переменными текущего документа. Эти же переменные задают данные для спецификаций. Поэтому при вводе данных в эти поля форматки автоматически заполняются соответствующие данные для спецификации.

При заполнении графы «Материал» можно использовать содержимое словаря. Укажите курсором мыши графу материала, нажмите правую кнопку мыши и выберите команду «Словарь» (<F6>). Затем перейдите на нужную запись Словаря и нажмите пиктограмму «Вставить в T-Flex». Если было выбрано трёхстрочное обозначение материала, то оно автоматически распределится по трём полям и будет отображаться в виде дроби.


Закладка «Дополнительные параметры» (рис. 14) позволяет пользователю заполнять поля дополнительных параметров основной надписи чертежа, а также задать параметры шрифта.

Для изменения содержимого полей основной надписи предназначена команда «Редактировать основную надпись» (рис.15)


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\Основная надпись\Редактировать»	





Переназначить тип основной надписи позволяет команда «Изменить тип основной надписи».


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\Основная надпись\Изменить тип»	

Для изменения положения форматки используется команда «Переместить форматку».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\Основная надпись\Переместить»	

После вызова данной команды на экране появляется динамически перемещаемое изображение форматки. Укажите курсором в нужную точку 2D окна и нажмите  – форматка будет перенесена в новое положение.


Изменить тип основной надписи и переместить форматку можно, выбрав соответствующий пункт контекстного меню, появляющегося при выборе фрагмента форматки .

Заполнить штамп можно и непосредственно на чертеже. Для этого установите текстовый курсор в том поле штампа форматки, которое необходимо заполнить, и нажмите . В указанном поле появится мигающий курсор, это говорит о том, что можно вводить текст, справа от выбранного поля появится кнопка со стрелкой, позволяющая выбрать значение из списка. Первоначально список пуст (кроме полей колонки «Дата»). Если есть необходимость заполнить список и в дальнейшем выбирать значения из списка, то в выбранном поле введите необходимый текст и в контекстном меню выберите пункт «Добавить значение в список».


### 2.2.13. Подбор основной надписи

С помощью нижепредставленных команд можно назначить размер используемого на чертеже формата, а следовательно, и форматки.




Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\Подбор основной надписи\Стандартная»	

Команда подбирает формат ближайшего, стандартного размера.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\ Подбор основной надписи \По габаритам»	

В этом случае размер формата определяется размерами чертежа в 2D окне.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
	«Оформление\ Подбор основной надписи \По текущему окну»	

При выборе данной команды размер формата будет определяться размерами текущего 2D окна. В последних двух случаях автоматически рассчитанная высота и ширина формата будет занесена в статус чертежа (команда «ST: Задать параметры документа»). Сам формат будет иметь значение «Пользователя».

### 2.3. Методика создания параметрического чертежа

Приведенный ниже рис. 16 представляет собой чертёж, который мы собираемся создать.

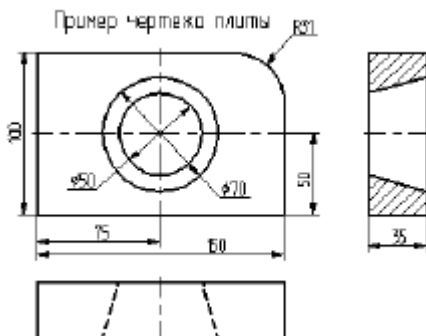



Рис. 16. Чертёж детали

Это – плита со сквозным коническим отверстием. Чертеж будет представлен в параметрическом виде, поэтому любые модификации будут автоматически отображаться на всех проекциях.

Начнем с построения главного вида плиты. Сначала выполним построения в тонких линиях (линиях построения), а затем сделаем обводку линиями изображения. Далее, используя линии построения основного вида, построим проекции, с тем, чтобы они изменялись при изменении основного вида. Используя отношения между линиями построения, свяжем проекции между собой. Затем нанесем текст и размеры.

Ещё раз отметим, что каждая команда системы может быть вызвана различными способами: вводом в командной строке при помощи клавиатуры, выбором из текстового меню или при помощи инструментальной панели.

Начнем построение с нажатия клавиши L: «Построить прямую».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<L>	«Построения\Прямая»	



Выберите пиктограмму  в верхней части автоменю. Вы увидите перемещение перекрестья при движении курсора по полю чертежа. Подведите курсор в нижней части поля чертежа около центра и нажмите . Будут созданы пересекающиеся прямые построения и узел в месте их пересечения (рис.17).





Рис. 17. Построение пересекающихся прямых и узла



В параметрах этих линии записаны координаты. Учтите, что эти линии проставлены в абсолютных координатах и для создаваемого вида они будут играть роль базовых. Перемещая базовые линии, вы сможете располагать вид на чертеже там, где вам необходимо. Не используйте более двух базовых линий для свободного вида и не

более одной для вида создаваемого по проекционным связям. Это обеспечит вам свободное перемещение изображения.

В T-FLEX CAD команда остается активной до тех пор, пока вы не дадите отмену команды или не укажете другую команду. Отмена режима команды уберет изображение перекрестья, но вы по-прежнему остаетесь в команде. После отмены режима построения пересекающихся прямых подведите курсор к созданной вами вертикальной линии. Выбираемая линия высветится и около курсора появится подсказка в виде названия выбираемого элемента. Это означает, что работает объектная привязка и в этом случае отпадает необходимость пользоваться клавиатурой и некоторыми пиктограммами автоменю.

При запуске программы, режим объектной привязки установлен по умолчанию. Самостоятельно установить или отключить данный режим можно с помощью пиктограммы , которая находится на инструментальной панели.

Нажмите , на экране появится динамически перемещаемая линия, параллельная выбранной. Это означает, что мы собираемся построить параллельную линию относительно вертикальной линии. Это очень важный аспект системы T-FLEX – задание отношений между элементами построений.

Расположим новую линию слева от помеченной вертикальной линии при помощи . Это будет левая грань детали. Одно нажатие  отменит режим построения параллельных линий, но вы по-прежнему останетесь в команде построения прямых.



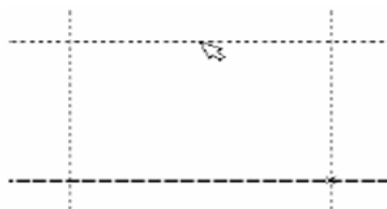

Если это не так, то повторите команду «L: Построить прямую». Затем подведите курсор к горизонтальной прямой и нажмите . Выберется прямая для построения относительно неё параллельной прямой. Переместите курсор вверх и нажмите  для задания верхней грани детали (рис. 18).

Рис. 18. Построение линии, параллельной выбранной



Следующий шаг – скруглить угол плиты. Для этой цели воспользуемся командой «С: Построить окружность».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<C>	«Построение\Окружность»	

Для изображения скругления верхнего правого угла плиты построим окружность, касательную к верхней и правой прямым (рис. 19).

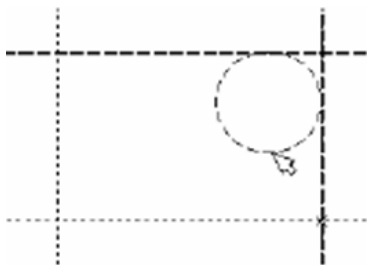







Рис. 19. Построение окружности, касательной двум прямым

Переместите курсор к верхней прямой и нажмите  или <L>. При этом появится окружность, радиус которой будет динамически изменяться вместе с изменением положения курсора, но при этом она будет касательной к выбранной прямой. Это означает, что будет построена окружность, касательная к верхней прямой. Как бы мы в дальнейшем не изменяли положение верхней прямой, окружность будет сохранять касание. Затем переместите курсор к правой прямой и снова нажмите  или <L>. Сейчас окружность «привязана» к двум линиям построения и сохраняет касание при перемещениях курсора. Нажатие  зафиксирует текущий радиус окружности. Постройте приблизительно окружность так, как показано выше. Если результат не совпал, то вы можете вызвать команду «UN: Отменить изменение»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<U>	«Правка\Отменить»	


Вызывая эту команду, вы можете последовательно возвращаться на один шаг назад в своих действиях. Если вы ошиблись и вызвали

команду «UN: Отменить изменение» лишь раз, то вызовите команду «RED: Возвратить изменение».


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<RED>	«Правка\Повторить»	


При этом вы возвратите действие, которое было ошибочно отменено.

Удалить все линии построения и вернуться к началу создания чертежа вы можете, вызвав команду «PU: Удалить лишние построения».


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<PU>	«Правка\Удалить лишнее»	

Это действие удалит все элементы построения, и можно будет повторить построения. Вы также можете удалить отдельный элемент построения, используя команду «ЕС: Изменить построения».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<ЕС>	«Правка\Построения\Линия построения»	

После вызова команды выберите элемент и удалите его с помощью клавиши «Delete» на клавиатуре или пиктограммы  в автомению.

Теперь можно обвести построенную часть чертежа. Для этого создадим линии изображения в команде «G: Нанести изображение». Вызовите команду:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<G>	«Чертеж\Изображение»	

Заметьте, что если для вызова команды вы пользуетесь пиктограммами или текстовым меню, то при этом автоматически прекращается работа предыдущей команды, то есть сокращается одно лишнее действие.

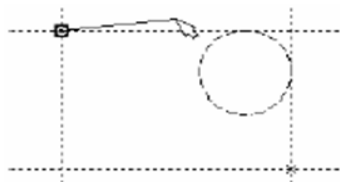


Рис. 20. Построение линий изображения

Начните обводку с верхнего левого угла плиты. Линии изображения автоматически привязываются к ближайшему пересечению линий построения (рис. 20).

Поэтому достаточно переместить курсор к пересечению и нажать . Курсор при нанесении линии изображения работает, по принципу «резиновой нити». Требуется лишь с помощью курсора выбирать узлы или пересечения линий построения.

Поэтому достаточно переместить курсор к пересечению и нажать .

Если в одной точке пересекается более двух линий построения, то не рекомендуется использовать для выбора узла клавишу <Enter> или . В этом случае рекомендуется сначала создавать узлы в точках пересечения линий построения, а затем наносить изображение, используя клавишу <N>. При использовании клавиши <Enter> в режиме «Свободного рисования» будет создаваться «свободный» узел (не связанный с линиями построения). Переместите курсор к точке касания верхней линии и окружности и нажмите . Это должно выглядеть, как показано на рис. 21.

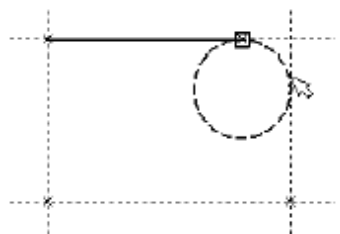



Рис. 21. Построение линии изображения на прямой

Отметим, что система T-FLEX автоматически ставит узлы в конечные точки линий изображения, если они еще не были там созданы.

Теперь мы хотим направить линию изображения вдоль окружности для построения дуги между двумя точками касания. Для этого переместите курсор к окружности и нажмите <C> (см. рис. 21).

При этом выделится окружность. Направление дуги будет зависеть от того, в каком месте вы укажете мышью вблизи второй точки дуги. Изменить направление дуги можно с помощью клавиши <Tab>.

Поставьте курсор чуть выше и левее второй точки касания, как показано на рис. 22.

Затем нажмите , и линия изображения будет построена в направлении часовой стрелки до второй точки касания. Результат должен выглядеть, как показано на рис. 22.

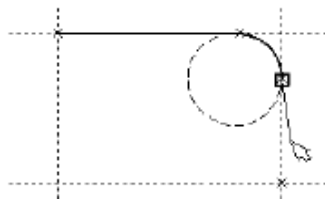



Рис. 22. Построение линии изображения на окружности

Продолжаем создание изображения. Укажите на правый нижний угол плиты, затем на левый нижний и завершите построения в левом верхнем углу, с которого вы начинали обводку. Для завершения команды нажмите . Чертеж должен выглядеть, как показано на рис. 23.

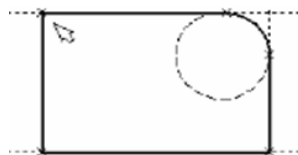






Рис. 23. Результат построения линий изображения

Если обводка не получилась, то отредактировать линии изображения можно с помощью команды «EG: Изменить изображение». Вызовите команду:


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<EG>	«Правка\Чертеж\Изображение»	

Переместите курсор к неверно созданной линии и нажмите , при этом линия изображения выделится, и вы можете удалить ее клавишей <Delete> или пиктограммой  в автоменю. Повторите эти действия для каждой неверно созданной линии. Если неверно построена целая область, то можно воспользоваться выбором линий изображения с помощью окна. Для этого необходимо нажать  одним из углов предполагаемого окна и, не отпуская ее, переместить в другой угол. Затем отпустить кнопку мыши. При перемещении курсора вслед за ним должен тянуться динамический прямоугольник. После этого будут помечены линии изображения, полностью попадающие в окно, и вы сможете удалить их.


Для повторного ввода линий изображения вызовите команду «G: Нанести изображение» Для перерисовки экрана используйте


клавших <F7> в любой момент, если не все линии полностью высвечиваются после проведенных изменений.

Когда вы получите нужное изображение, можно переходить к следующему разделу. Можно сохранить чертёж с помощью вызова команды «SA: Сохранить документ»:





Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<SA>	«Файл\Сохранить»	

Сейчас на чертеже использованы пять элементов построения, определяющих форму и размеры детали: левый край, правый край, вверх, низ и радиус скругления. Для изменения элементов построения вызовите команду «ЕС: Изменить построения». Таким образом, оперируя возможностью построения прямых линий и касательных к ним окружностей, строим изображённый на рисунке чертёж и затем обводим по контуру.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<ES>	«Правка\Построения\Линия построения»	

Переместите курсор к левой вертикальной прямой и нажмите . При этом прямая будет выделена цветом. Перемещая курсор слева направо, вы увидите, как вместе с курсором перемещается и выделенная прямая. Если вы укажете мышью новое положение прямой, то при этом изменится ширина плиты. Обратите внимание! Изменение положений элементов построений влечет мгновенное изменение «привязанных» к ним линий изображения. Если вы попытаете изменить положение правой части плиты, то вся плита будет перемещаться. Это происходит потому, что левая часть детали построена относительно правой, поэтому при изменениях правой части сохраняется установленное соотношение. Но левая часть может двигаться независимо от правой. Попробуйте то же с другими элементами построения, включая окружность. Вы увидите, что, перемещая элементы построения, вы меняете размеры и форму плиты, сохраняя заданные при построении отношения. После проверки возможности модификации детали верните чертёж в приблизительно исходное стояние, показанное на рис. 23.



Перейдём к следующему элементу чертежа – коническому отверстию. Вызовите команду построения прямых. Для построения в центре плиты отверстия, выберите пиктограмму , подведите курсор к правой границе плиты и выберите с помощью нажатия  вертикальную прямую. После этого новая параллельная прямая будет перемещаться вместе с курсором. Зафиксируйте ее положение нажатием  приблизительно посередине между правой и левой границами плиты. Нажмите  для отмены режима построения параллельной прямой.

Аналогично построим прямую, параллельную нижней границе, и расположим ее также приблизительно посередине. Для создания узла в точке пересечения новых линий подведите курсор к их пересечению и нажмите <Пробел>. После проведения новых построений на экране вы должны получить чертеж, показанный на рис. 24.

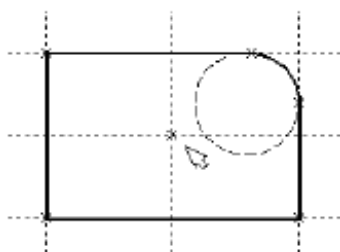





Рис. 24. Построение осей чертежа

Затем вызовите команду построения окружности, подведите курсор к углу на пересечении построенных перекрестных прямых и нажмите . Появится окружность, радиус которой будет изменяться в зависимости от положения курсора. Зафиксируйте левой клавишей мыши окружность так, чтобы её диаметр был примерно равен половине высоты детали.

Заметьте, что после нажатия на  вы по-прежнему находитесь в команде «С: Построить окружность». Нажмите на пиктограмму

построения концентрической окружности  или на клавишу <O> для построения концентрической окружности. Курсор должен быть при этом рядом с первой окружностью. Сделайте вторую окружность немного больше первой и зафиксируйте ее. Чертеж должен выглядеть так, как показано на рис. 25.

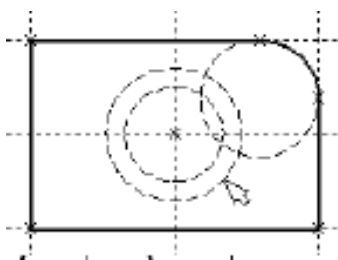





Рис. 25. Построение  
концентрических окружностей

Перейдите в команду «**G: Создать изображение**», подведите курсор к большей из построенных окружностей и нажмите  или <C>. Окружность будет обведена сплошной основной линией, подведите курсор к меньшей окружности и вновь нажмите  или <C>. Обе окружности обведены. Теперь можно приступить к созданию второго и третьего видов плиты.

Построение второго и третьего вида не является необходимым для построения параметрического чертежа и системе T-FLEX CAD. В приводимом примере построение вида сверху и сбоку позволяет продемонстрировать дополнительные преимущества параметрического проектирования в системе T-FLEX CAD.

Поскольку прямые имеют бесконечную длину, можно видеть, что другие виды уже частично созданы (боковой вид, вид сверху). Для завершения построения чертежа нам потребуются дополнительные зависимости между линиями построения.

Войдите в команду построения прямых и переместите курсор к линии построения, соответствующей правой границе плиты. Нажмите . При этом выделится вертикальная линия построения, и новая параллельная вертикальная линия будет перемещаться за курсором. Это будет правая граница вида справа, как показано на рис. 26.

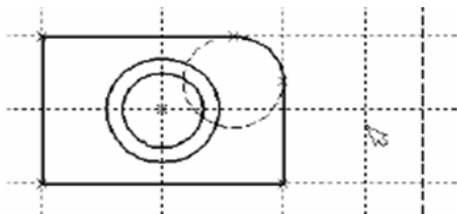





Рис. 26. Построение  
вертикальных линий,  
параллельных правой  
границе



Зафиксируйте её в нужном месте нажатием . Эта линия построена относительно правой границы плиты, поэтому если правая граница будет передвинута, то новая линия переместится на такое

же расстояние. Для переноса новой линии на другое расстояние следует воспользоваться командой редактирования линий и передвинуть линию. Но теперь вновь зафиксированное расстояние между видами будет сохраняться при изменении правой границы основного вида плиты. Отношения между элементами построения сохраняются постоянно, если только вы не захотите изменить эти отношения с помощью опции <M> (модифицировать) в команде изменения построений.


Обратите внимание, что вы по-прежнему привязаны к правому краю плиты (соответствующая линии построения выделена). Нажмите один раз  для возврата на шаг назад. Нажмите <L> или просто укажите курсором рядом. Сейчас мы хотим построить прямую, которая будет левым краем нового вида. Эта прямая будет построена относительно правой прямой вида спереди. Зафиксируйте её нажатием .

Заметим, что мы часто рекомендуем использовать правый край детали как базовую линию, а остальные вертикальные линии построения строить относительно нее. При таком методе построения имеются некоторые преимущества, связанные со знаком относительно расстояния между линиями.

Теперь перейдем к созданию конического отверстия. Задача сводится к построению двух прямых, которые были бы параллельны горизонтальной прямой, проходящей через центр окружности. При этом они должны соответствовать размерам окружностей.

Нажмите один раз  для возврата на шаг назад в команде, поместите курсор рядом с горизонтальной прямой, проходящей через центр окружности, и нажмите  или <L>. Прямая выделится цветом. Отведите курсор вверх к точке касания первой окружности и нажмите <C>. Построится прямая, параллельная выбранной прямой и касательной к окружности.

Проделайте описанную последовательность команд четыре раза – для верхних и нижних точек касания каждой окружности. Теперь у нас есть нужные линии построения для обводки на боковом виде.

Воспользуйтесь командой «**G: Создать изображение**» и обведите четыре угла на виде справа. Для этого лишь нужно подвести курсор к каждому из углов и нажать  (рис. 27).

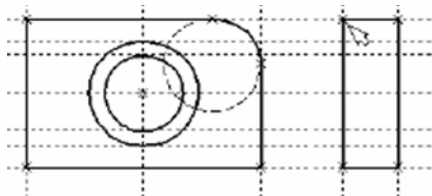


Рис. 27. Построение изображения на боковом виде

Далее нанесем две линии, изображающие коническое отверстие (рис. 28). Теперь вид практически закончен за исключением штриховки.

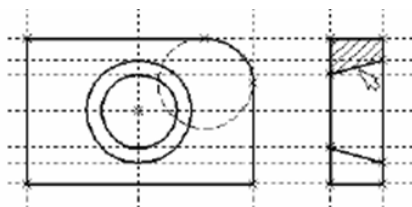





Рис. 28. Создание штриховки

Создание штриховки осуществляется в команде «**H: Создать штриховку**». Вызовите команду:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<H>	«Чертеж\Штриховка»	

Если она не была установлена автоматически, включите опцию:



	<A>	Режим автоматического поиска контура
---	-----	--------------------------------------

Затем переместите курсор к верхней половине вида слева и установите его в центре области, которую необходимо заштриховать. Нажмите , контур верхней половины плиты выделится цветом (см. рис. 28).

Затем воспользуйтесь клавишей <P> для вызова диалогового окна параметров штриховки. Это позволит выбрать тип и масштаб штриховки. Нажмите графическую кнопку [OK] или <Enter> на


клавиатуре. При этом выделенная область будет заштрихована. Если параметры штриховки установлены ранее и вам не требуется их изменять, то воспользуйтесь клавишей <End> или пиктограммой [OK] для штриховки выделенной области.

Проделайте те же действия для штриховки нижней части плиты. В принципе можно было создать не две отдельные штриховки, а одну, состоящую из двух контуров. Для этого нужно было задать второй контур сразу после выбора первого, а затем уже нажать <End> или пиктограмму [OK] в автоменю. После создания штриховки можно переходить к виду сверху.

Вызовите команду построения прямых «**L: Построить прямую**». Выберите нижнюю прямую главного вида для привязки положения вида сверху к главному. Переместите вновь создаваемую прямую и зафиксируйте нажатием  под главным видом. Это будет нижняя линия вида сверху. Для отмены режима построения параллельных линий нажмите .

Поставим себе задачу создать вид сверху так, чтобы он был связан с другими видами, то есть модификации других видов приводили к изменениям на виде сверху. Простейший способ в проекционном черчении связать проекции – построить прямую под углом 45 градусов к граничным линиям вида слева и вида сверху, остальные вспомогательные линии строятся относительно данной прямой.

Одна из полезных комбинаций в команде построения прямых – <L>, <L>. Когда в команде «L: Построить прямую», где вы должны находиться сейчас, вы указываете по очереди две прямые (опция <L>), то в результате будет создана новая прямая, которая является осью симметрии двух выбранных. Если указанные прямые пересекаются, то новая прямая будет биссектрисой угла, образуемого выбранными прямыми. Если использовать эту команду для параллельных прямых, то будет создана параллельная прямая, расположенная посередине.

Поскольку проекционные прямые вида слева и вида сверху пересекаются под прямым углом, то новая линия пройдет под требуемым углом 45 градусов. Укажите на крайнюю правую прямую вида слева и нажмите  или <L> в автоменю. Прямая выделится.

Затем сделайте то же самое для нижней прямой вида сверху. Возникнет новая прямая, которая проходит через точку пересечения под углом 45 градусов (рис. 29).

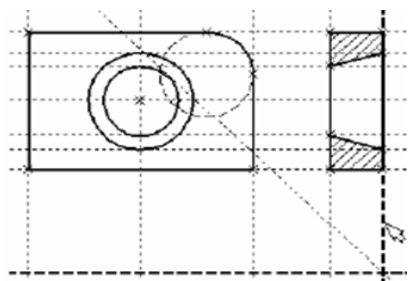


Рис. 29. Построение прямой под углом 45 градусов

Пока мы находимся в команде построения прямых, можно расставить узлы в любых точках пересечения. Для нас важны те точки пересечения линий построения, которые формируют правую границу вида справа и линию под углом 45 градусов, которую мы сейчас создали. Поставьте курсор в точку пересечения и нажмите клавишу <Пробел>.

Для построения узлов можно использовать команду «N:Построить узел».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<N>	«Построения\Узел»	

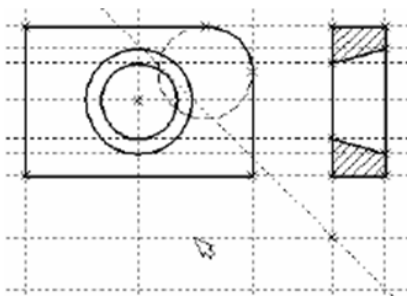


Рис. 30. Построение горизонтальных параллельных прямых

Вы по-прежнему должны находиться в команде «L: Построить прямую». Поставьте курсор и выберите прямую нижней границы вида сверху. Это позволит нам построить прямую, параллельную нижней границе. Переместите курсор к только что построенному узлу и нажмите клавишу <N>. При этом создаётся прямая, параллельная выбранной

и проходящая через указанный узел (рис. 30).

Теперь вид сверху и вид справа будут параметрически связаны.

Для проверки этого войдите в команду редактирования линий построения «ЕС: Изменить построения». Попробуйте поменять положение левой прямой бокового вида. Для этого выберите её, пе-

реместите и зафиксируйте в новом положении. Заметьте, что при этом изменяется положение соответствующей прямой на виде сверху.

Создание линий построения для конического отверстия на виде сверху будет происходить так же, как и создание бокового вида. В команде построения прямых выберите вертикальную прямую, а затем с помощью клавиши <C> постройте четыре прямые, параллельные выбранной и касательные окружностям.

Теперь можно построить все линии изображения на виде сверху с помощью команды «**G: Создать изображение**» обведите вид сверху по периметру (рис. 31).

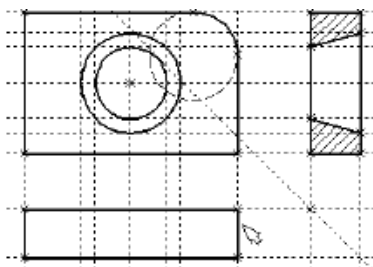


Рис. 31. Создание изображения вида сверху

Следующий шаг – нанесение двух штриховых линий, соответствующих коническому отверстию. В системной панели установите тип линии «Невидимая» (рис. 32).

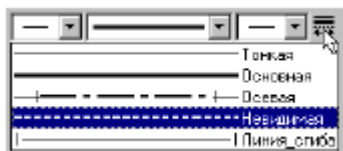


Рис. 32. Задание типа линии изображения

Затем создайте две штриховые линии конического отверстия (рис. 33).

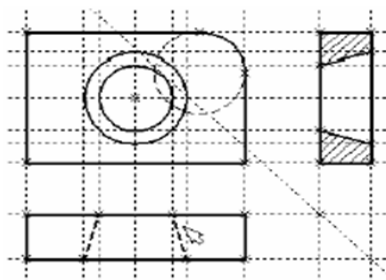





Рис. 33. Прорисовка конического отверстия

Теперь создадим осевые линии. Вызовите команду «**AX: Создать обозначение осей**»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<AX>	«Чертеж\Оси»	


Установите в автоменю опцию:

	<I>	Создать ось двух линий
---	-----	------------------------

Выберите с помощью  сначала левую, затем правую границу вида спереди. Нажмите пиктограмму [OK] в автоменю. В результате на виде спереди будет создана вертикальная осевая линия. Аналогично создайте горизонтальную осевую линию, а также осевые линии на видах слева и сверху.

Как вы уже успели заметить, до сих пор линии построения, которые мы использовали, были бесконечными. Для удобства работы их можно «обрезать» до крайних узлов. Для этого в команде «ЕС: Изменить построения» можно использовать опцию обрезки.

1. Войдите в команду «ЕС: Изменить построения»

2. Если вы выберете одну прямую и нажмете <T> или , то обрежется только эта выбранная прямая.

3. Если вы используете , то обрежутся все прямые.

4. Если вы захотите вернуться обратно к бесконечной длине прямых, то вызовите команду «ST: Задать параметры документа», выберите параметр «Экран/Линия построения/Длина» и задайте значение «По умолчанию бесконечные» (рис.34).

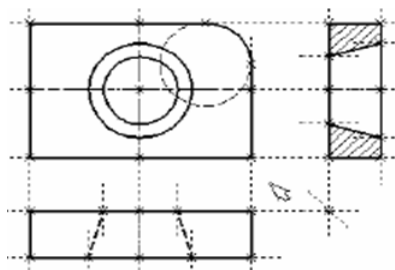



Рис.34. Задание длины линий построения

Либо можно в команде «ЕС: Изменить построения» выбрать нужные линии, нажать клавишу <P> и установить соответствующее значение.



Линии построения никогда не выводятся на принтер или плоттер, независимо от их длины.

Теперь поставим на чертеже необходимые размеры.

1. Сначала создадим линейные размеры. Вызовите команду «D: Создать размер»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<D>	«Чертеж\Размер»	



Теперь вы можете выбрать любые две линии построения или изображения для простановки линейного или углового размера. Выберите две крайние прямые линии на главном виде с помощью . Вы увидите, как вместе с курсором начал перемещаться появившийся размер. Зафиксируйте его положение нажатием . На экране появится диалоговое окно, в котором вы можете задать различные значения параметров размера (рис.35).

После того, как вы установили нужные значения, нажмите кнопку [OK], и вы увидите на экране размер. Если размер шрифта вас не устраивает, вы можете поменять его в команде «ST: Задать параметры документа» на вкладке «Шрифт». На этой закладке устанавливаются параметры шрифта для тех элементов модели, для которых они не заданы.

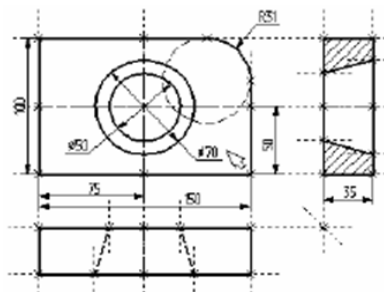







Рис. 35. Задание размеров

2. Повторите действия п. 1 для создания остальных линейных размеров.

3. Диаметры и радиусы проставляются также просто. В команде «O: Создать размер» подведите курсор к нужной окружности и нажмите <C> или . Окружность выберется, и за курсором будет перемещаться изображение размера. Клавишами <R> и <B> или

соответствующими пиктограммами  и  в автоматическом режиме вы сможете переключаться из режима простановки радиуса в режим простановки диаметра и обратно. Клавишей <M> можно задать вид проставляемого размера. Клавиша <Tab> поможет вам установить выносную полку в нужном направлении. После того, как вы укажете курсором на нужное место, нажмите , и после нажатия [OK] в диалоговом окне задания параметров размера на экране появится проставляемый размер. Прделайте эту операцию для всех размеров на окружностях.

4. После того, как все основные построения завершены, можно все элементы построения «спрятать» с помощью команды «SH: Задать уровни отображения»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<SH>	«Настройка\Уровни...»	

Эта команда управляет видимостью различных элементов. Видимость элемента зависит от «уровня», на котором он находится.

Лучше всего представить себе уровни как прозрачные пленки, на которых нанесены изображения, и из которых складывается целостная картинка. В системе существует возможность сделать невидимыми один или несколько уровней, оставив только те, которые вы хотите видеть. Ваш чертёж может иметь 255 уровней от -126 до 127.

Все элементы в системе T-FLEX CAD автоматически создаются на уровне «0». В любой момент вы можете поменять значение уровня у любого элемента. Поскольку мы в нашем примере уровни не изменяли, все созданные элементы попали на уровень «0».

После вызова команды на экране появится диалоговое окно, в котором вы можете установить диапазон видимых уровней для каждого тапа элементов модели (рис. 36).

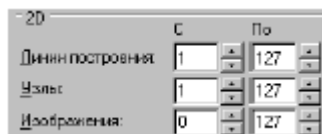




Рис. 36. Задание диапазонов видимости

Это означает, что на чертеже будет отсутствовать линии построения и узлы, поскольку они располагаются на уровне 0.


Более простым способом погасить линии построения и узлы является использование специальной команды, которая убирает или показывает все элементы построения из текущего окна. Данная команда иногда бывает более удобной еще и потому, что она гасит построения не для всего документа, а только для его текущего вида. Таким образом, если открыто несколько окон одного чертежа, то в одних элементы построения могут присутствовать, а в других отсутствовать.


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<Ctrl><Shift><C>	«Вид\Погасит построения»	

5. Нанесем текстовую строку с названием чертежа с помощью команды «ТЕ: Создать текст».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<ТЕ>	«Чертеж\Текст»	

Также можно текст «привязать» к любому элементу построения на чертеже для того, чтобы его положение изменялось вместе с изменением положения элементов чертежа. Если текст расположился не в том месте, где вы планировали, то можно легко поправить. Войдите в команда «ЕТ: Изменить текст».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<ЕТ>	«Правка\Чертеж\Текст»	

Переместите курсор к пересечению вертикальной осевой прямой и верхней прямой на основном виде чертежа. Нажмите <N> для привязки текста к узлу, который находится на пересечении этих двух прямых. Переместите курсор и точку, где должен располагаться текст, и нажмите . На экране появится окно текстового редактора (рис. 37).

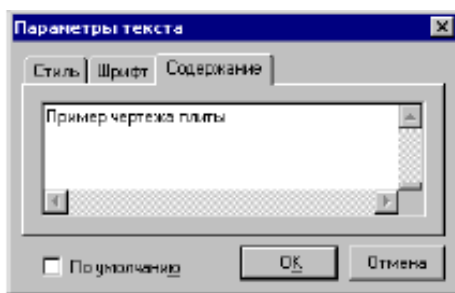








Рис. 37. Окно текстового редактора

Набейте в нем строку текста «Пример чертежа текста» и нажмите на кнопку [ОК]. Укажите курсором на текст и нажмите . Теперь переместите курсор в нужную позицию и снова нажмите .

Текст можно нанести другим способом, непосредственно на поле чертежа. Для этого, находясь в команде «ТЕ: Создать текст», установите опцию <Т> – «Создать параграф текст» (пиктограмма ). Переместите курсор в то место, где необходимо расположить текст, и нажмите , на экране появится динамически перемещаемый прямоугольник, определяющий область нанесения текста. Установите необходимую область и нажмите , после этого нажмите пиктограмму [ОК]. В заданной области появится мигающий курсор, введите необходимый текст, предварительно проверив установку текущего языка. Нажмите пиктограмму [ОК] или клавишу <F5>.

Теперь чертёж завершен и сейчас Вы можете войти в команду редактирования элементов построения и попробовать переместить линии построения. При этом вы можете фиксировать новое положение линий построения как с помощью нажатия , так и с помощью нажатия <P> и ввода точного значения положения линии в меню параметров. Заметьте, что весь чертёж изменяется адекватно вашим действиям, включая размеры. Изменение диаметров конического отверстия моментально отслеживается на двух других проекциях. Штриховка также изменяется вместе с изменением определяющих линий. Вы можете легко убедиться в том, какие мощные возможности появляются у вас благодаря технологии параметризации.

## **2.4. Конструкторское проектирование корпусных изделий**

Конструирование корпусного изделия рассмотрим на примере варианта № 30 задания (проектирование детали «кулачок», рис. 38).

### **2.4.1. Линии построения**

Формируем каркас чертежа. С ними связаны элементы изображения, которое мы хотим в итоге получить. Линии построения и

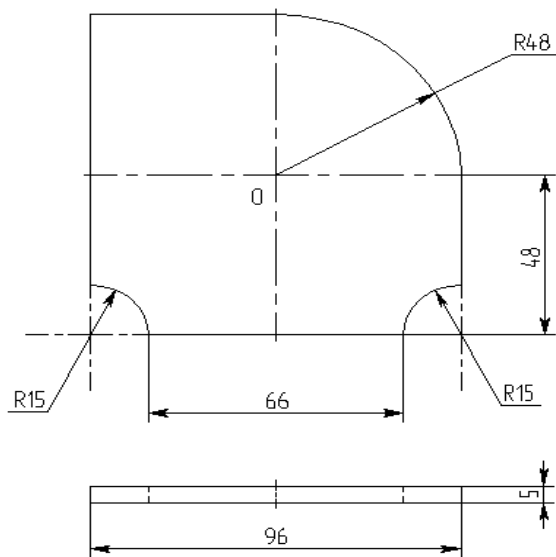


Рис. 38. Эскиз варианта №30 задания «кулачок»

узлы – основные элементы, формирующие параметрическую модель чертежа. Они присутствуют только на экране и не выводятся на принтер и не экспортируются.

Создаём две перпендикулярные прямые, как на рис. 39, с узлом по координатам X – 200, Y – 150 (все размеры, параметры прямых, дуг окружностей, узлов даются в миллиметрах).

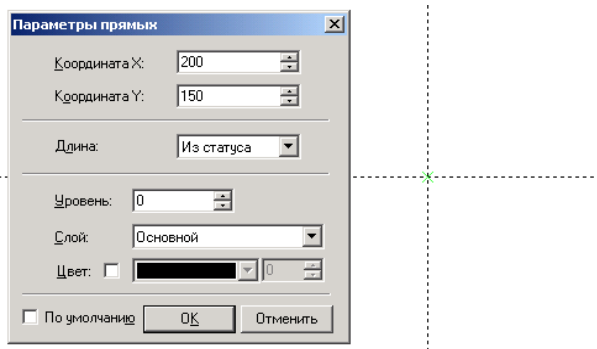


Рис. 39. Построение линий привязки

Выбираем в качестве линии привязки вертикальную прямую и строим все вертикальные линии по параметрам эскиза. Параметры прямых (расстояние): +48, -48, +33, -33 указаны на рис. 40.

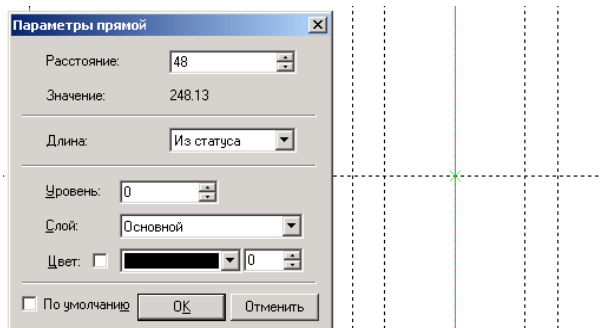


Рис. 40. Параметры построения вертикальных линий

Выходим из режима привязки к вертикальной линии и делаем привязку к горизонтальной линии. Строим все горизонтальные прямые, которые могут понадобиться при построении изображения как на рис. 41.

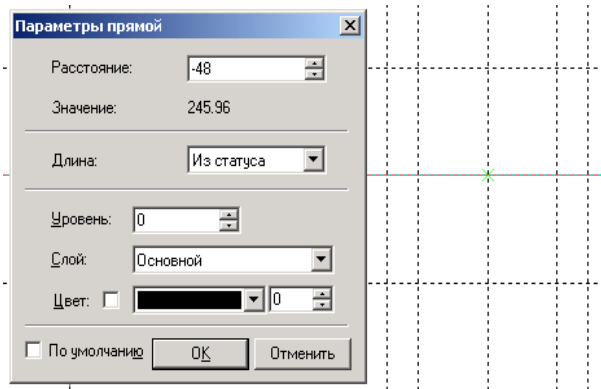



Рис. 41. Параметры построения горизонтальных линий

Параметры прямых (расстояние): +48, -48.

Следует заметить, что прямые, строящиеся вправо и вниз в «параметрах прямой» берутся со знаком (-), а влево и вверх – со знаком (+).



Следующий шаг – скруглить угол пластины. Для этой цели воспользуемся командой «С: Построить окружность».


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<C>	«ПостроенияОкружность»	

Режимы построения окружностей, это:

- режим построения окружности с центром в узле;
- режим построения окружности проходящего через узел.

Данным режимам соответствуют следующие опции:

	<T>	Выбрать узел в качестве центра окружности
	<T>	Выбрать узел, через который проходит окружность

Для изображения скругления верхнего правого угла пластины выберем опцию  и построим окружность, касательную к верхней и правой прямым как на рис. 42.

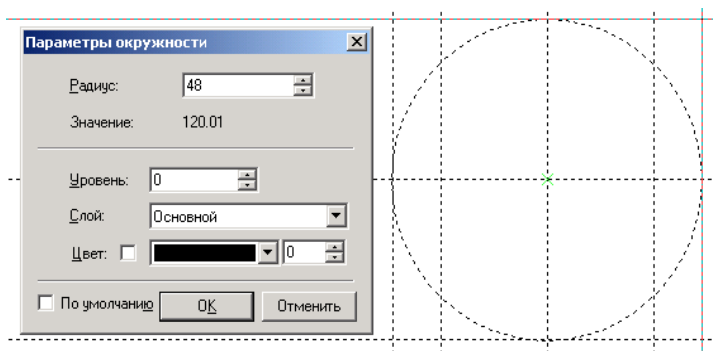






Рис. 42. Построение окружности для скругления

Переместите курсор к верхней прямой и нажмите  или <L> . При этом появится окружность, радиус которой будет динамически изменяться вместе с изменением положения курсора, но при этом она будет касательной к выбранной прямой. Это означает, что будет построена окружность, касательная к верхней прямой. Как бы мы в дальнейшем не изменяли положение верхней прямой, окруж-

ность будет сохранять касание. Затем переместите курсор к правой прямой и снова нажмите  или <L>. Сейчас окружность «привязана» к двум линиям построения и сохраняет касание при перемещениях курсора. Нажатие  опции (P) в автоматическом режиме откроет окно задания параметров окружности. Введите значение R=48 и зафиксируйте текущий радиус окружности кнопкой (OK).

Для построения окружностей для вогнутых скруглений нижней части плиты используем опцию  как изображено на рис. 43.

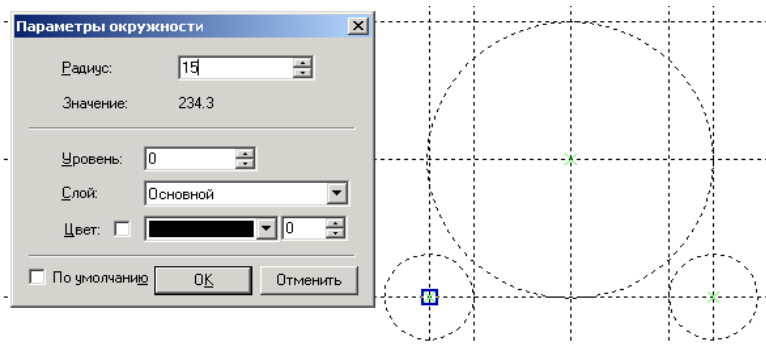



Рис. 43. Построение окружностей для вогнутых скруглений

В качестве центров окружностей выберем крайние нижние точки пересечения линий построения. Выбирая поочередно центры и задавая параметры окружностей, осуществим их построение.

## 2.4.2. Линии изображения

На основе линий построения и узлов создаются линии изображения.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<G>	«Чертеж\Изображение»	

Используя методику изложенную в п. 2.1.6, построим изображение пластины (рис. 44).



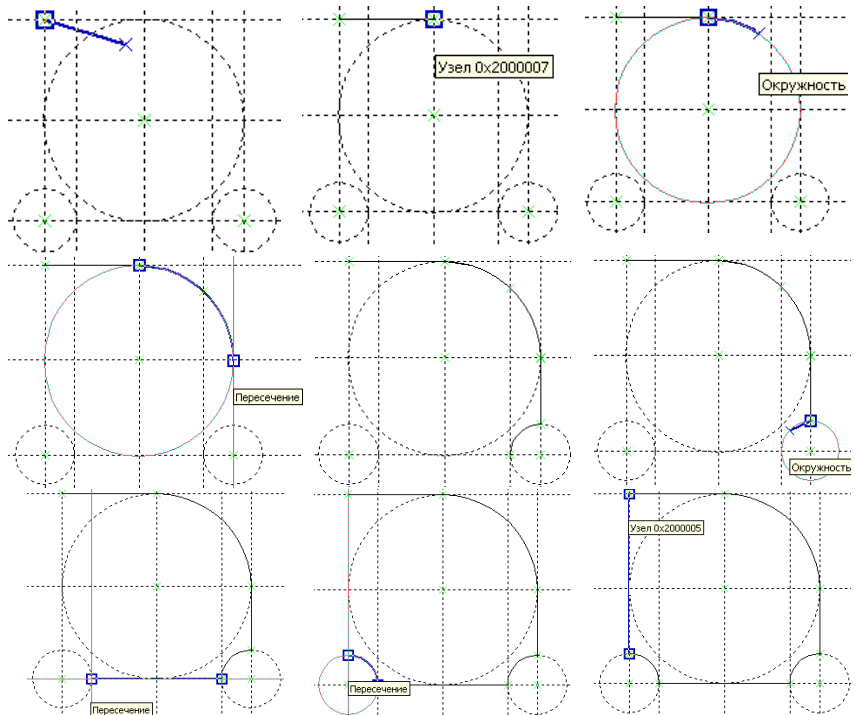


Рис. 44. Построение изображения пластины

**Постановка осей.** Перед тем как нанести осевые линии, построим изображение вида сверху, как изображено на рис. 45.

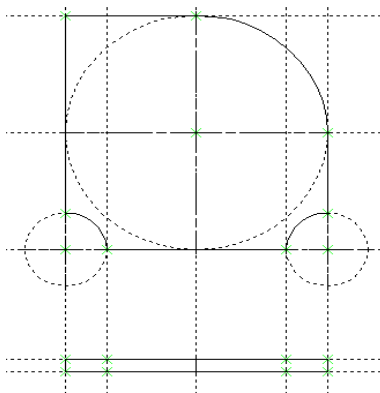





Рис.45. Нанесение осевых линий

Для нанесения обозначения осей необходимо выбрать линию изображения, используя одну из следующих опций:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<AX>	«Чертеж\Оси»	

	<2>	Две оси окружности или эллипса
	<1>	Создать ось двух линий

При нанесении осевых линий для окружностей необходимо маркером указывать дугу изображения.

**Нанесение размеров.** Для нанесения размера используется команда «D: Создать размер» (рис. 46).

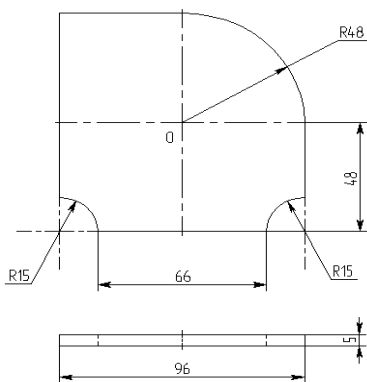








Рис. 46. Расстановка размеров

Сначала создаем линейные размеры. Выберите два крайних узла прямой нижнего края плиты на главном виде с помощью . Вместе с курсором начал перемещаться появившийся размер. Зафиксируйте его положение нажатием . Проставьте размер между горизонтальной осевой линией и нижним краем плиты.

Диаметры и радиусы проставляются также просто. В команде «O: Создать размер» подведите курсор к нужной окружности и нажмите <C> или . Окружность выберется, и за курсором будет перемещаться изображение размера.

Клавишами <R> и <B> или соответствующими пиктограммами  и  в автоменю вы сможете переключаться из режима простановки радиуса в режим простановки диаметра и обратно. Клавишей <M> можно задать вид проставляемого размера. Клавиша <Tab> поможет вам установить выносную полку в нужном направ-

лении. После того, как вы укажете курсором на нужное место, нажмите .

### 2.4.3. Оформление чертежа

Для правильной ориентации форматки и задания формата А4 необходимо зайти в меню «Настройка» → «Статус». Появится окно с параметрами документа как на рис. 47.

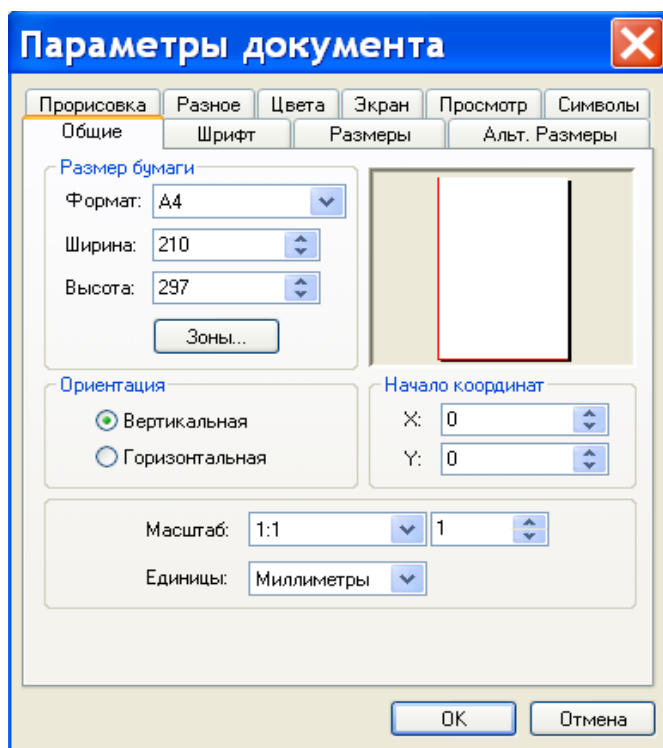


Рис. 47. Выбор параметров документа

Выберем «Ориентацию» – «Вертикальная», «Формат» – А4. Остальные параметры оставим без изменения. Таким образом, мы получили чертёж, удовлетворяющий требованиям ГОСТа (рис. 48).

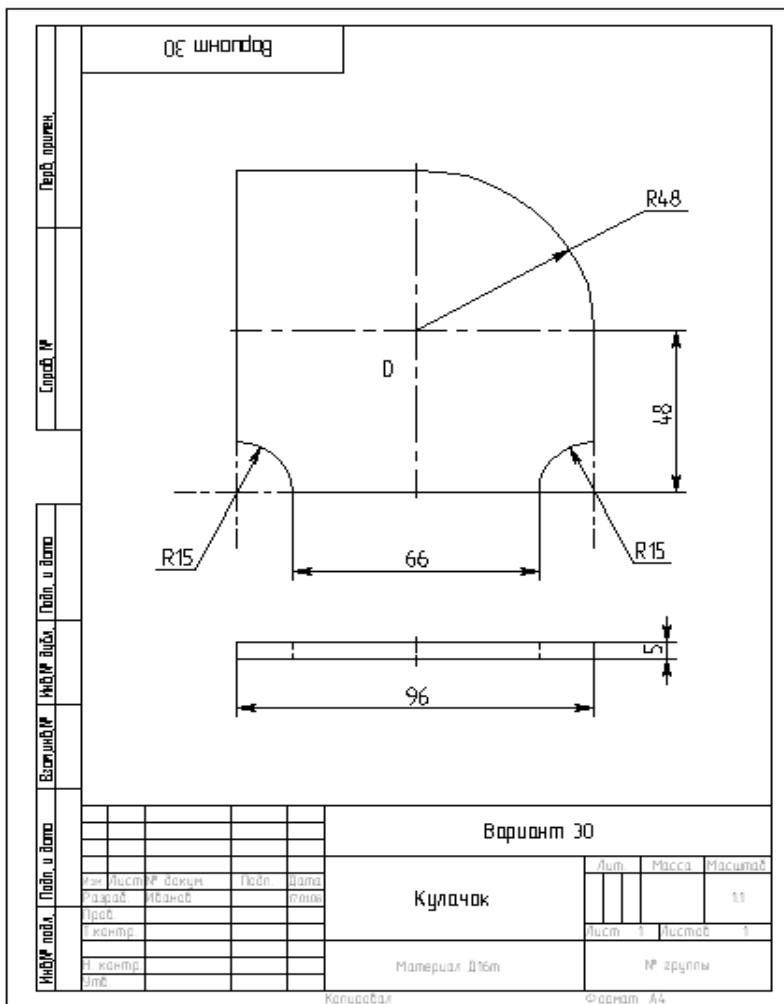


Рис. 48. Образец полученного чертежа

Готовый чертёж сохраняется в электронном архиве технической документации. Этот чертёж будет использован при создании УП для фрезерной обработке на станке модели 16К20Ф3 и УЧПУ – Н22-1М.

## 2.5. Конструкторское проектирование изделий типа «тела вращения»

Конструкторское проектирование изделия типа «тела вращения» рассмотрим на примере варианта задания №30 (проектирование детали «втулка») (рис. 49).

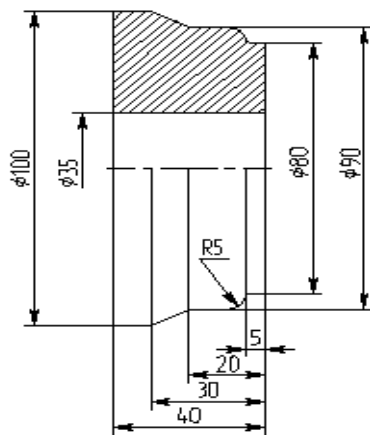


Рис. 49. Эскиз изделия

### 2.5.1. Линии построения

Формируют каркас чертежа. С ним связаны элементы изображения, которые и являются тем реальным изображением, которое мы хотим в итоге получить. Линии построения и узлы – основные элементы, формирующие параметрическую модель чертежа. Они присутствуют только на экране и не выводятся на принтер и не экспортируются.

Создаём две перпендикулярные прямые с узлом по координатам  $X - 200$ ,  $Y - 150$  (все размеры, параметры прямых, дуг, окружностей, узлов даются в миллиметрах), как показано на рис. 50.

Выбираем в качестве линии привязки вертикальную прямую и строим все вертикальные линии по параметрам эскиза. Базовой линией является правый край эскиза, и от него проставляются линейные размеры, как указано на рис. 51.

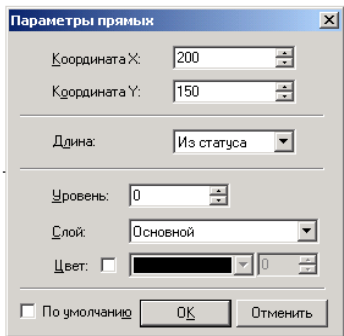


Рис. 50. Создание узла

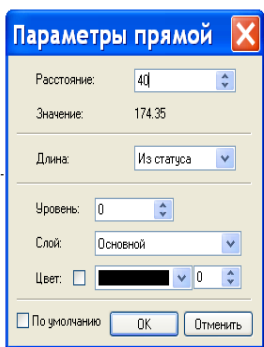


Рис. 51. Построение вертикальных базовых линий

Параметры прямых (расстояние): +5, 10, 20, 30, 40.

Выходим из режима привязки к вертикальной линии и делаем привязку к горизонтальной линии, которая будет осью тела вращения (втулки) как показано на рис. 52.

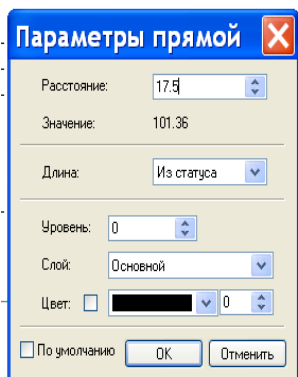



Рис. 52. Построение горизонтальных базовых линий

Строим все горизонтальные прямые, которые могут понадобиться при построении изображения. Параметры прямых (расстояние): +17,5, 40, 45, 50.

Следует заметить, что прямые, строящиеся вправо и вниз в «параметрах прямой» берутся со знаком (-), а влево и вверх – со знаком (+).

Затем, используя опцию , выбираем в качестве оси симметрии нижнюю горизонтальную линию как показано на рис. 53.

Щелкая поочерёдно на горизонтальные линии с параметрами 17.5, 40, 45 и 50, перенесём линии построения для нижней части втулки.

Входим в меню «Построение» → «Прямая» и, указывая на нужные точки пересечения, строим наклонные линии (построение по двум узлам) как показано на рис. 54.

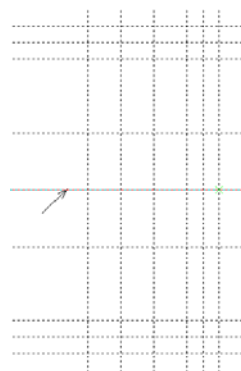


Рис. 53. Построение оси симметрии

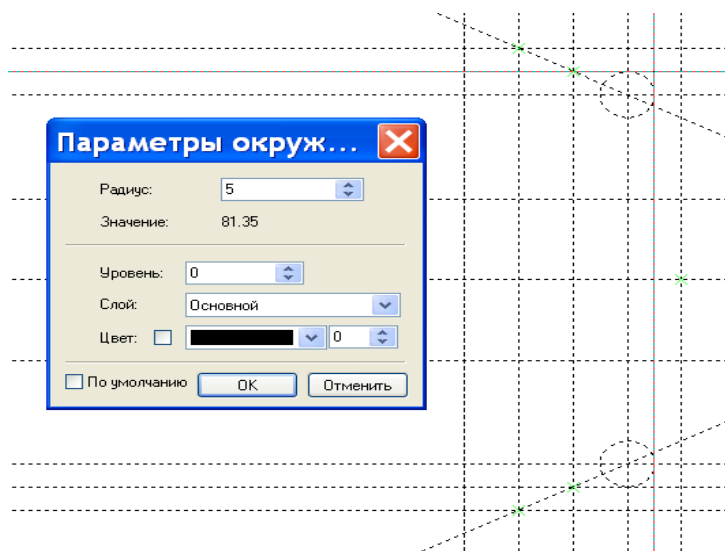



Рис. 54. Построение наклонных линий

Если на чертеже имеем один узел и задан угол наклона (или задана фаска), то, щелкая на узел и на опцию «Р» в автоменю, задаем в «параметрах прямой» угол наклона.

## 2.5.2. Линии изображения

На основе линий построения и узлов создаются линии изображения как показано на рис. 55.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<G>	«Чертёж\Изображение»	

Построим изображение внешнего контура втулки. Следующий шаг – построение изображений осей: симметрии и окружностей. Для изображения втулки на чертеже используем вид спереди с размещением половины вида и половины разреза.

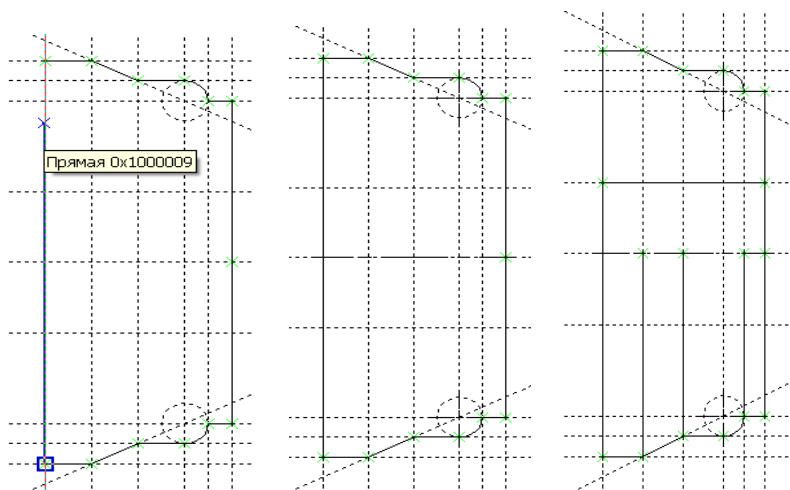


Рис. 55. Построение линий изображения

Следующий шаг – нанесение размеров штриховки как показано на рис. 56.



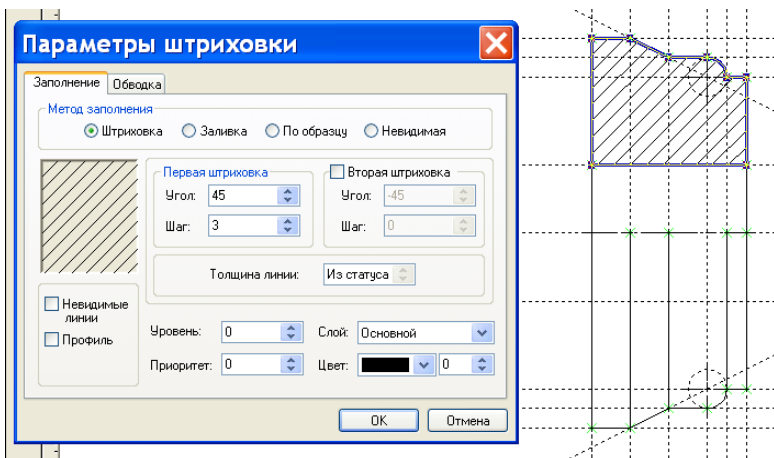


Рис. 56. Нанесение штриховки

Далее осуществляем нанесение размеров. Для нанесения размера используется команда «D: Создать размер»:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<D>	«Чертеж\Размер»	

Для автоматического нанесения размеров и осевых линий используем материал, изложенный в пп. 2.1.9 – 2.1.12. Сначала создадим осевые линии и линейные размеры, затем – радиальные и диаметральные, как представлено на рис. 57.

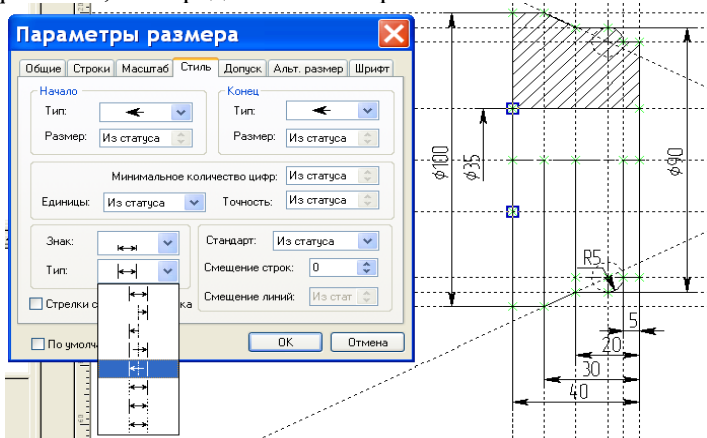


Рис. 57. Расстановка размеров

### 2.5.3. Оформление чертежа

Для правильной ориентации форматки и задания формата А4 необходимо зайти в меню «Настройка» → «Статус». Появится окно с параметрами документа. Выберем «Ориентация» – «Вертикальная», «Формат» – А4. Остальные параметры оставим без изменения. Окончательный вариант чертежа, оформленного согласно правилам ГОСТа, будет выглядеть следующим образом, представленным на рис. 58.

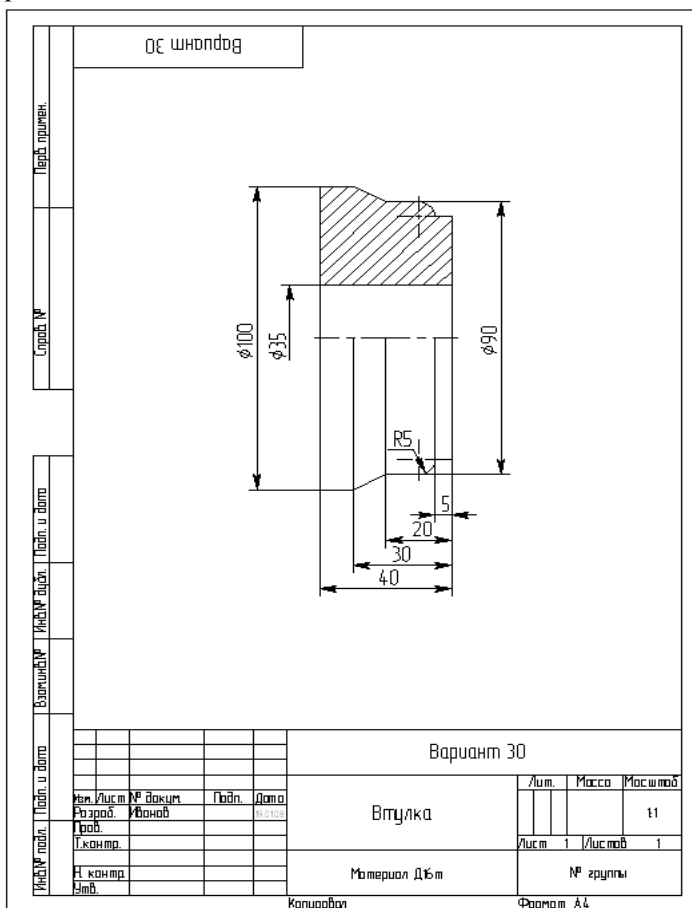


Рис. 58. Оформленный по ГОСТ вариант чертежа

Готовый чертёж сохраняется в электронном архиве технической документации. Этот чертёж будет использован при создании УП для токарной обработки на станке модели 16K20Ф3 и УЧПУ – Н22-1М.

### **3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧПУ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ**

#### **3.1. Основные понятия подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ**


##### **3.1.1. Эквидистанты**

Эквидистанта – это кривая, равноудаленная к любому геометрическому объекту. Создается эквидистанта на базе уже существующих кривых (сплайнов, эллипсов, функций), ее внешний вид определяется видом кривой и величиной смещения, которая может быть задана с помощью переменной.







Для таких элементов системы, как окружность и прямая, предусмотрено построение равноудалённых линий (эквидистант) непосредственно при их построении.

Наиболее типичным применением эквидистанты является вычерчивание трубопроводов. Очень удобно провести только осевую линию, а затем построить эквидистантные линии контуров самой трубы. Кроме того, эквидистанты широко применяют при разработке строительных и архитектурных чертежей.

**Построение эквидистант.** Для построения эквидистанты используется команда «ГО: Построить эквидистанту».

<b>Клавиатура</b>	<b>Текстовое меню</b>	<b>Пиктограмма</b>
<ГО>	«Построения\Эквидистанта»	

После вызова команды доступно выполнение следующих действий:

	<Enter>	Выбрать элемент
	<P>	Установить параметры линии построения
	<S>	Выбрать сплайн
	<E>	Выбрать эллипс
	<F4>	Выполнить команду «Изменить построение» для редактирования эквидистанты
	<Esc>	Выйти из команды

Вычерчивание эквидистанты начинается с выбора базового элемента, относительно которого необходимо построить эквидистантную линию. Базовый элемент выбирается при помощи курсора. Для более точного выбора базового элемента рекомендуется использовать опции <S> – «Выбрать сплайн» или «E»- «Выбрать эллипс», указывая курсором на соответствующий элемент, как показано на рис. 59.

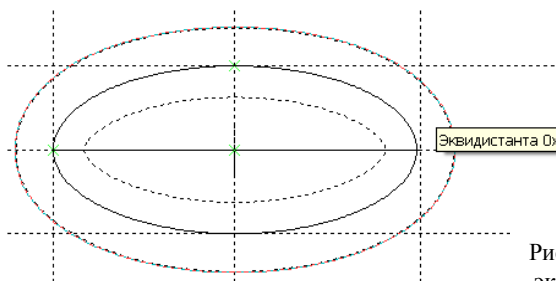




Рис. 59. Выбор эквидистанты

Выбранный элемент подсветится и появится динамически перемещаемое изображение эквидистанты.

После этого необходимо переместить курсор в требуемую позицию и нажать опцию , либо использовать опцию <P>. В последнем случае на экране появится диалог параметров (рис. 60).

В параметрах элемента в строке «Смещение» можно задать значение расстояния от базового элемента до эквидистанты. Положительное значение этого параметра поместит эквидистанту снаружи базового элемента, а отрицательное, соответственно, внутри. В слу-

чае использования  при построении эквидистанты, меню параметров на экране не появляется, а значение численного параметра «Смещение» берется по положению курсора, причем эквидистанта построится с той стороны объекта, с которой вы укажете курсором.

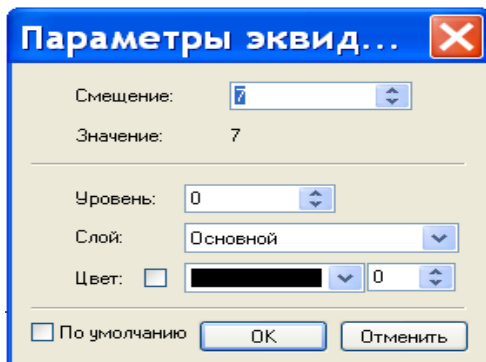




Рис. 60. Выбор параметров эквидистанты

Положение эквидистанты можно также определить при помощи существующего узла. Для этого нужно выбрать базовый элемент, относительно которого необходимо построить эквидистантную линию, после этого в автоменю станет доступна опция

	<N>	Выбрать узел
---	-----	--------------

Для построения эквидистант к объекту, состоящему из линий разных конфигурации (например, из сплайна и прямых), необходимо по желаемому контуру построить 2D путь, а затем относительно этого пути построить эквидистанту. Причем углы эквидистанты будут скругленными, так как в T-FLEX CAD' заложен способ обхода углов вычерчиваемой эквидистанты скруглением. Радиус скругления равен радиусу эквидистанты.

**Параметры эквидистант.** Задать параметры эквидистанты можно в процессе построения и во время редактирования. Окно диалога для задания параметров эквидистанты вызывается с помощью опции:

	<P>	Установить параметры линии построения – эквидистанты
---	-----	--


*Смещение.* Задаёт расстояния от базового элемента до эквидистанты. В качестве значения может быть число, переменная или выражение


*Уровень.* Помещает эквидистанту на определенный уровень видимости.


*Слой.* Имя слоя, которому принадлежит эквидистанта.

**По умолчанию.** Установка этого параметра будет означать, что заданные в этом диалоговом окне значения параметров будут применяться для новых линий построения.







**Редактирование эквидистант.** Редактирование эквидистант как и других элементов построения, осуществляется по команде «ЕС: Изменить построения».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<EC>	«Правка\Построения\Линия построения»	

Выбрать эквидистанту можно, указав на нее курсором и нажав , а также с помощью опции:


	<S>	Выбрать сплайн
---	-----	----------------

В автоменю становятся доступны следующие опции:

	<P>	Установить параметры линии построения - эквидистанты
	<Y>	Задать имя для выбранного элемента
	<K>	Разрушить привязку – разрушить связь параметра выбранной линии построения с переменной или формулой
	<I>	Игнорировать выбор последнего элемента
	<Del>	Удалить выбранный элемент
	<Esc>	Отменить выбор элемента

Редактирование эквидистанты ничем не отличается от ее построения.


В команду редактирования эквидистанты, «ЕС: Изменить построения», можно также попасть из команды «ГО: Построить эквидистанту» с помощью опции:

	<F4>	Выполнить команду «Изменить построение» для редактирования эквидистанты
---	------	---











### 3.1.2. Пути

Путь – это линия построения, проходящая через последовательную цепочку узлов. Участки между узлами могут быть либо прямыми, либо являться частью линии построения, проходящей через данные два участка. Можно использовать линии построения: прямые, окружности, эллипсы, сплайны, а также уже существующие пути.

**Построение 2D путей.** Для построения 2D пути используется команда «РА: Построить путь». Вызов команды:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<РА>	«Построения\Путь»	


После вызова команды доступно выполнение следующих действий:

	<Enter>	Выбрать узел или создать узел в ближайшей точке пересечения линий построения
	<Ctrl><F>	Перейти от режима «связанного» к режиму «свободного» и обратно
	<P>	Установить параметры пути
	<N>	Выбрать узел
	<L>	Выбрать прямую
	<C>	Выбрать окружность
	<E>	Выбрать полный эллипс
	<S>	Выбрать полный сплайн
	<F4>	Выполнить команду «Изменить построения» для редактирования пути
	<Esc>	Закончит выполнение команды

Процесс задания 2D пути сводится к выбору 2D узлов, образующих последовательную цепочку. После того, как выбран начальный узел, можно выбрать линию построения, определяющую линию соединения с последующим узлом. Оба узла должны принадлежать данной линии построения. Если разбить на этапы, то это будет выглядеть так:


- 1) выбрать начальный узел;
- 2) выбрать линию построения, соединяющую начальный узел с конечным (необязательное действие);
- 3) выбрать конечный узел. Если в качестве конечного узла был выбран стартовый узел пути, то происходит создание пути;
- 4) можно подтвердить создание пути или вернуться к шагу 2, конечный узел, выбранный на шаге 3, становится начальным узлом для следующего участка пути.

После выбора узла и первого участка можно осуществить следующие действия. Выбрать опцию:

	<Пробел>	Выбрать линию изображения
---	----------	---------------------------

При помощи этой опции можно задать контур по линиям изображения. Следует помнить, что этот способ можно использовать только когда линии участков пути совпадают с линиями изображения. В случае неоднозначного выборе курсор при использовании опции «Пробел» должен указывать не необходимую линию изображения.

Для ускорения действий можно воспользоваться опцией:

	<A>	Найти контур автоматически
---	-----	----------------------------

Данная опция будет автоматически искать следующую линию пути, пока не замкнет контур (в случае окончания или разветвления линий изображения).

Можно задать путь, используя ту же операцию, что и при создании линий изображения. То есть необходимо последовательно задать линии участков пути, каждая из которых имеет начальный и конечный узел. Для задания начала или конца линии участка пути необходимо выбирать существующие узлы (клавиша <N>) или за-



давать новые (клавиша <Enter>) на месте пересечения двух линий построения.

Как и при создании линии изображения, при задании дуги необходимо после выбора начального узла дуги выбрать окружность клавишей <C>.

В противном случае линией данного участка пути будет не дуга между двумя узлами, а отрезок.

Включение в задание пути дуги эллипса, части сплайна или другой кривой, аналогично созданию дуги окружности.


Для задания пути, представляющего из себя одну окружность, необходимо без выбора узла указать на эту окружность и нажать <C>.

Также можно построить путь, представляющий собой эллипс, сплайн или другую кривую, используя соответствующие опции <S> и <E>.

В сложных случаях, например, когда в одной точке пересекается более двух линий построения, а следовательно, может располагаться более одного узла, необходимо задавать граничные узлы участков пути, указывая две линии построения, на пересечении которых он расположен. Это реализуется клавишами <L>, <C>, <E>, <S>, которые соответствуют линиям построения.

В случаях, когда в одной точке пересекается более двух линий построения, но не построено ни одного узла, рекомендуется сначала создать все необходимые узлы с помощью команды «N: Построить узел», где можно точно указать линии, на пересечении которых создаются узлы. После этого можно ввести участки пути, используя опцию <N>.

Для отмены последней введенной линии участка пути используется опция:


	<BackSpace>	Удалить последнюю введенную линию контура
---	-------------	---

При построении пути можно комбинировать все три вышеперечисленных способа.


Если конечный узел замкнутого пути совпадает с начальным узлом, то контур пути автоматически замыкается, подсветка гаснет, в

конечном узле прорисовывается стрелка, указывающая направление заданного пути, что говорит о том, что путь построен.


Замыкание можно осуществить и опцией:

	<Home>	Замкнутый контур
---	--------	------------------


Для завершения построения не замкнутого пути, после задания всех необходимых участков, нужно воспользоваться опцией:


	<End>	Завершить ввод пути
---	-------	---------------------


Отмена действий по вводу пути осуществляется опцией:

	<Esc>	Отменит выбор
---	-------	---------------

**Редактирование 2D путей.** Редактирование пути позволяет добавить или удалить узловые точки, выбрать другую линию построения, соединяющую узловые точки отдельного участка пути, а также задать новые параметры. Редактирование осуществляется в команде «ЕС: Изменить построения».

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<EC>	«Правка\Построение\Путь»	

Выбрать путь можно, указав на него курсором и нажав , а также с помощью опции:


	<S>	Выбрать сплайн
--	-----	----------------

В результате помечается выбранный путь и его узловые точки.


**Редактирование отдельного участка пути.** Для изменения типа отдельного участка пути необходимо выполнить следующие действия:

- выбрать путь;
- при помощи мыши выбрать участок пути, тип которого нужно изменить;
- выбрать элемент построения, определяющий новый тип участка пути: прямая, окружность, сплайн (в том числе существующий 2D путь). Выбор элемента построения осуществляется соответст-

вующей опцией. Узлы, ограничивающие редактируемый участок пути, должны быть связаны с выбранным элементом построения;

- выйти из режима редактирования отдельного участка контура, нажав  или <Esc> на клавиатуре.

- подтвердить изменения с помощью опции:

	<End>	Завершить ввод пути
---	-------	---------------------

### 3.2. Обработка деталей на фрезерном станке с ЧПУ

Одним из наиболее распространённых станков с ЧПУ фрезерной группы в отечественной промышленности является станок модели 6Р13ФЗ-01. Он комплектуется устройством ЧПУ модели НЗ3-1М.

Обработка заготовки по заданному контуру производится за счёт взаимного перемещения инструмента и заготовки детали (рис. 61).

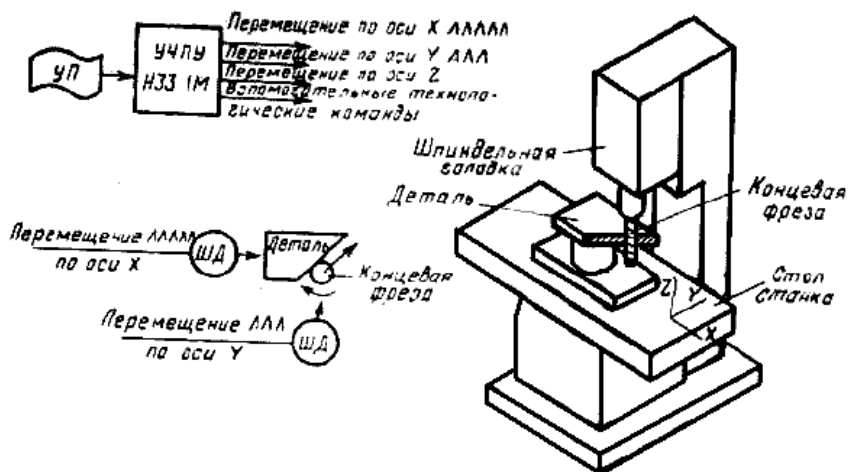


Рис. 61. Схема обработки заготовки на станке с ЧПУ

Консольный вертикально-фрезерный станок предназначен преимущественно для обработки концевыми и торцевыми фрезами

плоских или пространственных деталей сложного профиля (штампов, пресс-форм, кулачков и т.п.) из чёрных, цветных металлов и других материалов в мелкосерийном и серийном производствах. Пространственная обработка достигается сочетанием перемещения стола станка с заготовкой в горизонтальной плоскости по двум координатам ( $X$  и  $Y$ ) и вертикального перемещения шпиндельной головки с режущим инструментом (ось  $Z$ ). Перемещение инструмента осуществляется по координате  $Z$ . Максимальная величина перемещения равна 150 мм.

Заготовка детали, закреплённая на столе станка, перемещается в двух направлениях: продольном  $X$  и поперечном  $Y$ . Отсчёт перемещений ведётся от нулевой установки станка, при этом инструмент находится в крайнем верхнем положении, стол станка – в центре относительно инструмента. Величина продольного перемещения  $X = \pm 500$  мм, поперечного перемещения  $Y = \pm 200$  мм. Таким образом, любая программа обработки начинается из нулевой точки станка, при которой  $X=Y=Z=0$  (индикация на пульте УЧПУ), и заканчивается выходом в нулевую точку станка.

Наличие трёх независимо управляемых координат позволяет вести обработку в трёх плоскостях  $XY$ ,  $XZ$ ,  $YZ$ , причём при линейной интерполяции, т.е. обработка прямой, могут быть задействованы все три координаты одновременно. При круговой интерполяции (обработке окружности), необходимо выбирать плоскость обработки, так как при этом задействованы только две координаты. В дальнейшем мы будем рассматривать только плоские виды обработки, т.е. обработку в плоскости  $XY$ . Такие случаи обработки являются наиболее распространёнными при применении станков данного типа в промышленных условиях.

В устройстве ЧПУ НЗЗ-1М предусмотрены три разновидности обработки контура: обработка непосредственно самого контура, эквидистантного контура и прямоугольного контура. Предварительный геометрический контроль при отладке технологии обработки может быть осуществлён непосредственно на станке, если вместо фрезы закрепить в шпиндельной головке пишущий прибор (карандаш или шариковую ручку), а на столе станка закрепить чертёжный планшет.

### 3.3. Управляющие программы для фрезерных станков с ЧПУ

Для создания управляющих программ (УП) в автоматизированном режиме используется система T-FLEX ЧПУ. Вызов команд в системе осуществляется путём выбора его из текстового меню «ЧПУ», входящего в текстовое меню системы T-FLEX CAD в качестве расширения.

Для рассмотрения примера фрезерной обработки, выберем задания № 30 как изображено на рис. 62.

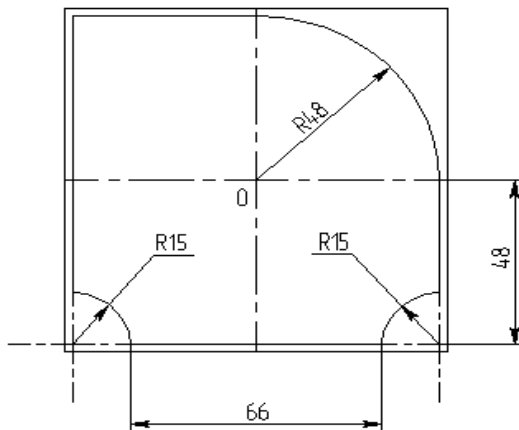



Рис. 62. Вариант задания № 30

Рассчитаем траектории для снятия припуска и чистовой обработки, а затем сгенерируем УП для изготовления детали (кулачка), контур которой представлен на заготовке 100×100 мм.

Для обработки этой заготовки, необходимо с помощью дополнительных линий построения определить точки подвода и отвода режущего инструмента (фрезы), а также точку начала координат станка. Точку подвода фрезы выбираем на расстоянии 30 мм. от правого края заготовки по оси X. Для этого войдем в меню «**Построения**» → «**Прямая**». Правый край заготовки делаем линией привязки, щелкнув . Строим на расстоянии 30 мм параллельную

прямую и в появившемся окне устанавливаем параметры прямой «-30». Строим узел в точке пересечения.

Для фрезерования заготовки необходимо построить путь движения режущего инструмента. Для этого в меню «**Построения**» → «**Путь**» строим путь прохождения фрезы по контуру чертежа, как показано на рис. 63.

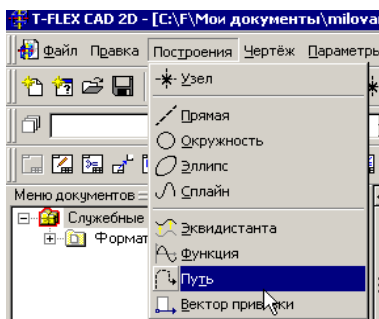


Рис. 63 Построение пути

Построение пути подобно построению изображения по линиям построения. Правильно составленный путь (контур без разрывов) заканчивается в точке начала пути (рис. 64).

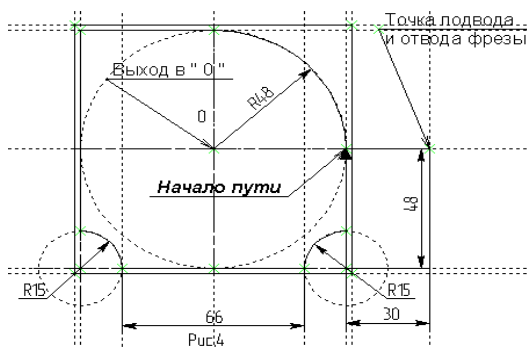




Рис. 64. Построение пути

В дальнейшем нам понадобятся абсолютные координаты точки подвода. Для этого необходимо подвести маркер к точке подвода и щелкнуть  . В появившемся окне контекстного меню выбрать «Измерить» или «Информация» (рис. 65).

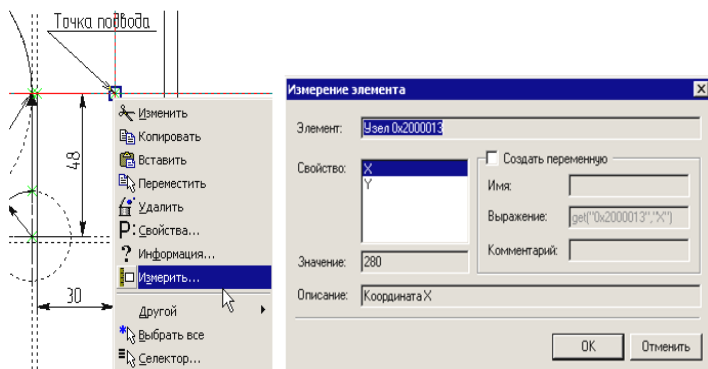


Рис 65. Выбор информации о координатах точки подвода

Запомним значения координат точки подвода  $X : 280$ ,  $Y : 150$ .

Прежде чем перейти к разработке траекторий и генерации УП, необходимо спроектировать режущий инструмент, используя «Редактор инструмента» (рис. 66).

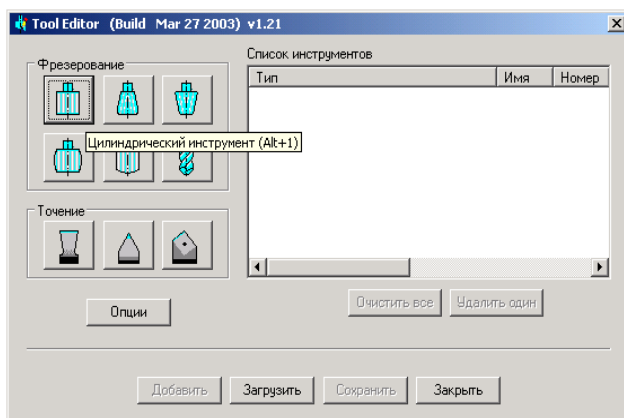


Рис. 66. Окно редактора инструмента

Для проектирования режущего инструмента для фрезерной обработки (фрезы) вызовем редактор инструмента с помощью команды «ЧПУ \ Редактор инструментов». В окне «Фрезерование» выберем «Цилиндрический инструмент». Появится окно «Цилиндрический инструмент», где изображён эскиз фрезы (рис.67).

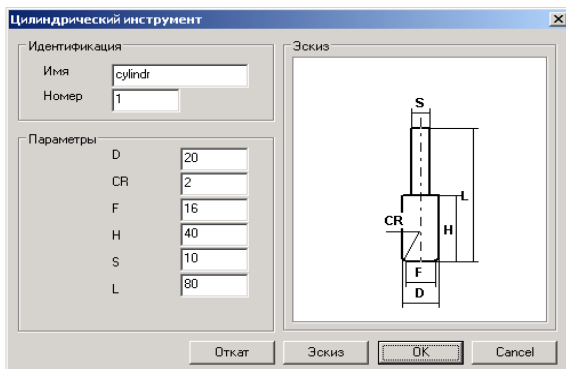


Рис. 67. Инструмент для фрезерной обработки

Для варианта фрезерной обработки создадим эскиз инструмента с параметрами: D-14, CR-1, F-12, H-40, S-14, L-90. Поменяем данные в «Параметры» и щёлкнем на «Эскиз». Появится окно с новым эскизом, представленным на рис. 68.

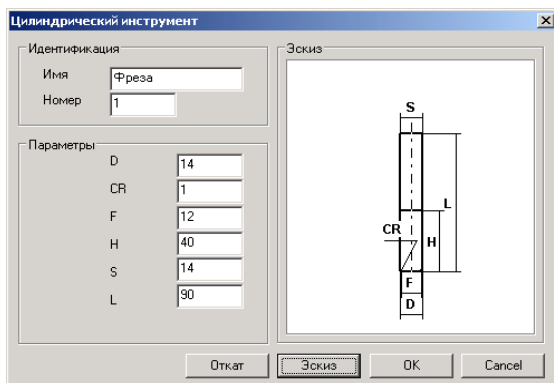


Рис. 68. Эскиз цилиндрического инструмента

Если пользователя что-то не устраивает в новых параметрах, он может вернуться на шаг назад, используя кнопку «Откат».

Для завершения создания инструмента необходимо нажать кнопку «ОК». Созданный инструмент появится в списке инструментов главного окна редактора инструментов как на рис. 69.



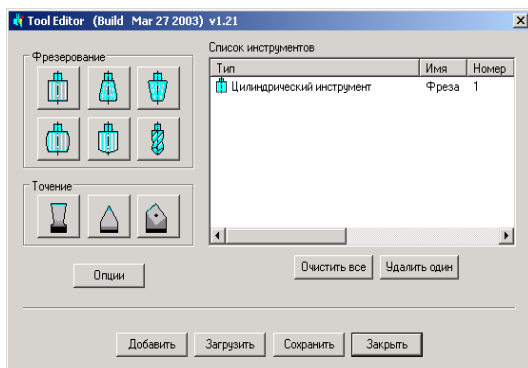


Рис. 69. Список созданных инструментов

Для удаления выбранного инструмента используется кнопка «Удалить один». Кнопка «Очистить всё» позволяет удалить все входящие в список инструменты.

Сохранить созданный инструмент или список инструментов в файл «Инструменты» (папка USER) можно с помощью кнопки «Сохранить». При необходимости изменения ранее созданного файла инструмента, его можно открыть для редактирования, используя кнопку «Загрузить».

Для разработки траектории и УП фрезерной обработки используется команда «ЧПУ | 2D, 2,5D и 4D обработка | Фрезерование» как на рис. 70.

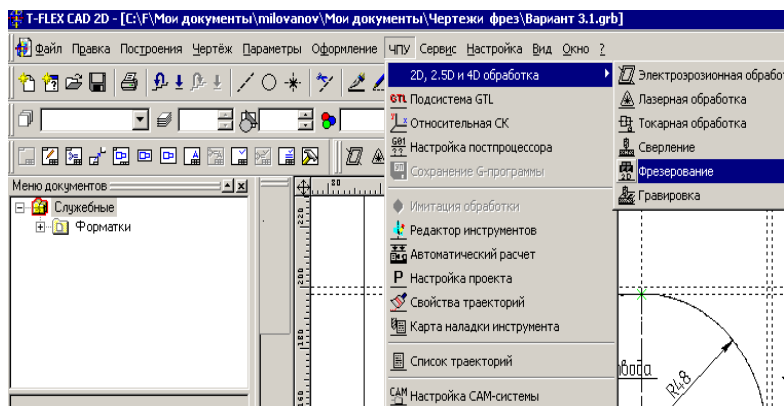


Рис. 70. Выбор режима обработки

В рабочем поле автоменю будут доступны опции, показанные на рис. 71.

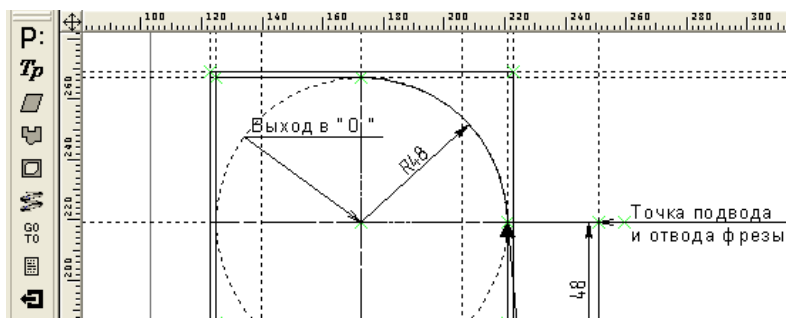


Рис. 71. Доступные опции системы

Выбираем «Фрезерование контура → Укажите путь». Появляется окно «Параметры траектории», представленные на рис. 72.

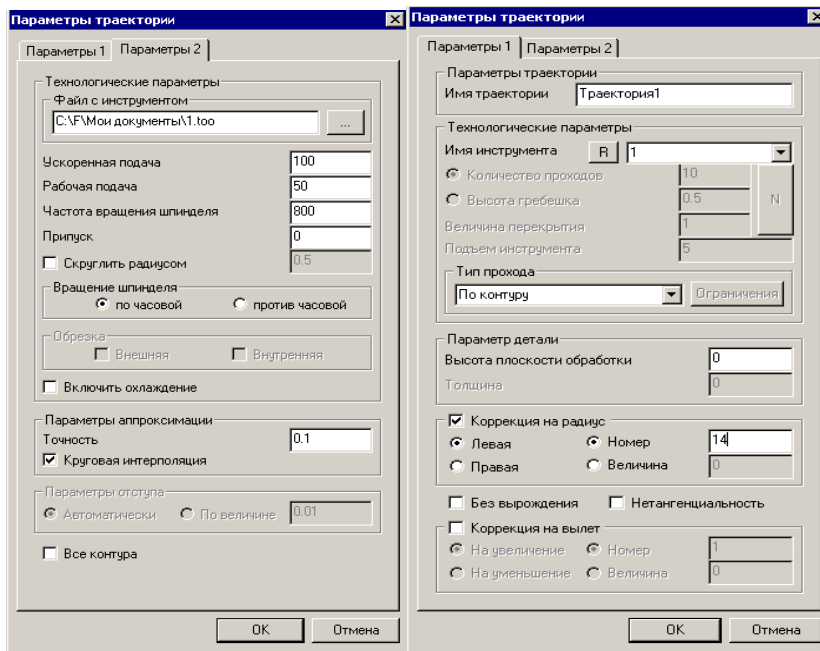



Рис. 72. Настройка параметров траектории

В окнах представлены два типа параметров, значения которых необходимо указать (см. вариант задания). Выбрав опцию , увидим созданную траекторию 1 (имена траекторий можно изменить) в окне (рис.73):

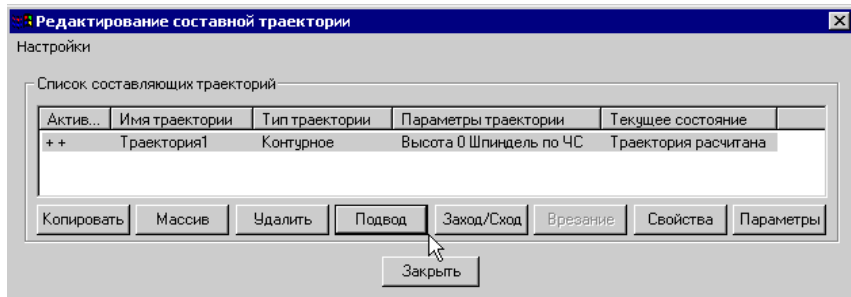




Рис. 73. Список имеющихся траекторий

выделяем  «Траектория 1», выделяем  параметр «Подвод». В появившемся окне указываем измеренные ранее координаты точки подвода и отвода для данной траектории (на рисунках это «точка подвода»), а также порядок перемещений рабочего стола и режущего инструмента (рис.74).

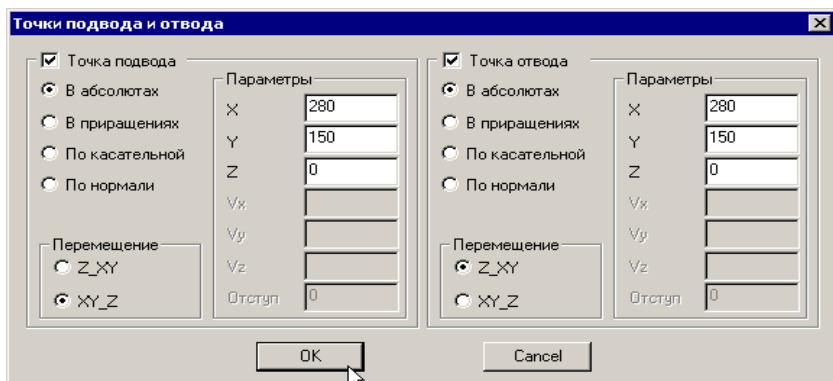


Рис. 74. Выбор параметров точки подвода и отвода

Окно «Редактирование составной траектории» закрыть. На чертёже появится траектория 1 (контурная обработка), выделенная красным цветом (рис.75).

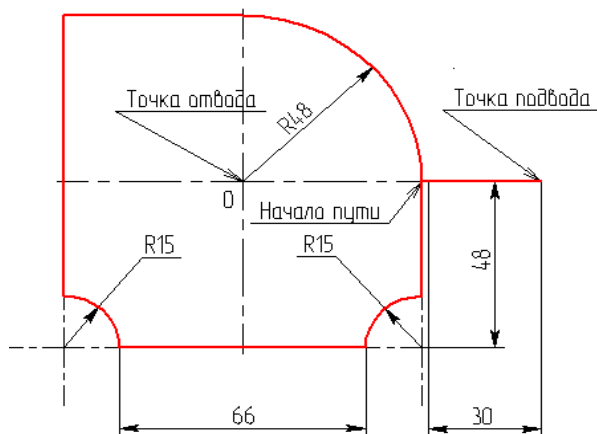





Рис. 75. Траектория контурной обработки

Если возникает необходимость в чистовой обработке, то в окне «Параметры траектории» (Параметры 1) нужно указать величину припуска (на чистовую обработку). После этого вновь указать , задать параметры с нулевым припуском и скорость рабочей подачи. Получим новую «чистовую» траекторию обработки.

Возвращаемся в автоменю «Фрезерование», выбираем опцию  и указываем точку перемещения (опускание фрезы) инструмента (в точку подвода). Появляется окно «Параметры GO TO», в которое необходимо занести значения параметров, взятых из задания (рис. 76).

Траектория 2 (Опускание фрезы) будет занесена в список составных траекторий. Выбираем опцию  и указываем «точку отвода» инструмента после окончания контурной обработки (выход в «O» координат X, Y, Z).

В появившемся окне задаем параметры отвода инструмента (рис. 77). В списке траекторий появится Траектория 3 (подъем фрезы и выход в «0» координат X, Y, Z).

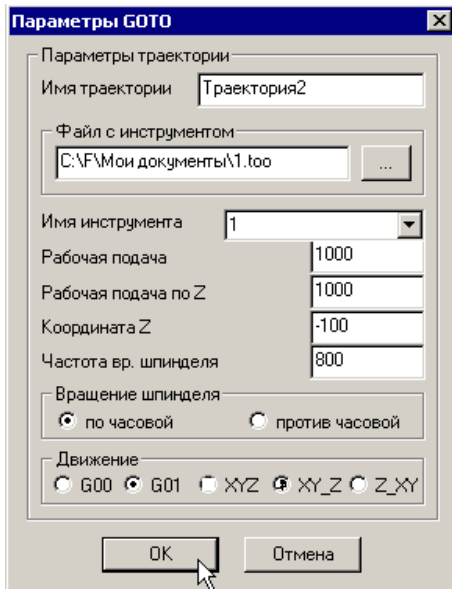


Рис. 76. Задание параметров для Траектории 2

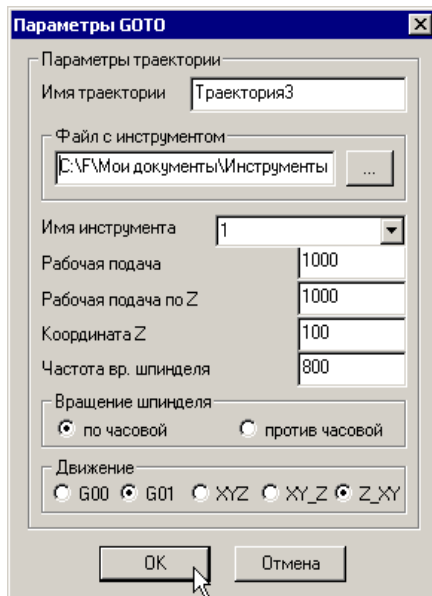




Рис. 77. Задание параметров для Траектории 3

При использовании плоской обработки задается относительная система координат. «ЧПУ | Относительная СК» . В появившемся автоменю выбираем «Центр системы координат» и указываем узел «0» чертежа (появится в точке «O»). Щелкнув  опцию «P» в меню создания СК, увидим окно с параметрами системы координат (рис. 78):

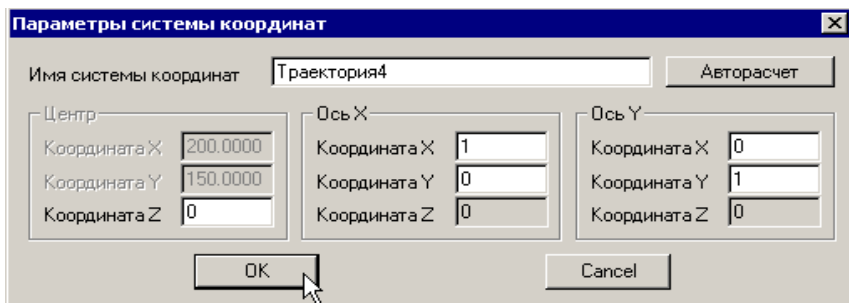


Рис. 78. Задание системы координат

В списке составных траекторий появится Траектория 4 для СК. Откроем «ЧПУ Список траекторий» и переставим составные траектории обработки в следующем порядке (рис. 79):

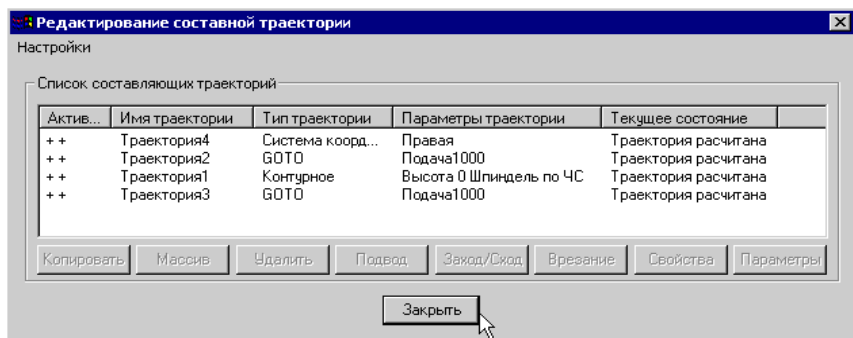


Рис. 79. Список состава траекторий

Закроем окно. Таким образом, траектории рассчитаны относительно начала координат чертежа в соответствии с заданной относительной системой координат (рис. 80).

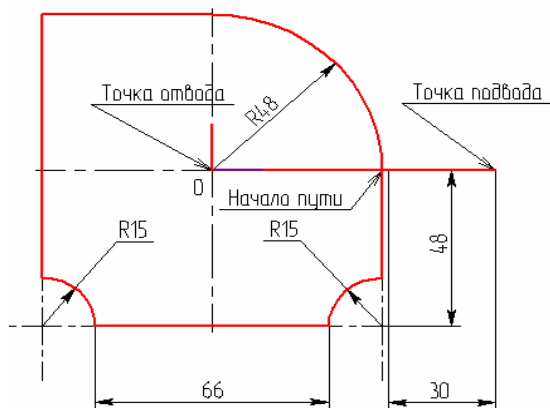



Рис. 80. Чертеж с рассчитанными траекториями

Установку нуля станка рекомендуется осуществлять в конце разработки УП, так как в противном случае траектории будут создаваться со смещением относительно контура детали.

Далее по рассчитанной траектории осуществляем процесс генерации (сохранения) УП с помощью команды «**ЧПУ Сохранение G-программы**» (  ) (рис. 81).

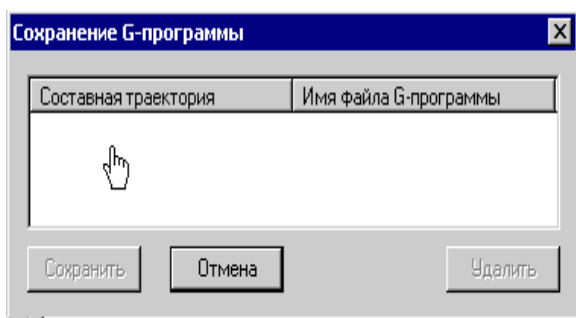



Рис. 81. Вызов окна задания параметров сохранения

В появившемся окне необходимо дважды щелкнуть , после чего появится окно диалога параметров сохранения составной траектории (рис.82).

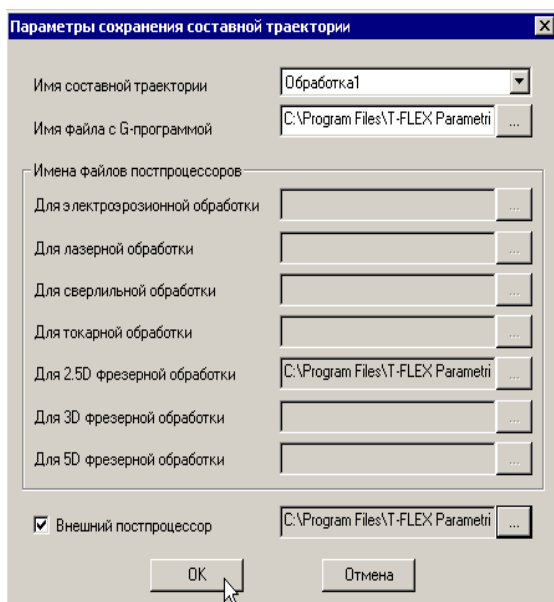


Рис. 82. Задание параметров сохранения составной траектории

В этом окне последовательно задаются имена необходимых для выбранного типа обработки внешнего постпроцессора (ПП), имя УП и место ее хранения (папка «Готовые УП»). После этого появится новое окно «Сохранение G-программы» (рис.83).

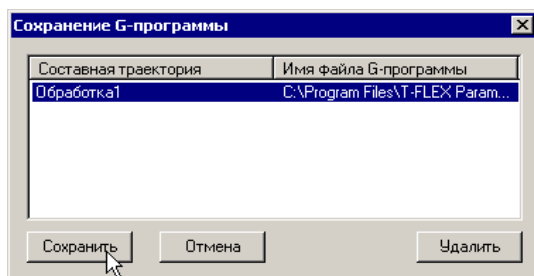


Рис. 83. Сохранение управляющей программы

В качестве внешнего ПП для фрезерования, используем ПП 6P13Ф3 НЗЗ-1М (папка постпроцессоры). УП сохраняем в папке «Готовые УП».



После всех проделанных действий имеется возможность просмотреть текст программы в папке «Диск С→Program Files→T-Flex Parametric CAD 2D→ЧПУ→Готовые УП→ Готовые УП 2 D» .

Просмотреть отработку полученной УП можно с помощью имитатора обработки.

Для запуска имитатора обработки используем команду: «**ЧПУ Имитация обработки**» (рис. 84).

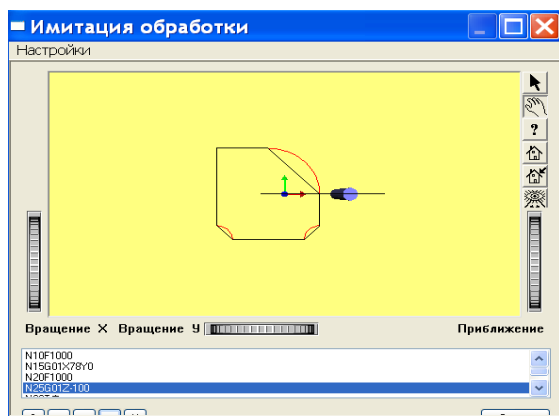


Рис. 84. Результат имитации обработки управляющей программы

После вызова команды на экране появится окно, в котором будет представлена обрабатываемая деталь, траектория обработки и инструмент, используемый при обработке. Также в этом окне находится окно, в котором идет прокрутка УП. Готовая УП имеет следующий вид:

```
%  
N010G17  
N011G01X+008000F4710  
N011Z-010000F0610M03  
N012G41X-003200F0550L114  
N013G53X-004800Y+004800I+004800L114  
N014G01X-004800  
N015Y-008100  
N016G42X+001500Y-001500J+001500L214
```

N017G01X+006600  
N018G42X+001500Y+001500I+001500L114  
N019G01Y+003300  
N020G40X+003200F0610L114  
N021M05  
N022G01Z+010000F4710  
N023X-008000F4710  
N024M02

Проверка УП производится на системе «ЧПУ – станок» с использованием DNC-терминала.

Отлаженная УП записывается в электронный архив технической документации.

### 3.3.1. Работа с постпроцессором

**Постпроцессор** это модуль, преобразующий файл траектории движения инструмента и технологических команд, рассчитанный процессором САМ- или САД/САМ-системы, в файл управляющей программы в строгом соответствии с требованиями методики ручного программирования конкретного комплекса «станок-система с ЧПУ». Постпроцессор выполняет немалое количество функций, например:

- кодирует линейные перемещения сообразно цене импульса;
- выполняет линейную или круговую интерполяцию перемещений по дуге окружности, а также кодирует их в импульсах;
- рассчитывает динамику перемещений, отслеживая и, если нужно, уменьшая слишком большую подачу на малом перемещении («станок не успеет разогнаться»);
- автоматически выдает в кадр вектора или функции коррекции на радиус инструмента;
- строит текущий кадр по шаблону, автоматически нумеруя кадры под адресом N;
- превращает подачи, назначенные технологом, в конкретный набор символов с адресом F и выдает в нужное место кадра;
- оформляет как начало, так и конец УП, а также структуру кадра.

**Постпроцессор для 2.5D фрезерной обработки.** Набор команд для устройства ЧПУ модели НЗЗ-1М, используемых в управляющих программах, подразделяются на подготовительные и вспомогательные.

**Подготовительные команды.** Слова подготовительных команд содержат символ **G** (адрес), за которым следуют две цифры, определяющие тип команды и определяющие характер работы.

**Команда линейной интерполяции G01.** Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой от исходной точки к точке, заданной координатами в данном кадре.

Формат команды **G01**:  $NnG01XxYy$ , где:  $Nn$  – номер кадра,  $Xx$  и  $Yy$  – определяют координату перемещения. Параметр перемещения по какой-либо оси или приращение координаты состоит из буквы адреса ( $X$ ,  $Y$ ), следующего за ним знака перемещения ( $+$ ,  $-$ ) и шести разрядов числовой информации ( $x$ ,  $y$ ).

При линейной интерполяции параметры перемещения по координатам  $X, Y, Z$  тождественны координатам конечной точки обрабатываемого отрезка, например  $X+008050$ ,  $Y-023500$ ,  $Z-002000$ . Так как дискретность УЧПУ НЗЗ-1М составляет 0,01мм, то перемещения по координатам соответственно будут: по координате  $X=+80,5$ мм,  $Y=-235$ мм,  $Z=-20$ мм. Пример записи фрагмента кадра:  $N001G01X+008000Y-015000 \dots$

**Команды круговой интерполяции G02, G03.** Команда **G02** используется для программирования движения по дуге окружности от текущей координаты точки по направлению часовой стрелки, а команда **G03** – против часовой стрелки.

Формат команд **G02, G03**:  $NnG02XxYyIiJj$ , где:  $Nn$  – номер кадра,  $Xx$  и  $Yy$  – определяют координаты конечной точки дуги окружности,  $Ii$  и  $Jj$  – координаты центра окружности относительно начальной точки дуги.

При круговой интерполяции всегда должна быть предварительно указана плоскость обработки с помощью подготовительных команд **G17, G18, G19** (см. далее). Геометрическая информация о величине и направлении перемещений задаются только в приращениях. При этом условно центр координат помещается в центр программируемой дуги окружности. Осями координат условно плос-

кость обработки делится на квадранты, и в одном кадре может быть запрограммирована только дуга, целиком лежащая в каком-либо квадранте. Если дуга одной окружности расположена не в одном квадранте, её необходимо разбить опорными точками на участки, лежащие в одном квадранте, и для каждого участка программировать соответствующий кадр.

По адресам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  указываются приращения координаты конечной точки дуги относительно начальной, а параметры круговой интерполяции  $I$ ,  $J$ ,  $K$  тождественно равны абсолютным значениям координат начальной точки дуги относительно её центра. Знак геометрической информации по адресам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  определяется в соответствии с характером изменения координат при обработке траектории. Если при движении на данном участке значение координаты возрастает, то по соответствующему адресу указывается координата конечной точки с положительным знаком. Если значение координаты убывает – с отрицательным знаком. Начальные координаты указываются по адресам  $I$ ,  $J$ ,  $K$  только при круговой интерполяции. Знаки параметров  $I$ ,  $J$ ,  $K$  не воспринимаются устройством ЧПУ и при программировании рекомендуется присваивать им знак « + ». Если начальная координата равна нулю, то можно опускать в программе целиком соответствующий адрес ( $I$ ,  $J$ ,  $K$ ) с нулевой геометрической информацией.

Пример записи фрагмента кадра:

N001G17

.....

N010G02X+012000Y+008000I+012000J+005000

***Команды круговой интерполяции с положительной коррекцией:***

- **G41** (коррекция длины перемещения положительная) – осуществляется линейная интерполяция аналогично команде **G01**, но реальное перемещение равно длине запрограммированного перемещения плюс абсолютная величина коррекции;

- **G42** (коррекция радиуса инструмента положительная по часовой стрелке) – осуществляется круговая интерполяция аналогично команде **G02**, но реально обрабатываемый радиус окружности

увеличивается на величину коррекции, набранную на пульте (независимо от её знака);

- **G43** (коррекция радиуса инструмента положительная против часовой стрелке) – аналогично команде G42, но против часовой стрелки.

**Команды круговой интерполяции с отрицательной коррекцией:**

- **G51** (коррекция длины перемещения отрицательная) – аналогично команде G41, но реальное перемещение равно длине запрограммированного перемещения минус величина коррекции, набранной на пульте (независимо от её знака);

- **G52** (коррекция радиуса инструмента отрицательная по часовой стрелке) – аналогична команде G42, но радиус реально обрабатываемой окружности уменьшается на величину коррекции, набранной на пульте (независимо от её знака);

- **G53** (коррекция радиуса инструмента отрицательная против часовой стрелки) – аналогично команде G52, но против часовой стрелки.

**Команды отмены коррекции:**

- **G40** (отмена коррекции в прямоугольных координатах) – осуществляется коррекция со знаком, обратным набранному на корректоре. Применяется при отходе инструмента от обрабатываемого контура по прямой, параллельной какой-либо оси координат;

- **G50** (отмена коррекции при отходе от эквидистантного контура) – осуществляется коррекция со знаком, обратным набранному на корректоре. Применяется при отходе инструмента от обрабатываемого контура по нормали к нему.

**Команда паузы G04.** Команда вызывает только останов движения по осям координат, т.е. задержку в отработке программы на определённое время, заданное с пульта управления или от программы.

**Команды выбора рабочей плоскости G17, G18, G19.** Данные команды используются для задания плоскости обработки при круговой интерполяции XY, ZX, YZ соответственно.

**Вспомогательные команды.** Вспомогательные команды задаются словом, содержащим адрес **M** и двузначное кодовое число.

Они определяют выполнение различных вспомогательных технологических операций (включение и выключение шпинделя и охлаждения, останов и т.п.)

**Команда безусловного останова M00.** Команда действует только в том кадре, где она записана. Означает останов (программируемый) без потери информации по окончании отработки соответствующего кадра. После выполнения команд данного кадра происходит останов шпинделя, охлаждения, подачи. Работа по программе возобновляется нажатием кнопки «Работа» на пульте оператора станка

**Команда условного останова M01.** Команда аналогична M00, но выполняется при предварительном подтверждении с пульта управления оператора или станка (нажатием кнопки «Технологический останов»). При отключённой кнопке функция M01 не воспринимается УЧПУ).

**Команда конца программы M02.** Команда указывает на завершение отработки программы и выполняется аналогично M00, но дополнительно включает сигнальную лампу КП (конец программы) на пульте оператора УЧПУ. Для продолжения работы по следующей программе необходимо осуществить «СБРОС» УЧПУ

**Команда включения шпинделя M03.** Команда включает вращение шпинделя по часовой стрелке. Реверс вращения шпинделя осуществляется переключателем, расположенным на двери шкафа электроавтоматики станка. Команда начинает действовать до начала перемещения, запрограммированного в данном кадре, и действует до поступления другой вспомогательной команды.

**Команда отключения вращения шпинделя и охлаждения M05.** Команда действует после выполнения перемещений в данном кадре. Осуществляет останов шпинделя и выключение охлаждения.

**Команда включения шпинделя и охлаждения M13.** Аналогична команде M03, но с одновременным включением охлаждения. Действует до начала перемещения, запрограммированного в данном кадре.

**Технологические команды.** Определяют нижеперечисленные команды.

**Скорость подачи** задаётся словом, содержащим адрес F и кода подачи, состоящую из 4-х цифр (A1 – A4).

Первая цифра команды подачи A1 – режим изменения скорости подачи. Имеются два режима: нормальный (A1 = 0) и с торможением до фиксированной скорости (A1 = 4). Цифра A2 (код множителя) определяет порядок величины подачи и представляет собой десятичный множитель, величина которого на 3 больше, чем количество целых цифр в величине подачи. Цифры A3 и A4 представляют собой мантиссу величины подачи в мм/мин. Например, команда подачи F 0525 задаёт нормальный режим изменения подачи (A1=0). Величина подачи  $0,25 \cdot 10^{5-3} = 25$  мм/мин. Значения подач приведены в техническом описании УЧПУ.

**Команда задания инструмента** задаётся словом, содержащим адрес T и двузначное кодовое число (определяющее, как правило, номер инструмента в наладке станка для обработки конкретной детали). Конструктивные особенности станка модели 6P13Ф3-01 (наличие всего лишь одного инструмента, устанавливаемого вручную для обработки конкретной детали) не требует осуществления данной команды программно.

**Команда задания скорости шпинделя** – задаётся словом, содержащим адрес S и двузначное кодовое число (определяющее величину частоты вращения шпинделя). Для станка данной модели команда не используется. Величина скорости шпинделя устанавливается вручную, исходя из рекомендуемых режимов обработки данной детали.

Величины скоростей приведены в техническом описании на станок.

**Команда задания коррекции** состоит из адреса L и трёхзначного цифрового кода коррекции A1 – A3 и стоит в кадре всегда последним. Цифра A1 определяет вид коррекции и может принимать значения 0 – 8. Цифры A2 и A3 по адресу L определяют номер корректора на пульте управления УЧПУ. Панель корректора пульта управления состоит из 18-ти корректоров с соответствующими номерами от 01 до 18.

Каждый корректор представляет собой 5-разрядный переключатель, на котором можно набирать четырёхразрядное число со знаком в диапазоне от -9999 до +9999. Все корректоры совершенно равноправны и могут использоваться для произвольных целей. Од-

нако для удобства программирования при обработке деталей с ручной сменой инструмента на вертикально-фрезерном станке модели 6P13Ф3-01 рекомендуется закрепление переключателей коррекции: с номерами 01-10 использовать для коррекции на длину инструмента, т.е. по оси Z; с номерами 11-16 – для коррекции на радиус инструмента; с номерами 17-18 – для смещения нуля отсчёта.

Коррекция осуществляется путём алгебраического сложения геометрической информации в программе (по существующим адресам в зависимости от значения A1 по адресу L) с величиной коррекции, заданной на корректоре, номер которого указан по адресу L цифрами A2 и A3. Правила задания коррекции для программирования обработки прямоугольных контуров и произвольных эквидистантных контуров различны.

При программировании **прямоугольного контура**, который состоит из прямых, параллельных осям координат и дуг окружностей, начальные и конечные точки которых лежат на осях, параллельных осям координат, построения эквидистант не требуется. В программе задаётся траектория контура реальной детали, соответствующая чертежу, а величина радиуса фрезы набирается на пульте коррекции.

При линейной интерполяции применяются значения  $A1 = 1 \div 7$ :

- 1) коррекция перемещений по оси X;
- 2) коррекция перемещений по оси Y;
- 3) групповая коррекция перемещений по осям Y и X;
- 4) коррекция перемещений по оси Z;
- 5) групповая коррекция перемещений по осям Z и X;
- 6) групповая коррекция перемещений по осям Z и Y;
- 7) групповая коррекция перемещений по осям Z, Y, X.

При круговой интерполяции в режиме программирования прямоугольного контура используются только два значения:  $A1 = 1$ , если начальная точка дуги лежит на горизонтальной оси X;  $A1 = 2$ , если начальная точка дуги лежит на вертикальной оси Y. Цифры A2 и A3 в слове «Коррекция» определяют номер корректора на пульте оператора УЧПУ, на котором задана величина коррекции с соответствующим знаком. Знак коррекции можно задать также в программе путём замены первой цифры подготовительной команды G01 – G03



на 4 или 5. При задании команд G41 – G43 знак коррекции будет положительным независимо от набранного на корректоре значения. При задании команд G51 – G53 знак коррекции будет отрицательным независимо от набранного на корректоре значения.

При программировании **эквидистантного контура**, образованного произвольно расположенными на плоскости сопряжёнными дугами окружностей и отрезками прямых, возможна коррекция изменения радиуса фрезы, но в ограниченном диапазоне ( $\pm 255$  дискрет вместо  $\pm 9999$  дискрет для прямоугольных контуров).

Для программирования движения по эквидистантному контуру используются только команды G01 – G03. При задании коррекции эквидистанты цифра A1, определяющая вид коррекции, может принимать лишь два значения (0 и 8): A1 = 0, если при увеличении радиуса фрезы значение заданных в программе перемещений увеличивается на величину коррекции, A1 = 8, если при увеличении радиуса фрезы значение заданных в программе перемещений уменьшается на величину коррекции.

### 3.3.2. Контроль УП с помощью T-FLEX NC-TRACER 3D

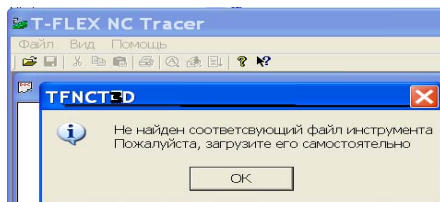
Данный программный продукт позволяет просматривать созданные управляющие программы для 2.5D и 3D координатной обработки (фрезерная обработка).

После запуска программы «T-FLEX NC-TRACER 3D» на экране появится рабочее окно, в котором пользователь сможет проводить просмотр УП, вносить в них изменения и сохранять.

После открытия файла с управляющей программой:

- если файл с инструментом не был создан, был сохранён в другой директорию или имеет имя отличное от названия файла с УП, будет выдаваться сообщение, показанное на рис. 85;

Рис. 85. Ошибка поиска файла с инструментом



- если имя файла УП и файла с инструментом одинаковы и находятся в одной директории, то сообщение выдаваться не будет, файл с инструментом считывается автоматически.

Для того чтобы указать требующийся файл с инструментом, необходимо войти в меню «Инструмент» далее «Загрузить инструмент».

После загрузки файла с инструментом необходимо нажать кнопку «Закрыть». Если инструмент выбран правильно будет выдано сообщение «Инструмент прочитан успешно», в противном случае появится сообщение об ошибке. В этом случае нужно повторить загрузку. Если файл с инструментом не был создан предварительно, то у пользователя есть возможность создать необходимый файл непосредственно в модуле «T-FLEX NC-TRACER 3D». Для того, чтобы использовать данную возможность, необходимо войти в меню «Инструмент», далее «Редактор инструмента». Новый файл необходимо создать таким образом, чтобы в нём содержался весь список используемого в управляющей программе инструмента, иначе при автоматической установке файла с инструментом сообщение о неверной загрузке выдаваться не будет. Также у пользователя не будет возможности запустить УП на выполнение. После активации опции «Редактор инструмента» на экране появится рабочее окно редактора. В данном редакторе пользователь имеет возможность создавать новый или редактировать уже существующий файл с инструментом. Произведя все приведенные выше действия по открытию файла с УП и загрузке инструмента, вы получаете уже на данном этапе возможность просмотра УП. Но для наглядности процесса отработки программы вам необходимо задать параметры заготовки. Для этого необходимо:

- активизировать рабочее окно, одиночным нажатием левой клавиши мыши, предварительно поместив курсор внутрь этого окна;

- войти в меню «Заготовка» далее «Параметры» после чего на экране появится окно, в котором вы можете установить вид заготовки: полый или сплошной цилиндр, или использовать в качестве заготовки трёхмерную модель, созданную предварительно в «T-FLEX CAD 3D».

Выбрав необходимый вид заготовки, вы устанавливаете габаритные размеры заготовки. В том случае если вам неизвестны предварительные размеры, то их можно подобрать опытным путем. Используя кнопку «Габарит», в окне «Параметры заготовки», вы получите заготовку с вписанными в неё траекториями движения инструмента и точками подвода/отвода. Введя данные и нажав кнопку «ОК», вы получите заготовку необходимой формы и размеров (рис. 86). Нажатие кнопки «Заккрыть» приводит к выходу из диалога задания параметров заготовки без применения введённых значений.

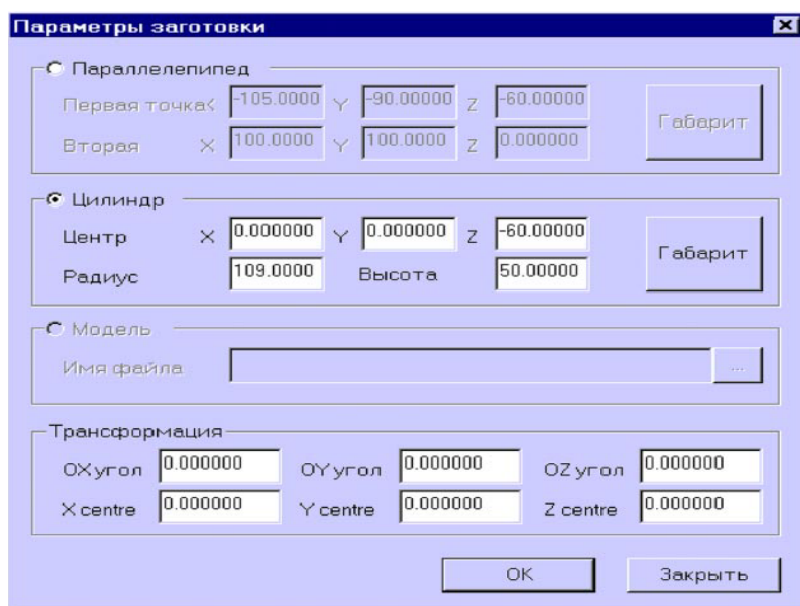


Рис. 86. Выбор параметров заготовки

Рабочее поле «T-FLEX NC-TRACER 3D» делится на два окна (рис. 87):

- правое окно содержит траектории движения инструмента и заготовку;
- левое окно предназначено для просмотра УП.

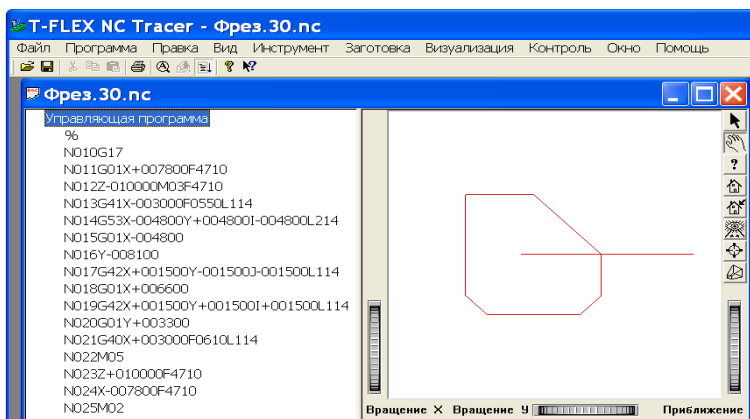



Рис. 87. Рабочее поле «T-FLEX NC-TRACER 3D»

Первоначально окно просмотра УП не содержит текста самой УП. Вывести текст программы в окно просмотра можно двойным щелчком клавиши мыши на строке «Управляющая программа». В случае, когда размеров просмотра УП недостаточно, необходимо войти в меню «Вид|Расцепить», после чего произойдет автоматическая привязка курсора мыши к границе окна, что позволит вам быстро создать окно необходимых размеров. В процессе изменения размеров окна для просмотра УП траектории движения инструмента и заготовки, содержащиеся в соседнем окне, могут частично выйти из области видимости рабочего окна. Для того, чтобы вернуть траектории с заготовкой в зону видимости рабочего окна и придать оптимально положение при отработке УП, вам необходимо воспользоваться опциями меню «Вид» или специальным набором клавиш на клавиатуре, а именно:


- автомасштаб;
- масштабировать вид, необходимо нажать «Shift» + «Ctrl» + левая кнопка «мыши» и одновременно перемещать «мышью» курсор;
- сдвинуть вид, необходимо нажать «Shift» + левая кнопка «мыши» и одновременно перемещать «мышью» курсор;
- повернуть вид, необходимо нажать левую кнопку «мыши» и производить вращение модели.

Опцией «Автомасштаб» или аналогичной иконкой, вы можете пользоваться только после активации рабочего окна имитатора.

Придав заготовке необходимое положение, в процессе имитации вы можете приступить непосредственно к просмотру выполнения УП. Для этого необходимо воспользоваться опцией «Анимация»

меню «Визуализация» или нажать «иконку»  АНИМАЦИЯ на панели инструментов. После этого произойдет формирование твердотельной заготовки и появится возможность запустить УП на обработку. Для этого необходимо войти в меню «Визуализация» далее «Старт». Запустив имитатор на отработку, вы можете наблюдать перемещение режущего инструмента в соответствии с координатами, содержащимися в кадрах УП, с одновременным прокручиванием УП и подсвечиванием обрабатываемого кадра.

В том случае, если нет необходимости просматривать все кадры УП или требуется ускорить процесс отработки программы, можно воспользоваться опцией «Прокрутка» в меню «Визуализация» или

«иконкой»  Прокрутка на панели инструментов для отключения последовательного просмотра всех кадров УП. По умолчанию последовательный просмотр всех кадров УП включён. После просмотра выполнения УП в том случае, если какие-то кадры программы не устраивают технолога-программиста, у него есть возможность внести необходимые изменения в программу непосредственно в окне просмотра. После внесения исправлений необходимо войти в меню «Программа» и выбрать опцию «Пересчитать». После этого при запуске отредактированной УП на выполнение будут обрабатываться все её кадры с учётом внесённых в них изменений. В процессе редактирования можно использовать ряд функций находящихся в контекстном меню.

Активировать данное контекстное меню можно одним нажатием правой клавишей мыши, при этом курсор должен находиться в поле окна для просмотра УП.

Функции «Выполнить до строки» и «Вставить точку останова» позволяют производить останов отработки УП в необходимом кадре. Чтобы установить метку, необходимо подвести курсор мыши к нужной строке, вызвать контекстное меню и выбрать одну из дан-

ных функций. По достижении помеченного кадра появится сообщение: «Достигнута точка останова».

В результате использования функции «Выполнить до строки» (после появления сообщения) для продолжения отработки УП необходимо войти в меню «Визуализация» и выбрать опцию «Старт». Отработка УП будет происходить с первого кадра, но с сохранённой в имитаторе предшествовавшей останову отработкой (то есть отработка будет осуществляться без съёма материала). В противном случае вы должны снова сформировать твёрдотельную заготовку.

В результате использования функции «Вставить точку останова» (после появления сообщения) для продолжения отработки УП необходимо войти в меню «Визуализация» и выбрать опцию «Старт». Отработка УП будет происходить со следующей по порядку строки.

Функция «Убрать точку останова» позволяет удалить неверно установленную точку останова. Для этого необходимо указать строку УП, на которой неверно установлена точка останова, активировать контекстное меню и использовать данную функцию.

Использование функции «Включить/Выключить строку» позволяет увидеть, как поведёт себя режущий инструмент в процессе выполнения УП, не содержащей помеченную строку. Для того чтобы установить метку, необходимо подвести курсор мыши к нужной строке, вызвать контекстное меню и выбрать данную функцию. Удаление метки происходит в обратном порядке.

При использовании функции «Убрать всё» происходит удаление всех меток установленных в тексте УП находящемся в окне просмотра.

Использование функции «Найти» позволяет осуществлять быстрый поиск командных функций или переход на необходимую строку УП для последующего её редактирования. После вызова данной функции появляется диалог, в котором нужно указать параметры необходимые для поиска.

Закончив редактирование УП, вы можете её сохранить с новым именем, используя опцию «Сохранить» в меню «Программа».

### 3.4. Обработка деталей на токарном станке с ЧПУ

Токарный патронно-центровой станок модели 16К20Ф3 предназначен для обработки наружных и внутренних поверхностей заготовок типа тел вращения со ступенчатым и криволинейным профилем различной сложности в один или несколько проходов в замкнутом полуавтоматическом цикле и для нарезания крепёжной резьбы в зависимости от возможностей системы ЧПУ.

Токарный станок данной модели комплектуется устройством ЧПУ модели Н22-1М. Данная модель относится к импульсно-шаговым устройствам разомкнутого типа третьего поколения. Конструктивно выполнено в виде интерполятора и устройства управления шаговым приводом (УУШП), размещенных в специальных шкафах.

Устройство ЧПУ Н22-1М обеспечивает автоматическую обработку только тех контуров деталей, которые состоят из прямых и дуг окружностей, т.е. деталей типа тел вращения с цилиндрическими, коническими, сферическими поверхностями и резьбой. Более сложные кривые необходимо заранее аппроксимировать простыми (отрезками прямых, дугами окружностей) с заданной точностью.

Поскольку абсолютное большинство (около 94 %) деталей в машиностроении имеют контур, представляемый отрезками прямых и дугами окружностей, ограничимся в дальнейшем рассмотрением только этих контуров. Обработка детали заданного контура на станке с ЧПУ осуществляется за счет взаимного перемещения инструмента и заготовки (рис. 88). Зажатая в кулачках патрона заготовка (1) вращается с частотой ( $n$ ), заданной в управляющей программе по адресам S и M. Заданные в программе величины перемещений X и Z инструмента преобразуются устройством ЧПУ в последовательности импульсов заданной частоты, которые подаются на шаговые двигатели продольного и поперечного перемещения суппорта станка (3). Таким образом, режущий инструмент, закреплённый в резцедержателе (4) на суппорте, осуществляет движение по заданной в программе траектории. Отсчёт перемещений инструмента ведётся от исходного состояния исполнительных механизмов продольного и поперечного перемещения – «нуля станка».

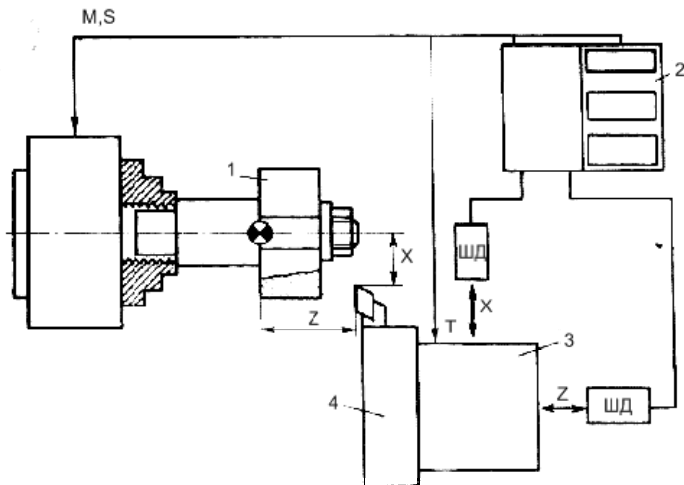


Рис. 88. Обработка детали заданного контура на станке с ЧПУ

Обработка заготовки до детали заданной конфигурации на станке с ЧПУ обеспечивается перемещением инструмента по траектории, обеспечивающей получение заданного контура детали. Информация о перемещении инструмента задаётся в программе в виде координат опорных точек. Эти координаты могут быть заданы в абсолютной системе координат, связанной с нулевой точкой станка, или в виде приращений координат конечных точек геометрических элементов контура относительно начальных.

Программа обработки описывает траекторию движения определённой точки инструмента, называемой центром инструмента. Траектория центра инструмента эквидистанта контуру детали. (Эквидистантой называется геометрическое место точек, равноудалённых от требуемого контура и расположенных по одну сторону от него.)

### 3.5. Управляющие программы для токарных станков с ЧПУ

Для создания УП в автоматизированном режиме используется система T-FLEX ЧПУ. Вызов команд в системе осуществляется путём выбора из текстового меню «ЧПУ», входящего в текстовое



меню системы T-FLEX CAD в качестве расширения. Для рассмотрения примера создания УП токарной обработки, выберем вариант № 30 задания. Рассчитаем траектории для снятия припуска, получистового и чистового точения, а затем сгенерируем управляющую программу для изготовления детали, контур которой представлен на заготовке (рис. 89).

Для обработки заготовки необходимо с помощью дополнительных линий построить узлы, которые определяют заготовку, точку подвода и отвода режущего инструмента и точку начала координат заготовки (рис. 90).

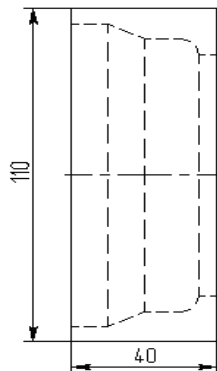


Рис. 89. Контур изготавливаемой детали

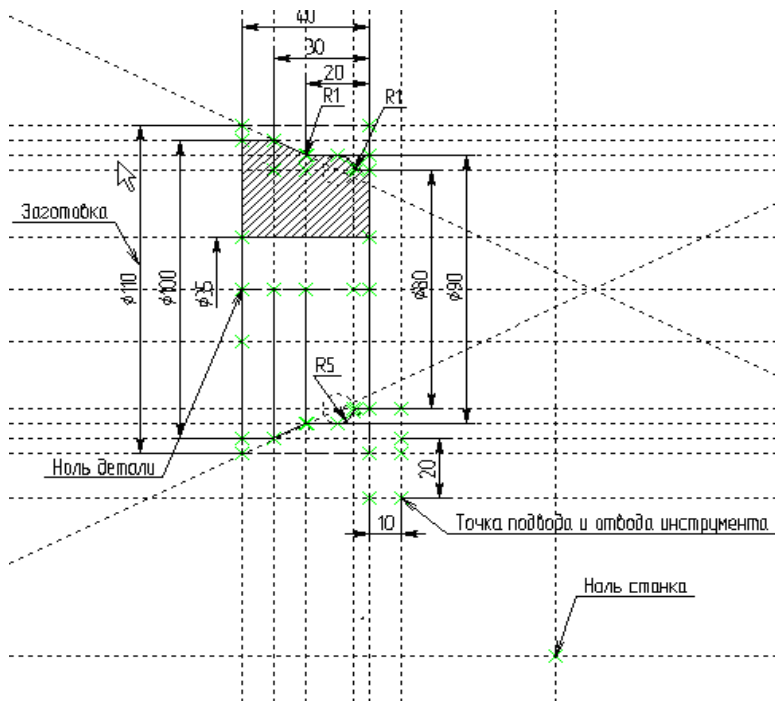


Рис. 90. Образец детали

Для снятия припуска при токарной обработке необходимо создать два пути (меню **построения** → **Путь**): 1-й путь определяет контур обрабатываемой поверхности, а 2-й путь определяет контур заготовки. Начало путей должно быть за пределами заготовки (рис. 91). Для упрощения, координата оси X начала путей, точки подвода и отвода совпадают.

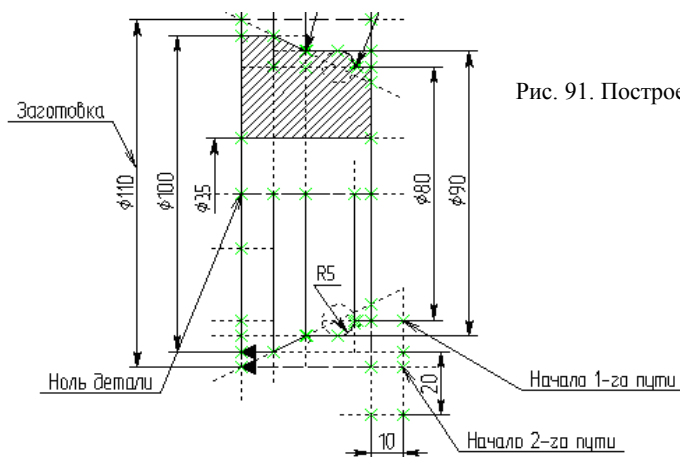


Рис. 91. Построение путей

Прежде чем перейти к разработке траекторий и генерации УП, необходимо спроектировать режущий инструмент, используя «Редактор инструмента» (рис. 92).

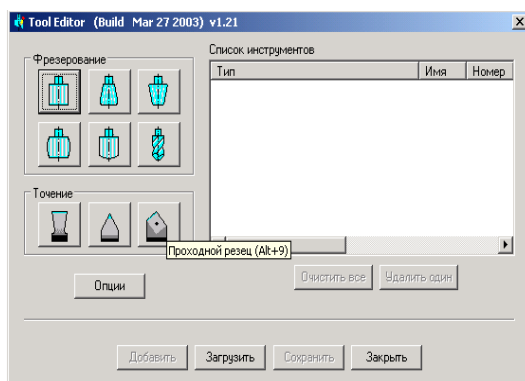


Рис. 92. Редактор инструмента

Вызовем редактор инструмента с помощью команды «ЧПУ\Редактор инструментов».

В окне «Точение» выберем «Проходной резец». Появится окно «Проходной резец», где изображён эскиз резца (рис. 93).

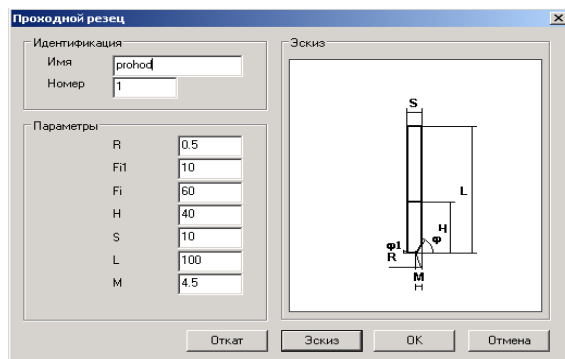


Рис. 93. Окно редактора инструмента

Для варианта токарной обработки создадим эскиз инструмента с параметрами: **R-0, Fi-0, F-40, H-40, S-10, L-80, M-10**. Поменяем данные в «Параметры» и щёлкнем на «Эскиз». Появится окно с новым эскизом.




Если пользователя что-то не устраивает в новых параметрах, он может вернуться на шаг назад, используя кнопку «Откат».

Для завершения создания инструмента необходимо нажать кнопку «ОК». Созданный инструмент появится в списке инструментов главного окна редактора инструментов.

Для удаления выбранного инструмента используется кнопка «Удалить один». Кнопка «Очистить всё» позволяет удалить все входящие в список инструменты.

Сохранить созданный инструмент или список инструментов в файл «Инструменты» (папка USER) можно с помощью кнопки «Сохранить». При необходимости изменения ранее созданного файла инструмента, его можно открыть для редактирования, используя кнопку «Загрузить».

Для снятия припуска выбирается опция «снятие припуска проходным резцом» (панель управления «ЧПУ»), опция «Токарная

**обработка»** , далее опция ). После выбранного вида обработки пользователю необходимо последовательно указать два пути. Сначала указывается контур детали, который необходимо получить, а затем указывается исходный контур заготовки, с которой будет удаляться припуск. Второй путь система запросит сама и его необходимо указать с помощью дополнительной панели, появившейся после указания 1-го пути (верхняя кнопка ) После указания обрабатываемого участка, пользователь в появившемся окне задает все необходимые параметры обработки (рис. 94).

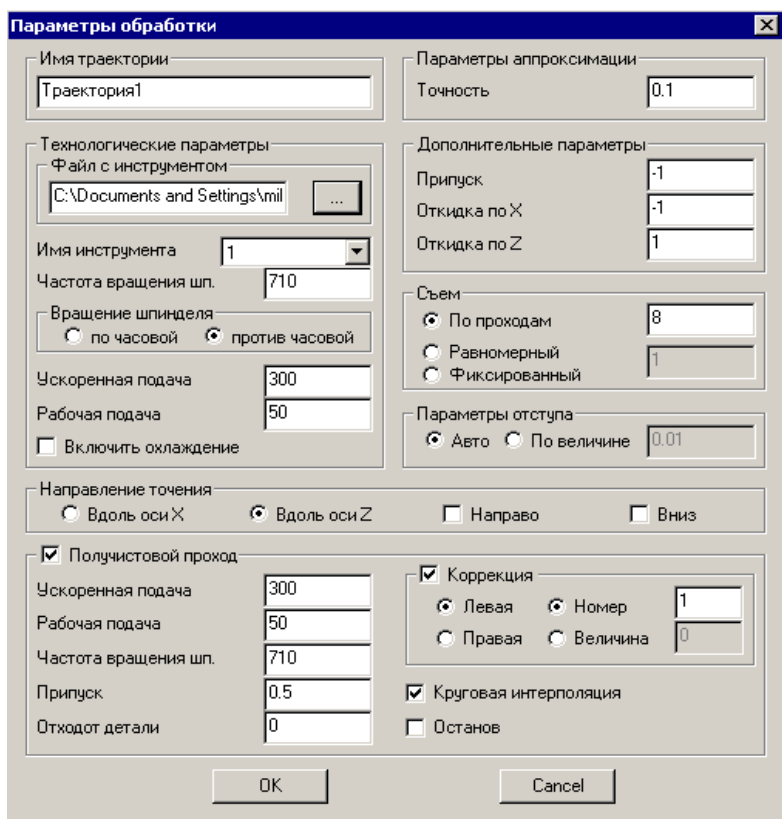




Рис. 94. Окно редактора траекторий

После внесения всех изменений в параметры обработки, достаточно нажать кнопку , чтобы сохранить траекторию в файл, содержащий готовый чертеж детали. Рассчитанная траектория будет добавлена в специальный список траекторий. Для того, чтобы просмотреть данный список, пользователю необходимо нажать кнопку  в автоменю.

После того, как смоделирована траектория обработки, необходимо задать координаты точки подвода и отвода. Для этого с помощью контекстного меню «**информация**» на точке подвода определяется координата по осям X и Y (рис. 95)

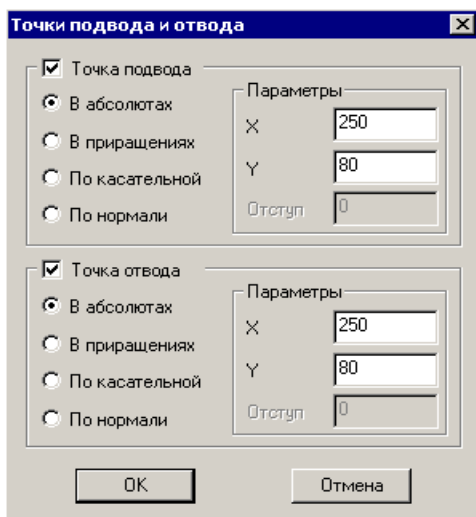



Рис. 95. Определение точки подвода и отвода

Затем с помощью списка траекторий (меню **ЧПУ**, список **траекторий** или ) выделяем созданную траекторию и нажимаем кнопку «**подвод**». В открывшемся окне устанавливаем координаты точки подвода и отвода. В результате всех проделанных действий с указанной последовательностью пользователь получит на экране монитора изображение рассчитанной траектории в виде линии другого цвета (рис. 96).

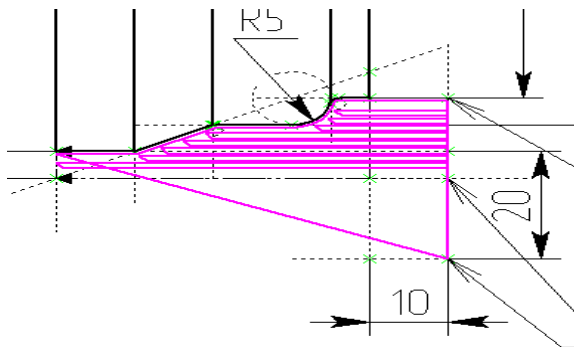



Рис. 96. Изображение траектории в виде линии другого цвета

Для создания траектории чистовой обработки используется опция «Укажите путь»  (дополнительная панель для токарной обработки). После выбранного вида обработки пользователю необходимо указать путь контура детали (1-й путь). После выделения требуемого пути, пользователь в появившемся окне задает все остальные необходимые параметры обработки (рис. 97).

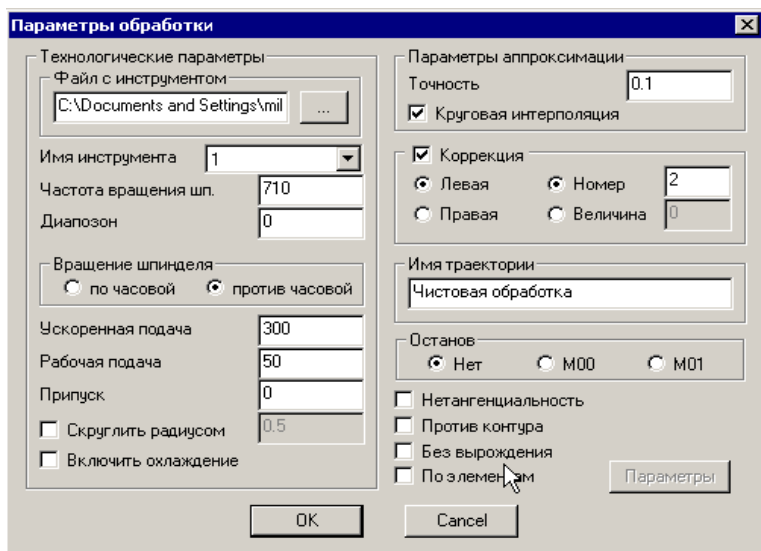


Рис. 97. Задание необходимых параметров обработки

С помощью опции  открываем «список траекторий» (рис. 98).

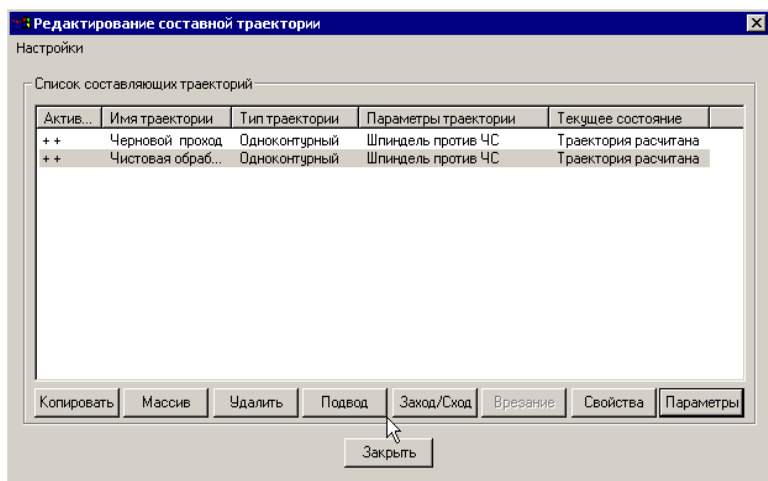


Рис. 98. Список имеющихся траекторий

Выделяем траекторию чистовой обработки и задаем координаты точки подвода и отвода, схода и захода (рис. 99).

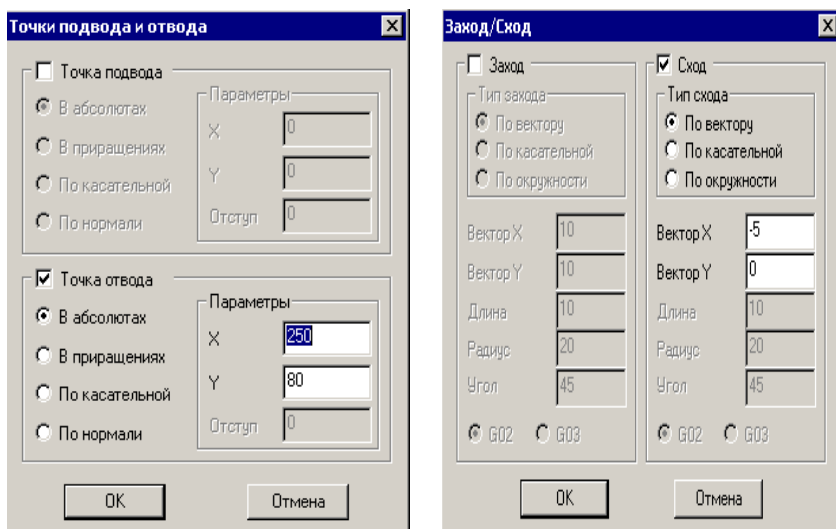


Рис. 99. Выбор параметров точки подвода и отвода и захода

В результате проделанных действий пользователь получит на экране монитора изображение рассчитанных траекторий (рис. 100).

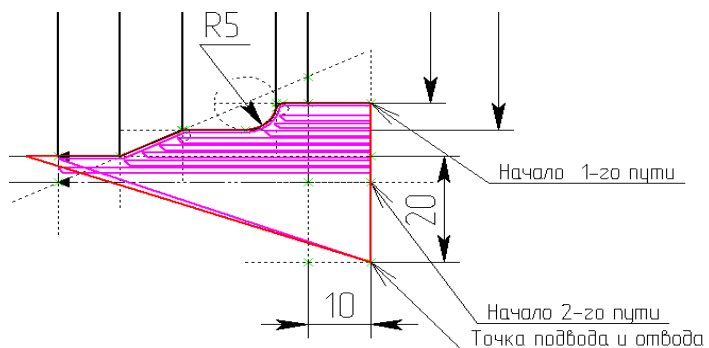



Рис. 100. Изображение рассчитанных траекторий

Полученные траектории рассчитаны относительно начала координат чертежа. Чтобы они были рассчитаны относительно начала координат детали, используется специальная траектория «Относительная система координат» (меню ЧПУ→Относительная СК, опция ) (рис. 101).

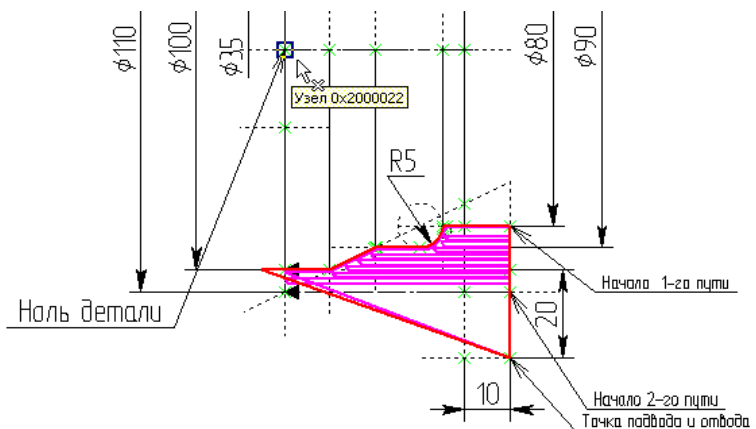



Рис. 101. Определение ОСК детали

Используя опцию , система просит указать узел, который определяет начало координат (ноль детали). После этого достаточ-



но воспользоваться кнопкой (Авторасчет) в окне «Параметры системы координат» и система T-Flex ЧПУ самостоятельно рассчитает недостающую ось создаваемой системы координат (рис. 102).

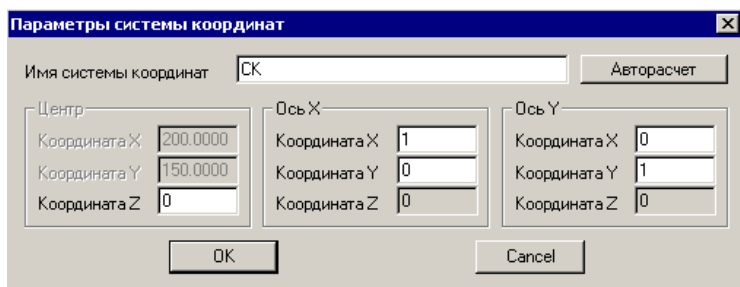


Рис. 102. Выбор параметров ОСК

Для того чтобы траектория обработки рассчитывались в соответствии с созданной относительной системой координат, эту систему координат в списке траекторий необходимо поставить перед траекторией обработки, переместив ее с помощью левой кнопки мыши, в начало списка траекторий (рис. 103).

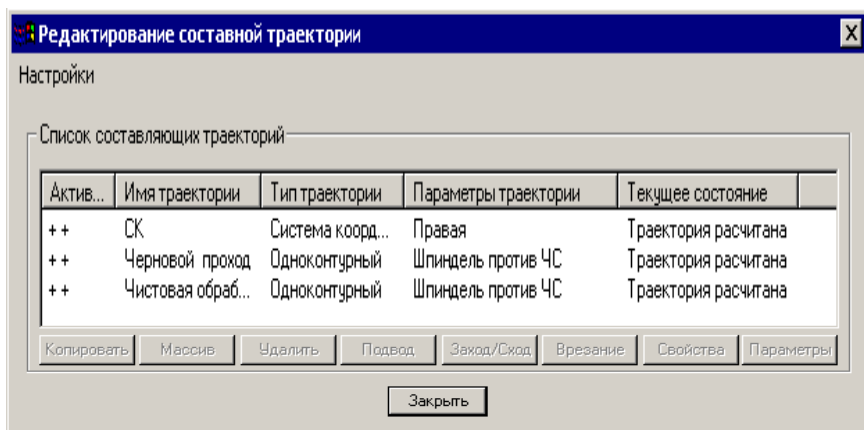


Рис. 103. Расстановка списка траекторий

Траектории будут рассчитаны относительно начала координат чертежа в соответствии с заданной относительной системой координат (рис. 104).

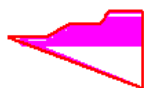
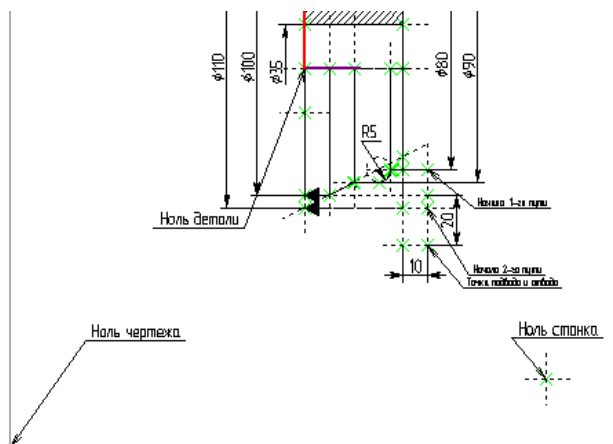


Рис. 104. Расположение траектории относительно «нуля» детали

Установку нуля детали рекомендуется осуществлять в конце разработки УП, так как в противном случае траектории будут создаваться со смещением, а не относительно контура детали.

Далее по рассчитанной траектории пользователь может осуществить процесс генерации (сохранения) управляющей программы с помощью команды «**ЧПУ Сохранение G-программы**» (рис. 105).

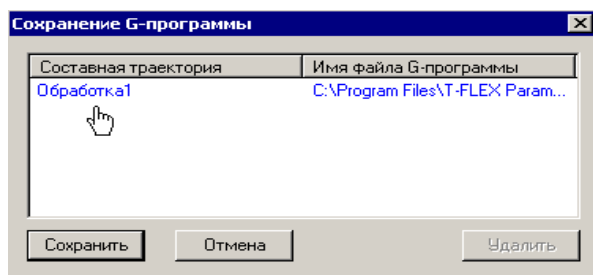


Рис. 105. Сохранение управляющей программы

В появившемся окне необходимо дважды нажать левую кнопку мыши, после чего появится окно диалога параметров сохранения составной траектории (рис. 106).

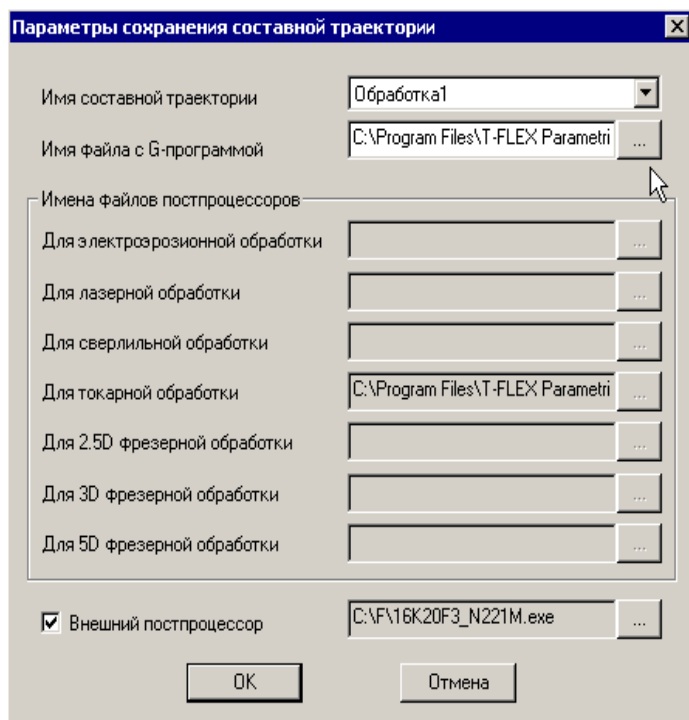


Рис. 106. Окно диалога сохранения составной траектории

В этом окне задаются имена необходимых для данного типа обработки внешнего постпроцессора и место сохранения управляющей программы. В качестве внешнего используется постпроцессор




16K20F3 N22-1M.exe

После всех проделанных действий пользователь имеет возможность просмотреть текст программы в папке «Диск C→Program Files→T-Flex Parametric CAD 2D→ЧПУ→Готовые УП→ Готовые УП 2 D» (рис. 107).

УП Ток-30.txt - Блокнот				
Файл	Правка	Формат	Вид	Справ
%				
N001G27F10600	N028F10030Z-002821			
N002G58	N029X+000100Z+000100			
N003M004S046T001	N030F10600Z+002721			
N004G10F70000Z+005000L21	N031F10300X-000230			
N005X+007500L11	N032F10030Z-002797			
N006G26	N033X+000100Z+000100			
N007F10300X-002260	N034F10600Z+002697			
N008F10030Z-004928	N035F10300X-000230			
N009X+000100Z-000100	N036F10030Z-002747			
N010F10600Z+004828	N037X+000100Z+000100			
N011F10300X-000230	N038F10600Z+002647			
N012F10030Z-004773	N039F10300X-000330			
N013X+000100Z+000100	N040F10030Z-002500			
N014F10600Z+004673	N041G30X+000400Z-000400I+000400			
N015F10300X-000230	N042G20X+000100Z-000100K+000100			
N016F10030Z-004513	N043G10Z-000976			
N017X+000100Z+000100	N044X+000489Z-000979			
N018F10600Z+004413	N045X+002411Z+004955			
N019F10300X-000230	N046X-003500			
N020F10030Z-004253	N047Z-002500			
N121X+000100Z+000100	N048G30X+000500Z-000500I+000500			
N022F10600Z+004153	N049G10Z-001000			
N023F10300X-000230	N050X+000500Z-001000			
N024F10030Z-003993	N051Z-000500			
N025X+000100Z+000100	N052X+002500Z+005500			
N026F10600Z=003893	N053G40			
N027F10300X-000230	N054G25Z+999999M005			
	N055G25X+999999			
	N056M00Z			

Рис. 107. Текст управляющей программы

Обработку полученной управляющей программы можно посмотреть в команде «**ЧПУ Имитация обработки**». В появившемся окне будет происходить имитация обработки сгенерированной пользователем управляющей программы (рис. 108).

Пользователь может управлять моделированием обработки посредством «пульты управления» 

Таким образом, возможен просмотр всего процесса обработки шаг за шагом, каждый кадр перемещения, даже в обратном порядке. В течение имитирования пользователь может визуально проверять траекторию, параллельно с этим система ведет также автоматический контроль правильности траектории обработки. Проверка УП производится на системе «ЧПУ – станок». Отлаженная УП записывается в электронный архив технической документации.

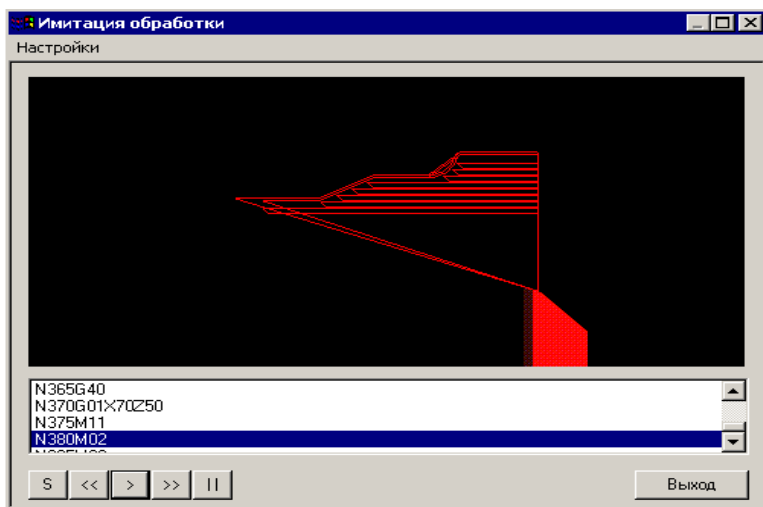


Рис. 108. Имитация отработки сгенерированной пользователем управляющей программы

### 3.5.1. Работа с постпроцессором

**Постпроцессор** – это модуль, преобразующий файл траектории движения инструмента и технологических команд, рассчитанный процессором САМ- или САД/САМ-системы, в файл управляющей программы в строгом соответствии с требованиями методики ручного программирования конкретного комплекса «станок-система с ЧПУ». Постпроцессор выполняет немало функций, например:

- кодирует линейные перемещения согласно цене импульса;
- выполняет линейную или круговую интерполяцию перемещений по дуге окружности, а также кодирует их в импульсах;
- рассчитывает динамику перемещений, отслеживая и, если нужно, уменьшая слишком большую подачу на малом перемещении («станок не успеет разогнаться»);
- автоматически выдает в кадр вектора или функции коррекции на радиус инструмента;
- строит текущий кадр по шаблону, автоматически нумеруя кадры под адресом N;

- превращает поддачи, назначенные технологом, в конкретный набор символов с адресом F и выдает в нужное место кадра;
- оформляет как начало, так и конец УП, а также структуру кадра.

**Постпроцессор для токарной обработки.** Набор команд для устройства ЧПУ модели H22-1M, используемых в управляющих программах, подразделяются на подготовительные и вспомогательные.

**Подготовительные команды.** Слова подготовительных команд содержат символ **G** (адрес), за которым следуют две цифры, определяющие тип команды и определяющие характер работы. Каждая из подготовительных команд линейной и круговой интерполяции имеет три модификации для нормальных, длинных и коротких размеров. Признак нормальных, длинных или коротких размеров влияет только на разрядность геометрической информации, задаваемой в кадре по адресам X, Z, I, K. Диапазон изменения геометрической информации: для длинных размеров 000000÷999999 импульсов, для нормальных 00000÷99999, для коротких 0000÷9999. Действие любой подготовительной команды группы осуществляется до ввода иной команды этой группы, которая отменяет действие ранее заданной команды.

Подготовительные команды можно разбить на три группы.

**Первая группа команд** определяет характер траектории движения инструмента.

**Команды линейной интерполяции.** Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой. Геометрическая информация о величине и направлении перемещений задаётся по адресам X и Z в импульсах (дискретах). Цена импульса: по оси Z – 0,01мм, по оси X – 0,005мм. Режим линейной интерполяции определяется заданием соответствующей команды:

- **G01** – нормальные размеры (пример кадра: N003G01X-00630Z-00400.....)
- **G10** – длинные размеры;
- **G11** – короткие размеры.

**Команды круговой интерполяции.** Круговая интерполяция осуществляется только в режиме работы в относительных координатах.

натах (в приращениях), задаваемом подготовительной командой **G26**. В одном кадре УП возможно задание дуги, лежащей в пределах одного квадранта. Характер круговой интерполяции определяется заданием соответствующей команды:

- **G02, G20, G21** – круговая интерполяция по часовой стрелке соответственно для нормальных, длинных и коротких размеров;
- **G03, G30, G31** – круговая интерполяция против часовой стрелки соответственно для нормальных, длинных и коротких размеров.

Геометрическая информация о величине и направлении перемещений при круговой интерполяции задаётся по адресам X, Z, I, K.

По адресам I и K указываются координаты начальной точки дуги относительно её центра соответственно по осям X и Z. Знак начальных координат дуги всегда задаётся положительным.

По адресам X и Z указываются приращения координат ( $\Delta x$ ,  $\Delta z$ ) конечной точки дуги относительно начальной. Знак приращения (как и при линейной интерполяции) определяется в зависимости от того, с каким направлением координатных осей совпадает направление движения при обработке.

Пример фрагмента программы:

```
.....  
G26  
G21X+2000Z-1000K+1000.....  
G31X+2000Z-1000I+1000.....  
.....
```

**Команды второй группы** определяют систему координат, в которой будет задаваться геометрическая информация о перемещениях. Устройство ЧПУ модели H22-1M допускает задание перемещений двумя способами:

- **G26** – осуществляется работа в приращениях;
- **G27** – осуществляется работа в абсолютной системе координат станка.

Команды данной группы взаимно отменяют друг друга. Как правило, эти команды задаются в начале программы в кадре, содержащем только технологическую информацию (т.е. по адресам F, S, T, M).

**Команды третьей группы** действуют только в том кадре, где они заданы:

- **G04** – задаёт перерыв в отработке программы на определённую величину времени по определённым правилам;
- **G40** – используется для отмены ранее заданной коррекции геометрической информации;
- **G25** – обеспечивает возврат инструмента в нулевую точку станка;
- **G33** – задаёт режим нарезания резьбы;
- **G58** – обеспечивает смещение нулевой точки станка относительно нулевой точки, принятой в программе (ноль детали).

Команды G25, G33, G58 автоматически предполагают использование длинных размеров.

**Вспомогательные команды** задаются словом, содержащим адрес **M** и трёхзначное кодовое число. Они определяют выполнение различных вспомогательных технологических операций (включение и выключение шпинделя и охлаждения, останов и т.п.)

Формат команды: **M** x **xx** где, **x** – признак выдачи сигнала «ответ от станка», **xx** – код вспомогательной команды.

Коды вспомогательных команд, используемых в станке модели 16K20ФЗС5 с устройством ЧПУ модели H22-1M:

- **M\_00** – **останов по программе** (безусловный), останов без потери информации в регистрах УЧПУ по окончании обработки кадра (происходит останов шпинделя, подачи, отключение охлаждения, т.е. отменяет команды M 03, M 04, работа по программе возобновляется нажатием кнопки «Работа» на пульте оператора станка);

- **M\_01** – **останов с подтверждением** (условный), аналогична M 00, но выполняется только при предварительном подтверждении с пульта оператора нажатием клавиши «Технологический останов»;

- **M\_02** – **конец программы**, указывает на завершение отработки программы и выполняется аналогично команде M 00, но дополнительно включает сигнальную лампу КП (конец программы) на пульте оператора УЧПУ. Для продолжения работы по следующей программе необходимо осуществить «СБРОС» УЧПУ;



- **M\_03** – *вращение шпинделя по часовой стрелке*, включает шпиндель в «обратном» направлении, отменяет действие команд M 02, M 04, M 05;

- **M\_04** – *вращение шпинделя против часовой стрелки*, включает шпиндель в «прямом» направлении, отменяет действие команд M 02, M 03, M 05;

- **M\_05** – *останов шпинделя*, остановка вращения шпинделя и отключение охлаждения;

- **M\_08** – *включение охлаждения*;

- **M\_09** – *отключение охлаждения*.

К **технологическим командам** относятся следующие команды.

**Подача** – скорость подачи задаётся по адресу **F** пятью десятичными цифрами. Ввод кода подачи в программе возможен как отдельным кадром, так и вместе с информацией, которая будет обрабатываться с данной скоростью. Введённая величина подачи сохраняется на всё время дальнейшей обработки до ввода новой величины подачи.

В УЧПУ модели H22-1M возможно задание двух диапазонов скоростей рабочих подач и быстрого хода. Кодирование команды подачи в различных диапазонах приведено в каждом варианте задания.

**Частота вращения шпинделя** – задаётся по адресу **S** тремя десятичными цифрами. Формат команды: **S x xx**, где **x** – признак выдачи сигнала о выполнении команды, **xx** – код частоты вращения. Признак выдачи сигнала о выполнении команды принимает лишь два значения 0 и 1. Если 0, то подтверждающего сигнала от станка не требуется и выполнение команды, заданной по адресу **S**, начинается одновременно с обработкой геометрической информации. Если признак равен 1, то обработка следующего кадра начинается только после ответа от станка о выполнении команды, заданной по адресу **S**. В двух младших разрядах слова по адресу **S** задаётся код частоты вращения шпинделя. Частоты расположены в трёх диапазонах:

1) коды **S 11, S 12, ...S 19** – соответствуют частотам вращения 12,5, 18, 25, 35,5, 50, 71, 100, 140, 200 об/мин.;

2) коды S 21 .... S 29 – соответствуют частотам вращения 50, 71, 100, 140, 200, 280, 400, 560, 800 об/мин.;

3) коды S 41 .... S49 – соответствуют частотам вращения 125, 180, 250, 355, 500, 710, 1000, 1400, 2000 об/мин.

Рекомендуется с кодом подачи S ставить в одном кадре код вспомогательной команды M03 или M04.

**Выбор инструмента** – смена режущего инструмента программируется по адресу T трёхзначным кодом.

Формат команды: T x xx , где x – признак выдачи сигнала «от-вет от станка», xx – код инструмента. Для токарного станка модели 16K20Ф3 с 6-ти позиционной резцедержавкой в качестве кода по адресу используются номера позиций резцедержавки, в которых в соответствии с картой наладки установлен необходимый для выполнения технологической операции инструмент:

- T\_01 – инструмент из 1-й позиции;
- T\_02 – инструмент из 2-й позиции;
- .....
- T\_06 – инструмент из 6-й позиции.

**Команда коррекции перемещений** – задаётся по адресу L двумя разрядами, указывающими тип коррекции и номер корректора. Для компенсации износа или разницы в установке инструментов перед началом отработки программы величины коррекции должны быть заданы на декадных переключателях пульта коррекции УЧПУ.

Величины коррекции, набранные на переключателях, считываются в кадрах, содержащих адрес L, и суммируются с величинами содержащейся в том же кадре геометрической информации (значениями приращений координат или конечными значениями перемещений). В устройстве возможен ввод коррекции по одной из осей или по двум, при этом в младшем разряде адреса L должен быть указан номер пары переключателей (1 – 9), в старшем – тип коррекции:

- 1) по оси X (набирается на первом переключателе пары);
- 2) по оси Z (набирается на втором переключателе пары);
- 3) по осям X и Z (набирается на двух переключателях).

Коррекция представляется числом дискрет по 0,01 мм по оси Z и по 0,005 мм по оси X, максимальная величина коррекции  $\pm 9999$

дискрет. Перед вводом коррекции в программе всегда должен быть установлен режим линейной интерполяции (G01, G10, G11). При работе интерполятора в режиме приращений (G26) вводимые в кадре, содержащем адрес Lmn приращения суммируются со значениями величин коррекции на переключателях mn, полученные новые значения приращений обрабатываются интерполятором.

Вспомогательной командой для отмены коррекции является команда G40. При вводе в кадре этой команды и адреса Lmn набранная на пульте коррекция m, n вводится с противоположными, чем на пульте, знаками при работе в приращениях или блокируется при работе в абсолютной системе.

### 3.5.2. Контроль УП с помощью T-FLEX NC-TRACER 2D

Данный программный продукт позволяет просматривать созданные управляющие программы для двухкоординатной обработки (токарная обработка, растачивание, осевое сверление и другие операции возможные на токарных обрабатывающих центрах).

После запуска программы «T-FLEX NC-TRACER 2D» на экране появится рабочее окно, в котором пользователь сможет проводить просмотр УП, вносить в них изменения и сохранять.

После открытия файла с управляющей программой:

- если файл с инструментом не был создан, был сохранён в другую директорию или имеет имя отличное от названия файла с УП, будет выдаваться сообщение (рис. 109);

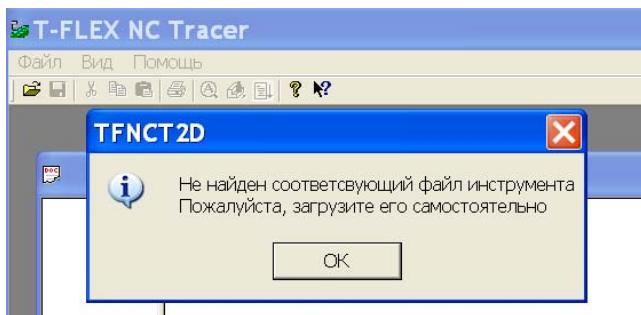


Рис. 109. Сообщение при отсутствии файла-инструмента

- если имя файла УП и файла с инструментом одинаковы и находятся в одной директории, то сообщение выдаваться не будет, файл с инструментом считывается автоматически.

Для того чтобы указать требующийся файл с инструментом, необходимо войти в меню «Инструмент» далее «Загрузить инструмент» (рис. 110).

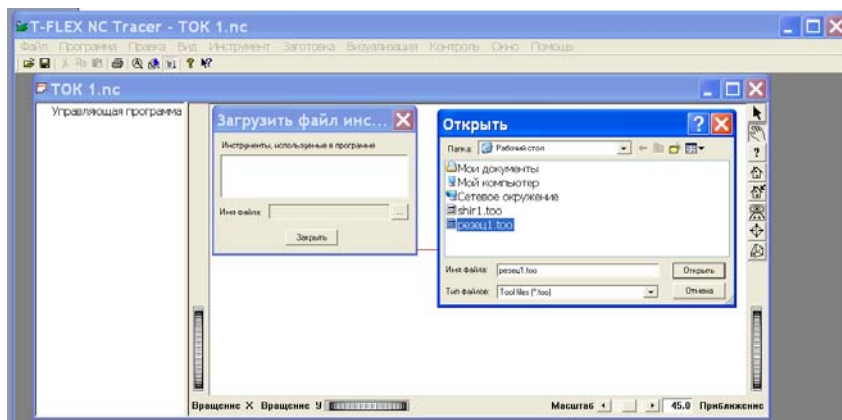


Рис. 110. Загрузка файла-инструмента

После загрузки файла с инструментом необходимо нажать кнопку «Заккрыть». Если инструмент выбран правильно будет выдано сообщение «Инструмент прочитан успешно», в противном случае появится сообщение об ошибке. В этом случае нужно повторить загрузку. Если файл с инструментом не был создан предварительно, то у пользователя есть возможность создать необходимый файл непосредственно в модуле «T-FLEX NC-TRACER 2D». Для того чтобы использовать данную возможность, необходимо войти в меню «Инструмент» далее «Редактор инструмента». Новый файл необходимо создать таким образом, чтобы в нём содержался весь список используемого в управляющей программе инструмента, иначе при автоматической установке файла с инструментом сообщение о неверной загрузке выдаваться не будет. Также у пользователя не будет возможности запустить УП на выполнение. После активации опции «Редактор инструмента» на экране появится ра-

бочее окно редактора. В данном редакторе пользователь имеет возможность создавать новый или редактировать уже существующий файл с инструментом. Произведя все приведенные выше действия по открытию файла с УП и загрузке инструмента, получаем уже на данном этапе возможность просмотра УП. Но для наглядности процесса обработки программы необходимо задать параметры заготовки. Для этого необходимо:

- активизировать рабочее окно, одиночным нажатием левой клавиши мыши, предварительно поместив курсор внутрь этого окна;
- войти в меню «Заготовка» далее «Параметры» после чего на экране появится окно, в котором вы можете установить вид заготовки: полый или сплошной цилиндр, или использовать в качестве заготовки трёхмерную модель, созданную предварительно в «T-FLEX CAD 3D»

Выбрав необходимый вид заготовки, устанавливаем габаритные размеры заготовки как на рис. 111.

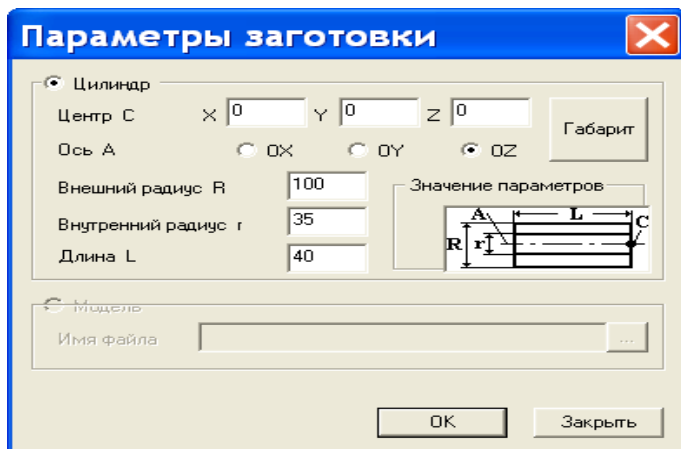


Рис. 111. Задание параметров заготовки

В том случае если вам неизвестны предварительные размеры, то их можно подобрать опытным путем. Используя кнопку «Габарит», в окне «Параметры заготовки» получаем заготовку с вписанными в

неё траекториями движения инструмента и точками подвода|отвода. Введя данные и нажав кнопку «ОК», получим заготовку необходимой формы и размеров. Нажатие кнопки «Заккрыть» приводит к выходу из диалога задания параметров заготовки без применения введённых значений.

Рабочее поле «T-FLEX NC-TRACER 2D» делится на два окна. Правое окно содержит траектории движения инструмента и заготовку, левое окно предназначено для просмотра УП (рис. 112).

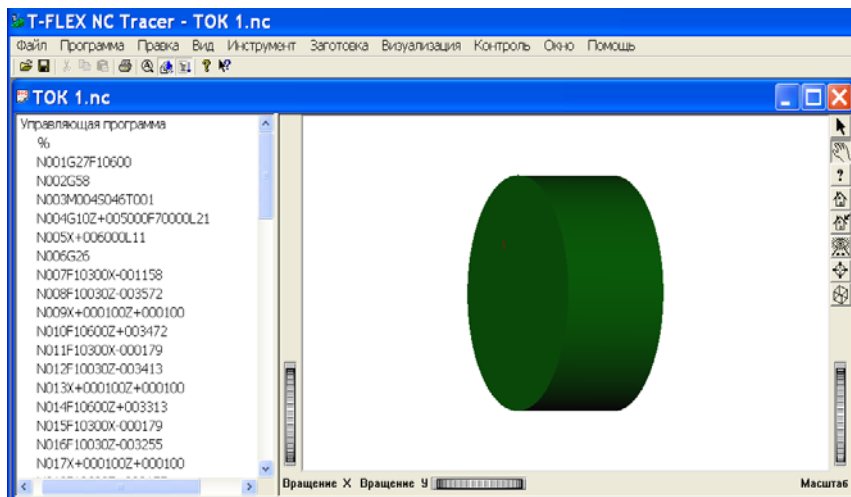


Рис. 112. Рабочее поле «T-FLEX NC-TRACER 2D»


Первоначально окно просмотра УП не содержит текста самой УП. Вывести текст программы в окно просмотра можно двойным щелчком клавиши мыши на строке «Управляющая программа». В случае, когда размеров просмотра УП недостаточно, необходимо войти в меню «Вид|Расщепить», после чего произойдёт автоматическая привязка курсора мыши к границе окна, что позволит вам быстро создать окно необходимых размеров. В процессе изменения размеров окна для просмотра УП, траектории движения инструмента и заготовки, содержащиеся в соседнем окне, могут частично выйти из области видимости рабочего окна. Для того чтобы вернуть траектории с заготовкой в зону видимости рабочего окна и


придать оптимально положение при отработке УП вам необходимо воспользоваться опциями меню «Вид» или специальным набором клавиш на клавиатуре, а именно:

- автомасштаб;
- масштабировать вид, необходимо нажать «Shift» + «Ctrl» + левая кнопка «мыши» и одновременно перемещать «мышью» курсор;
- сдвинуть вид, необходимо нажать «Shift» + левая кнопка «мыши» и одновременно перемещать «мышью» курсор;
- повернуть вид, необходимо нажать левую кнопку «мыши» и производить вращение модели.

Опцией «Автомасштаб» или аналогичной иконкой, вы можете пользоваться только после активации рабочего окна имитатора.

Придав заготовке необходимое положение, в процессе имитации вы можете приступить непосредственно к просмотру выполнения УП. Для этого необходимо воспользоваться опцией «Анимация»

меню «Визуализация» или нажать «иконку»  АНИМАЦИЯ на панели инструментов. После этого произойдет формирование твердотельной заготовки и появится возможность запустить УП на обработку. Для этого необходимо войти в меню «Визуализация» и выбрать опцию «Старт». Запустив имитатор на отработку, наблюдаем перемещение режущего инструмента в соответствии с координатами, содержащимися в кадрах УП, с одновременным прокручиванием УП и подсвечиванием обрабатываемого кадра. В том случае, если нет необходимости просматривать все кадры УП или требуется ускорить процесс отработки программы, можно воспользоваться опцией «Прокрутка» в меню «Визуализация» или иконкой

 Прокрутка на панели инструментов для отключения последовательного просмотра всех кадров УП. По умолчанию последовательный просмотр всех кадров УП включён. После просмотра выполнения УП в том случае, если какие-то кадры программы не устраивают технолога-программиста, у него есть возможность внести необходимые изменения в программу непосредственно в окне просмотра. После внесения исправлений необходимо войти в меню «Программа» далее опция «Пересчитать». После этого при запуске

отредактированной УП на выполнение, будут обрабатываться все её кадры с учётом внесённых в них изменений. В процессе редактирования можно использовать ряд функций, находящихся в контекстном меню. Активировать данное контекстное меню можно одним нажатием правой клавишей мыши, при этом курсор должен находиться в поле окна для просмотра УП.

Функции: «Выполнить до строки» и «Вставить точку останова» позволяют производить останов обработки УП в необходимом кадре. Для того чтобы установить метку, необходимо подвести курсор мыши к нужной строке, вызвать контекстное меню и выбрать одну из данных функций. По достижении помеченного кадра появится сообщение: «Достигнута точка останова».

В результате использования функции «Выполнить до строки» (после появления сообщения), для продолжения обработки УП необходимо войти в меню «Визуализация» и выбрать опцию «Старт». Обработка УП будет происходить с первого кадра, но с сохранённой в имитаторе предшествовавшей останову обработкой (то есть обработка будет осуществляться без съёма материала). В противном случае вы должны снова сформировать твёрдотельную заготовку.

В результате использования функции «Вставить точку останова» (после появления сообщения) для продолжения обработки УП необходимо войти в меню «Визуализация» и выбрать опцию «Старт». Обработка УП будет происходить со следующей по порядку строки (рис. 113).

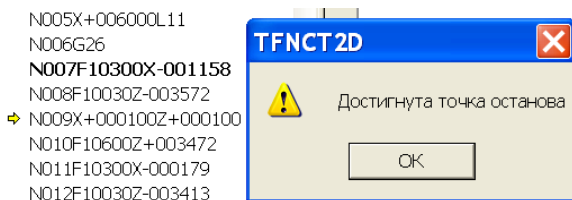


Рис. 113. Пример обработки программы до точки останова

Функция «Убрать точку останова» позволяет удалить неверно установленную точку останова. Для этого необходимо указать



строку УП, на которой неверно установлена точка останова, активировать контекстное меню и использовать данную функцию.

Использование функции «Включить\Выключить строку» позволяет увидеть как поведёт себя режущий инструмент в процессе выполнения УП не содержащей помеченную строку. Для того чтобы установить метку, необходимо подвести курсор мыши к нужной строке, вызвать контекстное меню и выбрать данную функцию. Удаление метки происходит в обратном порядке.

При использовании функции «Убрать всё» происходит удаление всех меток установленных в тексте УП находящемся в окне просмотра.

Использование функции «Найти» позволяет осуществлять быстрый поиск командных функций или переход на необходимую строку УП для последующего её редактирования. После вызова данной функции появляется диалог, в котором нужно указать параметры необходимые для поиска (рис. 114).

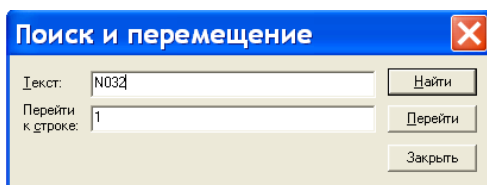


Рис. 114. Пример окна поиска

Закончив редактирование УП, можно её сохранить с новым именем, используя опцию «Сохранить» в меню «Программа».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дальнейшая интенсификация промышленного производства привела к широкому применению гибких производственных систем, реализованных на базе станков с программным управлением, промышленных роботов-манипуляторов, средств вычислительной техники и вышла за рамки чисто технической проблемы. Она требует решения целого ряда организационных, научно-технических и

учебно-методических вопросов, в том числе связанных с подготовкой квалифицированных кадров.

Для эффективного решения проблем комплексной автоматизации современному инженеру требуются глубокие знания как принципов работы оборудования с программным управлением, элементов его конструкции и технологических возможностей, так и методов программирования его работы.

Авторы постарались достаточно подробно осветить эти вопросы в данном пособии и надеются, что она окажется полезной не только студентам, изучающим курс «Системы программного управления», но и специалистам промышленности, занимающимся созданием гибких производственных систем (ГПС).

Изучив материал, изложенный в данном учебном пособии, читатель получит основные сведения об элементах ГПС. Дальнейшая специализация в данной области требует изучения методов комплексирования технологических объектов управления (станков, роботов, автоматизированных транспортно-складских систем и др.) с управляющими вычислительными комплексами с применением различных современных САПР, моделирования работы ГПС и оптимального выбора её структуры, вопросов автоматизации программирования работы оборудования с применением систем автоматизации проектирования и средств интерактивной машинной графики.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ**

1. Объясните особенности организации процесса «сквозного» проектирования-изготовления.
2. Перечислите основные программные продукты, входящие в комплекс T-FLEX.
3. Перечислите функциональные возможности САПР T-FLEX, используемые в лабораторном практикуме.
4. Объясните порядок подготовки УП для фрезерной обработки с использованием программы T-FLEX ЧПУ.
5. Дайте определение эквидистантного контура.

6. Укажите отличия в программировании эквидистантного и «прямоугольного» контуров.
7. Опишите структуру программ для фрезерной и токарной обработки.
8. Объясните механизм коррекции геометрических перемещений для фрезерной обработки.
9. Перечислите команды постпроцессора для фрезерной обработки, используемые в Вашей программе после генерации.
10. Распишите полную структуру кадра программы для фрезерной обработки.
11. Укажите особенности подготовки УП для токарной обработки в абсолютной и относительной системе координат.
12. Объясните механизм «увязки» СК станка с СК, связанной с деталью.
13. Объясните порядок подготовки УП для токарной обработки с использованием программы T-FLEX ЧПУ.
14. Перечислите команды постпроцессора для токарной обработки, используемые в Вашей программе после генерации.
15. Распишите полную структуру кадра программы для токарной обработки.
16. Расскажите о назначении системы NC-TRACER.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Гусев И.Т., Елисеев В.Г., Маслов А.А. Устройства числового программного управления: Учеб. пособие для техн. вузов. – М.: Высшая школа., 1986. – 296 с.; ил.
2. Елисеев В.Г., Чуканов А.С. Программирование обработки изделий физического приборостроения на фрезерном станке модели 6P13Ф3 с устройством ЧПУ модели H331M. – М.: МИФИ, 1983. – 84 с.
3. Елисеев В.Г., Бабыкин С.В. Программирование обработки изделий физического приборостроения на токарном станке модели 16K20Ф3 с устройством ЧПУ модели H221M. – М.: МИФИ, 1983. – 68 с.
4. T-Flex PARAMETRIC CAD Двухмерное проектирование и черчение, АО «Топ Системь», 2003 – 626 с.
5. T-Flex ЧПУ Подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ, АО «Топ Системь», 2003 – 216 с.

Виктор Григорьевич Елисеев,  
Вадим Михайлович Коробов,  
Николай Николаевич Милованов

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ  
T-FLEX

Учебное пособие

Редактор *Е.Н. Кочубей*

Подписано в печать 17.12.2009. Формат 60x84 1/16.

Печ.л. 9,25. Уч.-изд. л. 9,25. Тираж 100 экз.

Изд. № 044-1. Заказ №

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,  
115409, Москва, Каширское ш., 31