

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 03.06.2022 15:04:49  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра вычислительной техники

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
«» 2017 г.

## СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА В T-FLEX CAD

Методические указания по выполнению лабораторной работы  
по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования»  
для студентов специальности 09.04.01 «Информатика  
и вычислительная техника»

Курск 2017

УДК 004.92(942)

Составители: М.В. Бобырь, М.Ю. Лунева, А.С. Якушев

Рецензент

Доктор технических наук, профессор *И.В. Зотов*

**1. Создание параметрического чертежа в T-Flex CAD:** методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Системы автоматизированного проектирования» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: М.В. Бобырь, М.Ю. Лунева, А.С. Якушев. – Курск, 2017. – 37 с.: ил. 58, табл.1. – Библиогр.: с.37.

Рассмотрены базовые понятия создания параметрического чертежа. Показан пример построения параметрического чертежа в программном продукте T-Flex CAD. В учебно-методической работе содержатся задания для выполнения практических работ.

Методические указания соответствуют требованиям программы дисциплины «Системы автоматизированного проектирования».

Предназначены для студентов специальности 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника» дневной и заочной форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 10.11.17 Формат 60x84 1/16.

Усл.печ. л. Уч.-изд. л. Тираж экз. Заказ 1847 Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

# СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ЧЕРТЕЖА В T-FLEX CAD

## 1. Цель работы

Получение практических навыков по созданию параметрического чертежа в T-Flex CAD.

## 2. Основные теоретические положения

### **Параметрический чертеж (Параметрическое моделирование)**

– это технология, применяемая в проектах с зависимостями, которые представляют собой связи и ограничения, примененные к 2D и 3D геометрии.

Параметрическое моделирование существенно отличается от обычного двумерного черчения или трёхмерного моделирования. Конструктор в случае параметрического проектирования создаёт математическую модель объектов с параметрами, при изменении которых происходят изменения конфигурации детали, взаимные перемещения деталей в сборке и т. п.

Первые известные САПР с возможностью параметризации вышли в 1989 году. Первопроходцами были Pro/Engineer (трёхмерное твердотельное параметрическое моделирование) фирмы Parametric Technology Corporation и T-FLEX CAD (двумерное параметрическое моделирование) фирмы Топ Системы.

Различают *два* вида параметрического моделирования: *двумерное и трёхмерное.*

### **Двумерное параметрическое черчение и моделирование:**

Параметризация двумерных чертежей обычно доступна в САД-системах среднего и тяжёлого классов. Однако ставка в этих системах сделана на трёхмерную технологию проектирования, и возможности параметризации двухмерных чертежей практически не используются. Параметрические САД-системы, ориентированные на двухмерное черчение (лёгкий класс), зачастую являются «урезанными» версиями более продвинутых САПР.

### **Трёхмерное твердотельное параметрическое моделирование:**

Трёхмерное параметрическое моделирование является гораздо более эффективным (но и более сложным) инструментом, нежели

двумерное параметрическое моделирование. В современных САПР среднего и тяжёлого классов наличие параметрической модели заложено в идеологию самих САПР. Существование параметрического описания объекта является базой для всего процесса проектирования.

Также различают *четыре* типа параметризации: *табличная, иерархическая, вариационная (размерная) и геометрическая.*

### **Табличная параметризация**

Табличная параметризация заключается в создании таблицы параметров типовых деталей. Создание нового экземпляра детали производится путём выбора из таблицы типоразмеров. Возможности табличной параметризации весьма ограничены, поскольку задание произвольных новых значений параметров и геометрических отношений обычно невозможно.

Однако табличная параметризация находит широкое применение во всех параметрических САПР, поскольку позволяет существенно упростить и ускорить создание библиотек стандартных и типовых деталей, а также их применение в процессе конструкторского проектирования.

### **Иерархическая параметризация**

Иерархическая параметризация (параметризация на основе истории построений) заключается в том, что в ходе построения модели вся последовательность построения отображается в отдельном окне в виде «древа построения». В нем перечислены все существующие в модели вспомогательные элементы, эскизы и выполненные операции в порядке их создания.

Помимо «древа построения» модели, система запоминает не только порядок её формирования, но и иерархию её элементов (отношения между элементами). Пример: сборки → под сборки → детали.

Параметризация на основе истории построений присутствует во всех САПР, использующих трёхмерное твердотельное параметрическое моделирование. Обычно такой тип параметрического моделирования сочетается с вариационной и/или геометрической параметризацией.

### **Вариационная (размерная) параметризация**

Вариационная, или размерная, параметризация основана на построении эскизов (с наложением на объекты эскиза различных параметрических связей) и наложении пользователем ограничений в виде системы уравнений, определяющих зависимости между параметрами.

Процесс создания параметрической модели с использованием вариационной параметризации выглядит так:

- Создание эскиза (профиля) для трёхмерной операции с накладыванием необходимых параметрических связей.

- Затем на эскиз наносятся размеры, уточняются отдельные размеры профиля. На этом этапе отдельные размеры можно обозначить как переменные и задать зависимости других размеров от этих переменных в виде формул.

- Затем производится трёхмерная операция, значение атрибутов операции тоже служит параметром.

- В случае необходимости создания сборки взаимное положение компонентов сборки задаётся путём указания сопряжений между ними (совпадение, параллельность или перпендикулярность граней и рёбер, расположение объектов на расстоянии или под углом друг к другу и т. п.).

Вариационная параметризация позволяет легко изменять форму эскиза или величину параметров операций, что позволяет удобно модифицировать трёхмерную модель.

### **Геометрическая параметризация**

Геометрической параметризацией называется параметрическое моделирование, при котором геометрия каждого параметрического объекта пересчитывается в зависимости от положения родительских объектов, его параметров и переменных.

Геометрическая параметризация позволяет более гибко редактировать модели. Если надо внести незапланированное изменение, то в геометрии модели не обязательно удалять исходные линии построения, — можно провести новую линию построения и перенести на неё линию изображения.

### 3. Построение параметрического чертежа в T-Flex CAD

Создание параметрического чертежа будет рассмотрено на примере построения сквозного конического отверстия в плите. Рисунок 1 представляет собой пример чертёжа, который необходимо создать. Это - плита со сквозным коническим отверстием. Чертёж будет представлен в параметрическом виде, поэтому любые модификации будут автоматически отображаться на всех проекциях.

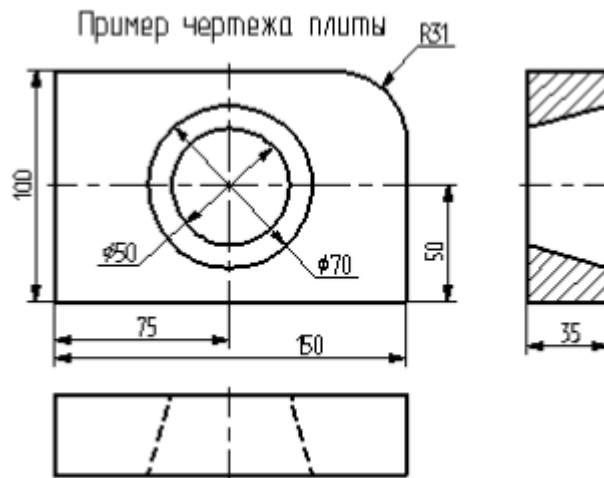


Рис. 1 Параметрический чертёж плиты со сквозным коническим отверстием



Построение начинается с главного вида плиты. Вначале выполняется построение в тонких линиях (линиях построения), а затем делается обводка линиями изображения. Далее, используя линии построения основного вида, достраиваются две проекции, с тем, чтобы они изменялись при изменении основного вида. Используя отношения между линиями построения, свяжем проекции между собой. Затем нанесём текст и размеры.

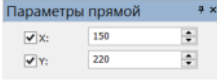
Ещё раз отметим, что каждая команда системы может быть вызвана различными способами: вводом названия в командной строке при помощи клавиатуры, выбором из текстового меню или при помощи инструментальной панели.


Начнем построения с помощью команды «L: Построить прямую». Вызовите команду (рис.2):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Прямая
Клавиатура	Текстовое меню
<L>	Построения > Прямая

Рис. 2 Методы вызова команды «L: Построить прямую»

Выберите пиктограмму  в верхней части автоменю. При движении курсора по полю чертежа за ним начнёт перемещаться динамическое изображение в виде двух перекрещивающихся линий. Текущие координаты точки пересечения отслеживаются в статусной строке. Указать положение точки пересечения линий можно несколькими способами. Самый простой – приблизительно, просто подведя курсор к центру чертежа и нажав . Для того, чтобы указать положение точки пересечения более точно, можно задать её точные


координаты в окне свойств. 

Для задания координат можно воспользоваться и диалогом параметров, вызываемом с помощью клавиши <P> или пиктограммы  в автоменю.

В результате будут созданы пересекающиеся прямые построения и узел в месте их пересечения.


Для создаваемого вида они играют роль базовых. В параметрах линий записаны абсолютные координаты. Перемещая базовые линии, можно будет располагать вид на чертеже там, где это необходимо.


**Примечание:** *Не используйте более двух базовых линий для свободного вида и не более одной для вида создаваемого по проекционным связям. Это обеспечит вам свободное перемещение изображений.*


В T-FLEX CAD команда остаётся активной до тех пор, пока не будет отменена или не будет вызвана другая команда. Отмена режима команды (одно нажатие ) уберёт изображение перекрестья, но команда останется активной. После отмены режима построения двух пересекающихся прямых необходимо подвести курсор к созданной вертикальной линии. Линия высветится и около курсора появится подсказка в виде названия выбираемого элемента. Это означает, что


работает объектная привязка. В этом случае отпадает необходимость пользоваться клавиатурой и некоторыми пиктограммами автоменю.

### **Примечание:**

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

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 CAD - задание отношений между элементами построений.

Расположите новую линию слева от помеченной вертикальной линии при помощи . Точное значение смещения можно указать в окне свойств или диалоге параметров. Созданная линия будет левой гранью детали.

Одно нажатие  отменит режим построения параллельных линий, но по-прежнему будет активна команда построения прямых (рис.3).

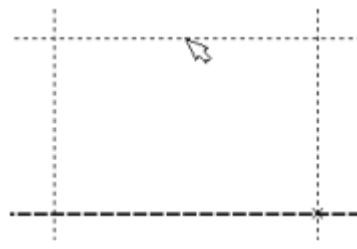




Рис.3 Построение прямых

Если это не так, то вызовите её повторно. Затем подведите курсор к горизонтальной прямой и нажмите . Выберется прямая, относительно которой будет строиться параллельная. Переместите курсор вверх, задайте при желании точное значение смещения в окне свойств и нажмите  для фиксации верхней грани детали. Следующий шаг - скруглить угол плиты. Для этой цели воспользуемся командой «С: Построить окружность». Вызовите команду (рис.4):



Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Окружность
Клавиатура	Текстовое меню
<C>	Построения > Окружность

Рис.4 Методы вызовы команды «С: Построить окружность»

Для изображения скругления верхнего правого угла плиты построим окружность, касательную к верхней и правой прямым (рис.5).

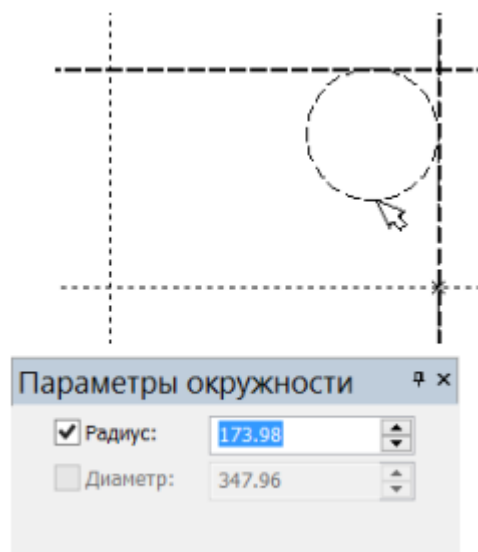





Рис.5 Построение окружности

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  зафиксировывает текущий радиус окружности. Точное значение радиуса можно задать в окне свойств.

Если результат построения окружности не совпал с рисунком 5, вызовите команду «UN: Отменить изменение» (рис.6):



Пиктограмма	Лента
	
Клавиатура	Текстовое меню
<UN>, <Ctrl> <Z>, <Alt> <BackSpace>	Правка > Отменить изменения

Рис.6 Методы вызова команды «UN: Отменить изменение»

Каждый вызов данной команды возвращает систему на один шаг назад. Если команда была вызвана ошибочно, отменить её действие можно с помощью команды «**RED: Возвратить изменение**» (рис.7):



Пиктограмма	Лента
	
Клавиатура	Текстовое меню
<RED>, <Ctrl> <BackSpace>	Правка > Повторить

Рис.7 Методы вызова команды “RED: Возвратить изменение”

При этом возвращается действие, которое было ошибочно отменено.

Удалить все линии построения и вернуться к началу создания чертежа можно, вызвав команду «**PU: Удалить лишние построения**» (рис.8):


Пиктограмма	Лента
	Редактирование → Дополнительно → Удалить лишнее
Клавиатура	Текстовое меню
<PU>	Правка > Удалить лишнее

Рис.8 Методы вызова команды «PU: Удалить лишние построения»

Эта команда удалит все элементы построения, и можно будет повторить построения. Также можно удалить отдельный элемент построения, используя команду «**ЕС: Изменить построения**» (рис.9):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Дополнительно → Линия построения
Клавиатура	Текстовое меню
<EС>	Правка > Построения > Линия построения

Рис.9 Методы вызова команды «EС: Изменить построения»

После вызова команды выберите элемент и удалите его с помощью клавиши **<Delete>** на клавиатуре или пиктограммы  в автоменю.

Теперь можно обвести построенную часть чертежа. Для этого создадим линии изображения в команде «**G: Нанести изображение**». Вызовите команду (рис.10):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Чертёж → Изображение
Клавиатура	Текстовое меню
<G>	Чертёж > Изображение

Рис.10 Методы вызова команды «G: Нанести изображение»

Заметьте, что если для вызова команды используются пиктограммы инструментальных панелей или текстовым меню, то при этом автоматически прекращается работа предыдущей команды, то есть сокращается одно лишнее действие. Начните обводку с верхнего левого угла плиты (рис.11).

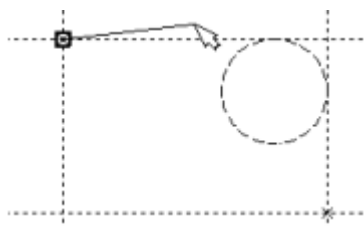





Рис.11 Начало обводки с верхнего угла плиты

Линии изображения автоматически привязываются к ближайшему пересечению линий построения. 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.

**Примечание:** Если в одной точке пересекается более двух линий построения, то не рекомендуется использовать для выбора узла клавишу **<Enter>** или . В этом случае лучше 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). Учтите вышесказанное для избежания ошибок при параметрическом изменении чертежа.

Переместите курсор к точке касания верхней линии и окружности и нажмите . Это должно выглядеть, как показано на рисунке 12.

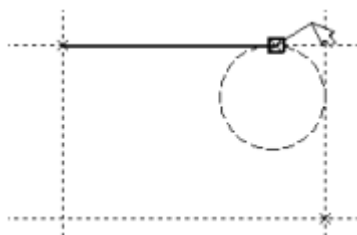


Рис.12 Точка касания верхней линии и окружности

Отметим, что система T-FLEX автоматически ставит узлы в конечные точки линий изображения, если они ещё 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>**. При этом выделится окружность. Направление дуги будет зависеть от положения курсора при указании окружности. Изменить направление дуги можно с помощью клавиши **<Tab>**.

Поставьте курсор чуть выше и левее второй точки касания, как показано на рисунке 13.

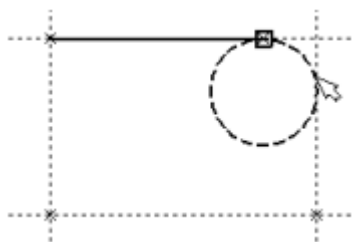



Рис.13 Начало формирования линии вдоль окружности

Затем нажмите  и линия изображения будет построена в направлении часовой стрелки до второй точки касания. Результат должен выглядеть, как показано на рисунке 14.

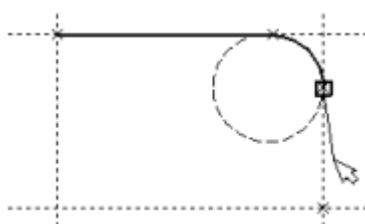



Рис.14 Завершение построения линии вдоль окружности

Продолжаем создание изображения. Укажите на правый нижний угол плиты, затем на левый нижний, и завершите построения в левом верхнем углу, с которого была начата обводка. Для завершения команды нажмите . Чертеж должен выглядеть, как показано на рисунке 15.

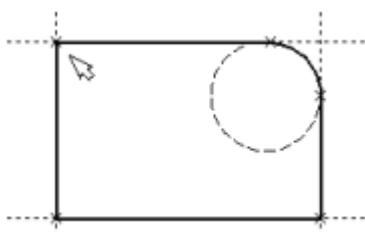





Рис.15 Чертеж плиты

Если обводка не получилась, то отредактировать линии изображения можно с помощью команды **«EG: Изменить изображение»**. Вызовите команду (рис.16):

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<EG>	«Правка Чертёж Изображение»	

Рис.16 Методы вызова команды «EG: Изменить изображение»

Переместите курсор к неверно созданной линии и нажмите . При этом линия изображения выделится, и её можно удалить 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  в одном из углов предполагаемого окна и, не отпуская её, переместить в другой угол.

Затем отпустить кнопку мыши. При перемещении курсора вслед за ним должен тянуться динамический прямоугольник. В результате будут помечены все элементы, полностью попавшие в область прямоугольника. Их можно будет удалить все одновременно.

Для повторного ввода линий изображения вызовите команду **«G: Нанести изображение»**. Для перерисовки экрана используйте клавишу *<F7>* в любой момент, если не все линии полностью высвечиваются после проведённых изменений. Когда нужное изображение получено, можно переходить к следующему этапу построения чертежа. Предварительно можно сохранить чертёж с помощью вызова команды **«SA: Сохранить документ»** (рис.17):

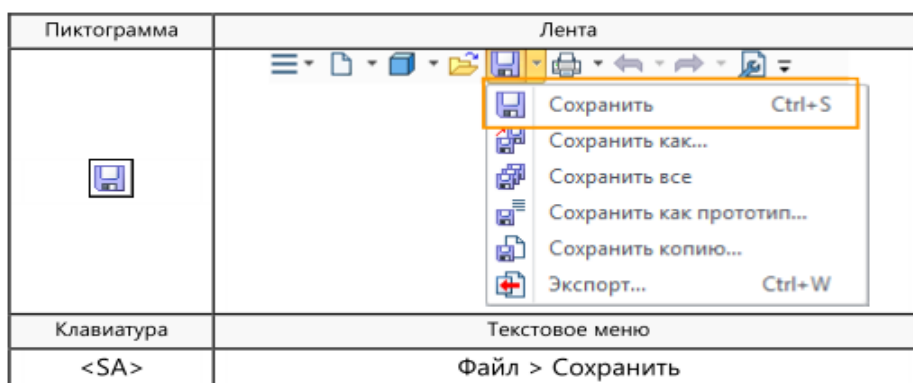


Рис.17 Методы вызова команды «SA: Сохранить документ»

Сейчас на чертеже использованы 5 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»** (рис.18):







Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Дополнительно → Линия построения
Клавиатура	Текстовое меню
<ЕС>	Правка > Построения > Линия построения


Рис.18 Методы вызова команды «ЕС: Изменить построения»


Переместите курсор к левой вертикальной прямой и нажмите . При этом прямая будет выделена цветом. При перемещении курсора слева направо вместе с ним будет перемещаться и выделенная прямая. Если указать с помощью  новое положение прямой, изменится ширина плиты. Обратите внимание, что изменение положений элементов построений влечёт мгновенное изменение «привязанных» к ним линий изображения. Если попробовать изменить положение правой части плиты, то вся плита будет перемещаться. Это происходит потому, что левая часть детали построена относительно правой, и при изменениях правой части сохраняется установленное отношение. Но левая часть может двигаться независимо от правой. Попробуйте то же с другими элементами построения, включая окружность. При перемещении элементов построения будут меняться размеры и форма плиты, сохраняя заданные при построении отношения.

После проверки возможности модификации детали верните чертёж приблизительно в исходное состояние, показанное на рисунке 15. *Перейдём к следующему элементу чертежа – коническому отверстию в центре плиты.*

Сначала необходимо определить центр будущей окружности. Если в команде «**L: Построить прямую**» включить опцию  (<U>), а затем указать по очереди две прямые (опция <L>), то в результате будет создана новая прямая, которая является осью симметрии двух выбранных. Когда указанные прямые пересекаются, новая прямая будет биссектрисой угла, образуемого выбранными прямыми. Если же исходные прямые параллельны, создаётся параллельная им прямая, располагающаяся посередине. Воспользуемся этой возможностью для определения центра плиты.

Вызовите команду построения прямых, выберите пиктограмму  в автоменю. Подведите курсор к правой границе плиты и укажите с помощью  её вертикальную прямую. За курсором начнёт

перемещаться динамическое изображение параллельной прямой. Не фиксируя её, подведите курсор к левому краю плиты и укажите с помощью  соответствующую ему вертикальную прямую. На чертеже появится новая вертикальная прямая, являющаяся осью симметрии выбранных, т.е. параллельная им и лежащая точно посередине. Аналогично постройте прямую, являющуюся осью симметрии для горизонтальных прямых верхнего и нижнего края плиты. Точка пересечения полученных прямых будет являться центром будущего отверстия.

Затем вызовите команду построения окружности, подведите курсор к пересечению построенных центральных прямых и нажмите  (рис. 19).

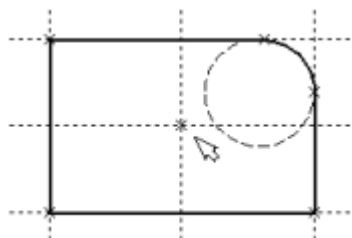







Рис.19 Начало построения окружности

Появится окружность, радиус которой будет изменяться в зависимости от положения курсора. Центром окружности будет узел, автоматически созданный на пересечении прямых. Зафиксируйте окружность с помощью . Как и при построении прямых, её радиус (диаметр) можно задать приблизительно положением курсора в момент нажатия клавиши мыши или точно в окне свойств. Заметьте, что после нажатия на  команда «С: Построить окружность» осталась активной.

Вторую окружность конического отверстия можно построить как концентрическую к первой. Для этого нажмите на пиктограмму  в автоменю или на клавишу <O>. Затем укажите с помощью  на уже построенную окружность. За курсором начнёт перемещаться динамическое изображение создаваемой окружности. Переместите курсор так, чтобы она была немного больше первой и зафиксируйте её с помощью  (рис.20).



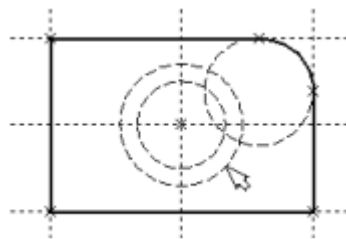




Рис.20 Построение второй окружности

Точное значение смещения второй окружности можно задать в окне свойств.

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

**Примечание:** *Построение второго и третьего вида не является необходимым для построения параметрического чертежа в 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. Последовательность выполнения этапов построения следующая:

Войдите в команду построения прямых и переместите курсор к линии построения, соответствующей правой границе плиты (рис.21).

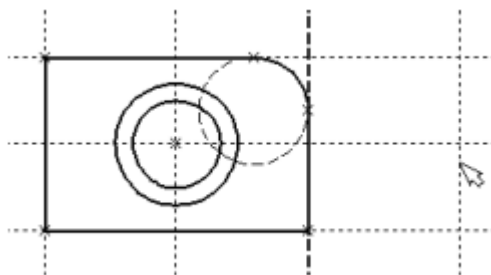




Рис.21 Построение правой границы

Нажмите . При этом выделится вертикальная линия построения, и новая параллельная вертикальная линия будет перемещаться за курсором. Это будет правая граница вида справа. Зафиксируйте её в нужном месте нажатием . Как и прежде, точное значение смещения относительно выбранной прямой можно задать в окне свойств.

Новая линия построена относительно правой границы плиты, поэтому при перемещении правой границы она будет перемещаться на такое же расстояние. Для переноса новой линии на другое расстояние следует воспользоваться командой редактирования линий построения. Но тогда уже вновь зафиксированное расстояние между видами будет сохраняться при изменении правой границы основного вида плиты. Отношения между элементами построения сохраняются до тех пор, пока не будут переопределены в команде редактирования линий построения.

Следующим шагом будет построение прямой левого края детали на виде справа. Прямая будет построена относительно правой границы вида спереди. Обратите внимание, что после создания первой прямой вида справа сохраняется привязка к правому краю плиты на виде спереди (соответствующая линия построения выделена, рис.22).

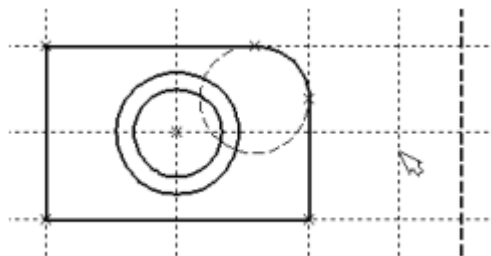





Рис.22 Выделенная линия построения

Нажмите один раз  для возврата на шаг назад в команде. Переместите курсор к только что созданной прямой и выберите её с помощью . Зафиксируйте её нажатием , задав её положение приблизительно с помощью курсора или точно в окне свойств.

Рекомендуется использовать именно правый край детали как базовую линию, а остальные вертикальные линии построения строить относительно неё. При таком методе построения имеются некоторые преимущества, связанные с положительным знаком относительного расстояния между линиями.

Теперь перейдём 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 (рис.23).

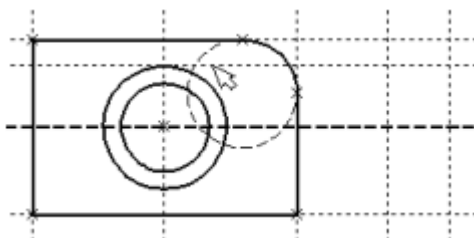




Рис.23 Построение двух параллельных прямых

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 (рис.24).

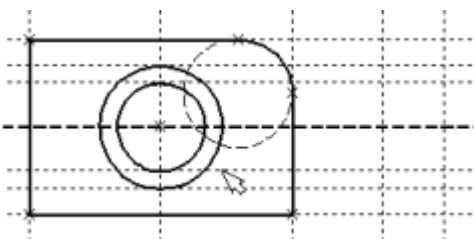




Рис.24 Построение касательной

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 4 угла на виде справа. Для этого лишь нужно подвести курсор к каждому из углов и нажать . Затем нажмите  для отмены выбора узла (рис.25).

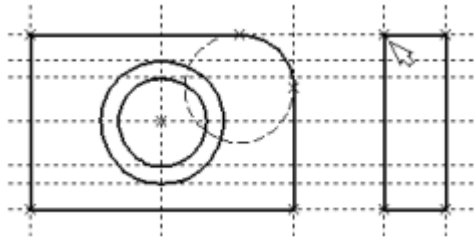


Рис.25 Обвод 4 углов на виде справа

Далее нанесём две линии, изображающие коническое отверстие. Теперь вид практически закончен, за исключением штриховки (Рис.26).

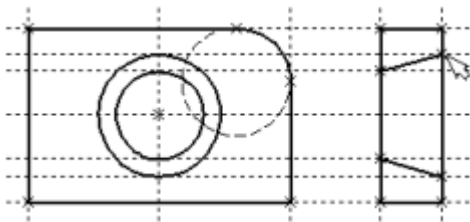


Рис.26 Нанесение конического отверстия

Создание штриховки осуществляется в команде «**Н: Создать штриховку**». Вызовите команду (рис. 27):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Чертёж → Штриховка
Клавиатура	Текстовое меню
<H>	Чертёж > Штриховка

Рис.27 Методы вызова команды «Н: Создать штриховку»

Если она не была установлена автоматически, включите опцию(рис. 28):




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

Рис.28 Включение опции 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. Затем воспользуйтесь клавишей <P> для вызова диалога параметров

штриховки. Это позволит выбрать тип и масштаб штриховки. После нажатия пиктограммы  в автоменю выделенная область будет заштрихована (рис. 29).

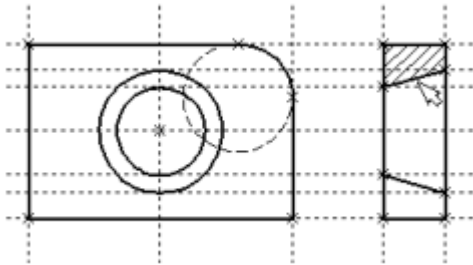


Рис.29 Штриховка верхней области

Проделайте те же действия для штриховки нижней части плиты (рис.30).

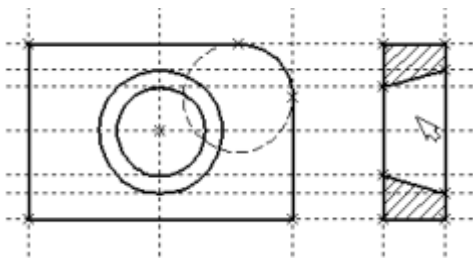



Рис.30 Штриховка нижней области

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  в автоменю (рис.31).

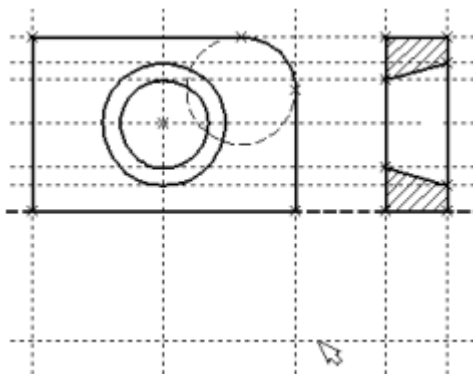





Рис.31 Штриховка сразу и верхней и нижней области

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 бы 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.

Для этого снова воспользуемся возможностью создания оси симметрии двух прямых. Поскольку проекционные прямые вида слева и вида сверху пересекаются под прямым углом, то их ось симметрии пройдет под требуемым углом 45°. Вызовите опцию , укажите на крайнюю правую прямую вида слева и нажмите или <**L**>. Прямая выделится. Затем сделайте то же самое для нижней прямой вида сверху. Возникнет новая прямая, которая проходит через точку пересечения под углом 45° (рис.32).

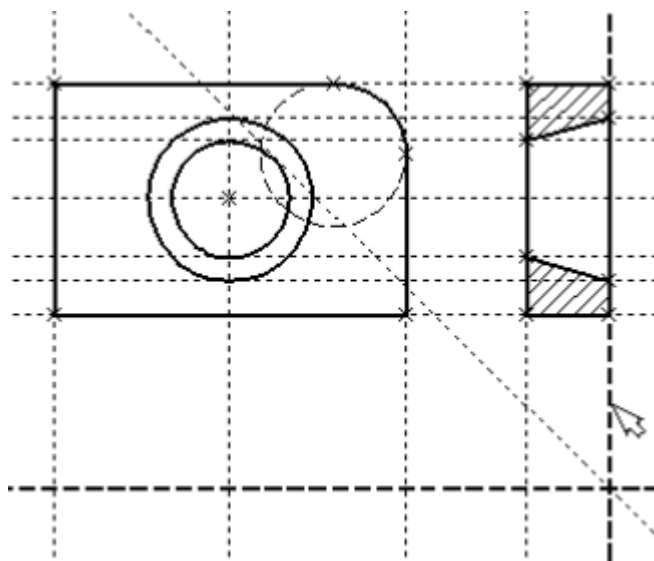


Рис.32 Прямая, проходящая через точку пересечения под углом 45°

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  $45^\circ$ , которую мы сейчас создали. Поставьте курсор в точке пересечения и нажмите клавишу *<Пробел>* (рис.33).

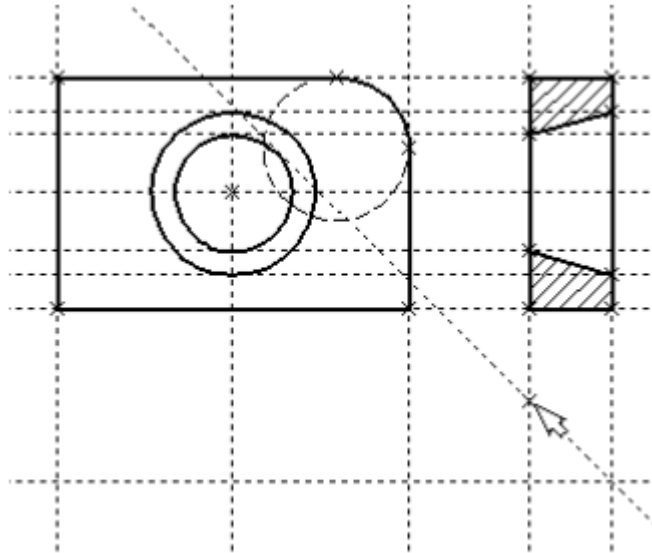


Рис.33 Расстановка узлов в точках пересечения

Для построения узлов можно также использовать команду «**N: Построить узел**» (рис.34):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Построения → Узел
Клавиатура	Текстовое меню
<N>	Построения > Узел

Рис.34 Методы вызова команды «N: Построить узел»

Вы по-прежнему должны находиться в команде «**L: Построить прямую**». Поставьте курсор и выберите прямую нижней границы вида сверху (рис.35).

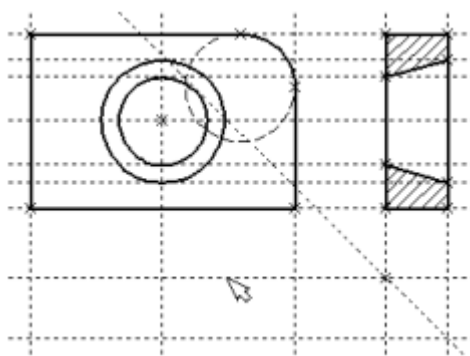


Рис.35 Выбор прямой нижней границы вида сверху

Это позволит нам построить прямую, параллельную нижней границе. Переместите курсор к только что построенному узлу и нажмите клавишу  $\langle N \rangle$ . При этом создастся прямая, параллельная выбранной и проходящая через указанный узел. 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, переместите 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 при создании бокового вида. В команде построения прямых выберите вертикальную прямую, а затем постройте 4 прямые, параллельные выбранной и касательные окружностям (рис.36).

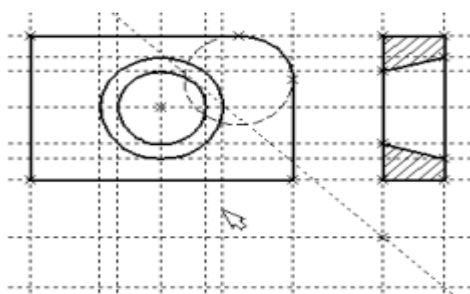


Рис.36 Начало построения конического отверстия

Теперь можно построить все линии изображения на виде сверху. С помощью команды «G: Создать изображение» обведите вид сверху по периметру (рис.37).



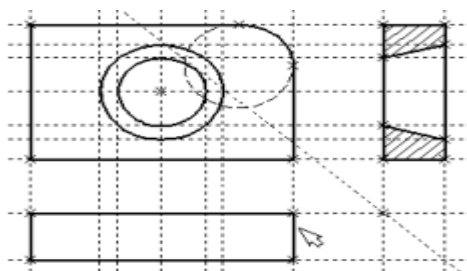


Рис.37 Обводка вида сверху по периметру

Следующий шаг - нанесение двух штриховых линий, соответствующих коническому отверстию. В системной панели установите тип линии “Невидимая” (рис.38).

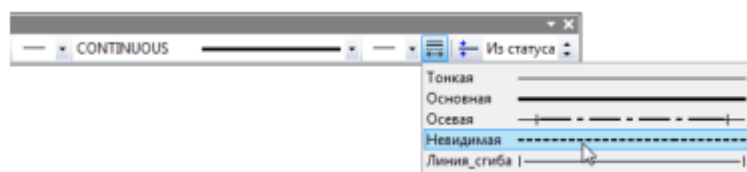


Рис.38 Установка типа линии

Затем создайте две штриховые линии конического отверстия (рис.39).

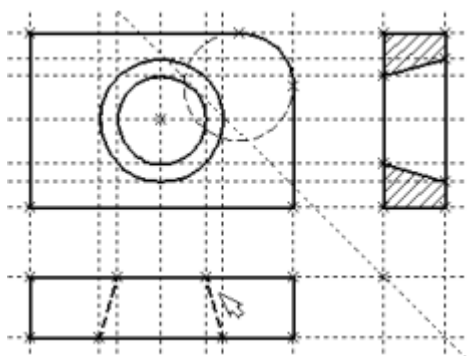


Рис.39 Создание двух штриховых линий конического отверстия

Теперь создадим осевые линии. Вызовите команду «АХ: Создать обозначение осей» (рис.40):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Чертёж → Оси
Клавиатура	Текстовое меню
<АХ>	Чертёж > Оси

Рис.40 Методы вызова команды «АХ: Создать обозначение осей»

Установите в автоменю опцию (рис.41):

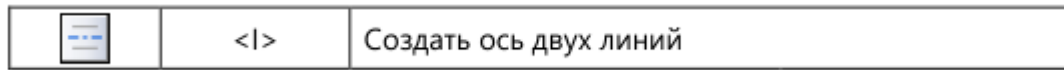




Рис.41 Опция «Создать ось двух линий»

Выберите с помощью  сначала левую, затем правую границу вида спереди. Нажмите пиктограмму  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 (рис.42).

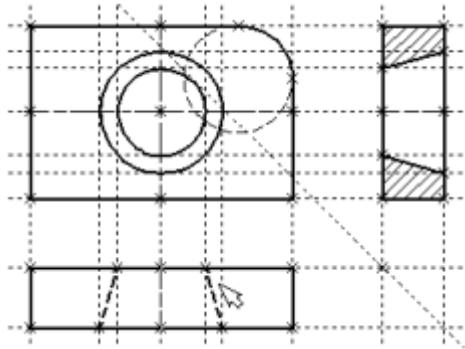




Рис.42 Создание осевых линий

Как можно было 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 опцию , то обрежутся все прямые.
4. Если вы захотите вернуться обратно к бесконечной длине прямых, то вызовите команду «**СТ: Задать параметры документа**» (рис.43):



Пиктограмма	Лента
	Редактирование → Документ → Параметры документа 
Клавиатура	Текстовое меню
<ST>	Настройка > Параметры документа

Рис.43 Методы вызова команды «ST: Задать параметры документа»

Выберите параметр **Вид > Линии построения > Длина** и задайте значение «По умолчанию бесконечные». Либо можно в команде «**ЕС: Изменить построения**» выбрать нужные линии, нажать клавишу **<P>** и установить соответствующее значение.

На рисунке 44 представлен чертёж с обрезанными линиями построения.

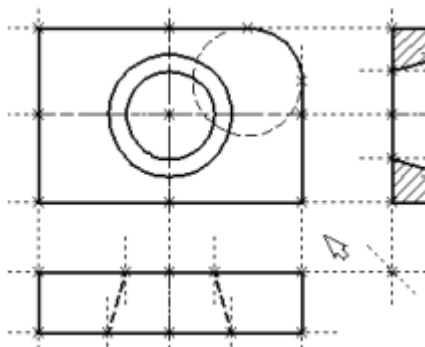


Рис.44 Обрезанные линии построения




Он менее насыщен, хотя все необходимые элементы построения на нем присутствуют. Линии построения по умолчанию не выводятся на принтер или плоттер, независимо от их длины.

Далее проставим на чертеже необходимые размеры.




1. Сначала создадим линейные размеры. Вызовите команду «**D: Создать размер**» (рис.45):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Оформление → Размер
Клавиатура	Текстовое меню
<D>	Чертёж > Размер

Рис.45 Методы вызова команды «D: Создать размер»

Можно выбрать любые две линии построения или изображения для простановки линейного или углового размера. Выберите две крайние прямые линии на главном виде с помощью . В результате вместе с курсором начнёт перемещаться появившийся размер. Если требуется изменить какие-либо параметры размера, нажмите **<P>** или опцию  в автоменю. На экране появится диалог параметров размера. После задания параметров и закрытия диалога зафиксируйте положение размера нажатием . Если требуется изменить величину размерных чисел, это можно поменять его в команде «**ST: Задать параметры документа**» на закладке **Шрифт**. На этой закладке устанавливаются параметры шрифта, для тех элементов модели, для которых они не заданы.

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

3. Диаметры и радиусы проставляются также просто. В команде «**D: Создать размер**» подведите курсор к нужной окружности и нажмите **<C>** или . Окружность выберется, и за курсором будет перемещаться изображение размера. Клавишами **<R>** и **<D>** или соответствующими пиктограммами  и  в автоменю можно переключаться из режима простановки радиуса в режим простановки диаметра и обратно (рис.46).

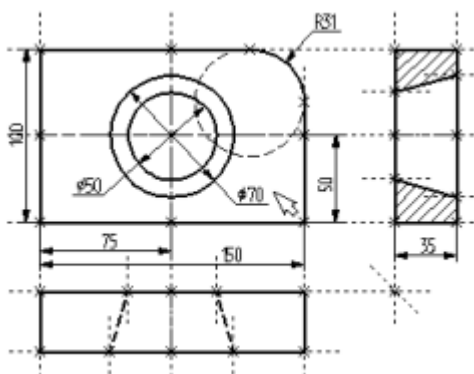



Рис.46 Простановка радиусов и диаметров

Клавишей **<M>** можно задать вид проставляемого размера. Клавиша **<Tab>** поможет установить выносную полку в нужном направлении. После указания курсором на нужное место нажмите . В результате на экране появится проставляемый размер. Прodelайте 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**» (рис.47):

Пиктограмма	Лента
	Редактирование → Документ → Уровни
Клавиатура	Текстовое меню
<SH>	Настройка > Уровни

Рис.47 Методы вызова команды «SH: Задать уровни отображения»

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

Легче всего представить себе уровни как прозрачные плёнки, на которых нанесены изображения, и из которых складывается целостная картинка. В системе существует возможность сделать невидимыми один или несколько уровней, оставив только те, которые необходимо 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 (рис.48), в котором можно установить диапазон видимых уровней для каждого типа элементов модели.

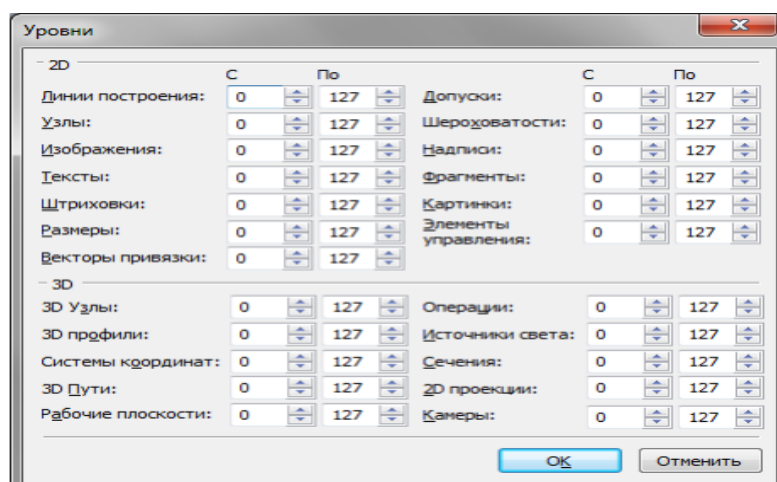


Рис.48 Диалоговое окно «Уровней»

Как видно на рисунке 48, по умолчанию видимыми являются все элементы, уровень которых находится в диапазоне от 0 до 127. Если установить значения нижнего уровня для линий построения и узлов в значение 1, на чертеже станут невидимыми 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 ещё и потому, что она гасит построения не для всего документа, а только для его текущего окна (рис.49).

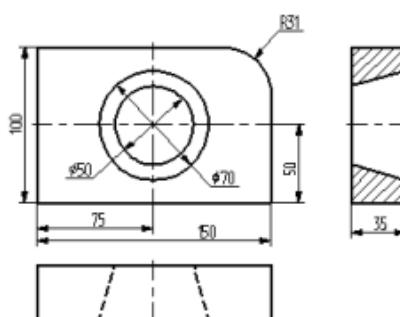


Рис.49 Убирание слоя линий построения

Таким образом, если открыто несколько окон одного чертежа, то в одних элементы построения могут присутствовать, а в других – отсутствовать.

Вызов команды (рис.50):

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

Рис.50 Вызов команды «Погасить построения»

5. Нанесём текстовую строку с названием чертежа с помощью команды «**ТЕ: Создать текст**». Вызовите команду (рис.51):

Пиктограмма	Лента
	Чертёж → Оформление → Текст
Клавиатура	Текстовое меню
<TE>	Чертёж > Текст

Рис.51 Методы вызова команды «ТЕ: Создать текст»

В автоменю команды включите опцию (рис.52):

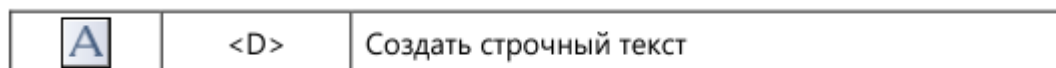



Рис.52 Опция «Создать строчный текст»

Текст можно «привязать» к любому элементу построения на чертеже для того, чтобы его положение изменялось вместе с изменением положения элементов чертежа. 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 в точку, где должен располагаться текст и нажмите .

На экране появится окно текстового редактора. Наберите в нем строку текста «Пример чертежа плиты» и нажмите на кнопку [ОК] (рис.53).

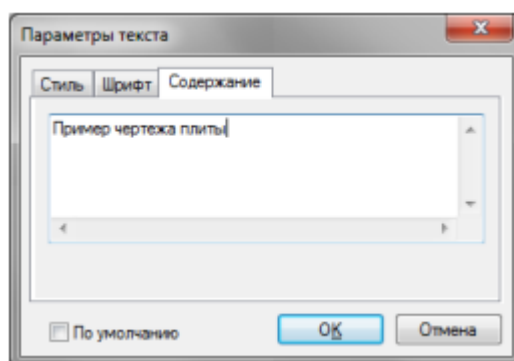




Рис.53 Диалоговое окно «Параметры текста»

Если текст расположился не в том месте, где планировалось, то можно легко это поправить. Выйдите из команды создания текста, укажите курсором на текст и нажмите . Автоматически будет запущена команда редактирования «ЕТ: Изменить текст». Выбранный текст начнёт перемещаться вслед за курсором. Переместите его в нужную позицию и снова нажмите . Команду редактирования текстов можно вызвать и принудительно (рис.54):










Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<ЕТ>	«Правка Чертёж Текст»	

Рис.54 Вызов команды редактирования текстов

**Примечание:** Текст можно нанести другим способом, непосредственно на поле чертежа. Для этого, находясь в команде **“ТЕ: Создать текст”**, установите опцию **<T>** – **“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 . В заданной области появится мигающий курсор, введите необходимый текст, предварительно проверив установку текущего языка. Нажмите пиктограмму  или клавишу **<F5>**.

Теперь чертёж завершён. Сейчас можно войти в команду редактирования элементов построения и попробовать переместить линии построения. При этом фиксировать новое положение линий построения можно как с помощью нажатия , так и с помощью задания точного значения положения линии в окне свойств или диалоге параметров (опция ). Заметьте, что весь чертёж, включая размеры, изменяется адекватно вносимым изменениям. Изменение диаметров конического отверстия моментально отслеживается на двух других проекциях. Штриховка также изменяется вместе с изменением определяющих её линий. Вы можете легко убедиться в том, какие мощные возможности появляются благодаря технологии параметризации.

Теперь мы назначим на различные элементы чертежа переменные и выражения. Выберите прямую левой границы основного вида с помощью .

Прямая подсветится, так же как и та, относительно которой она была построена. Вместе с тем, будет автоматически запущена команда редактирования линий построения. В окне свойств появятся параметры прямой: первоначальное значение расстояния от исходной прямой и текущее, отслеживаемое при перемещении курсора.

Поскольку мы создавали эту прямую как параллельную правой части плиты, этим расстоянием является расстояние между правой и левой сторонами плиты. Вместо конкретного значения можно



поставить переменную. Набейте вместо значения имя переменной «w» и нажмите <Enter> или [OK] (рис.55).

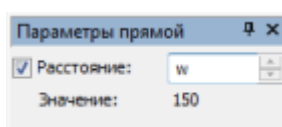


Рис.55 Ввод переменной

Появится новое диалоговое окно, в котором от вас потребуется подтвердить значение вновь создаваемой переменной (рис.56).

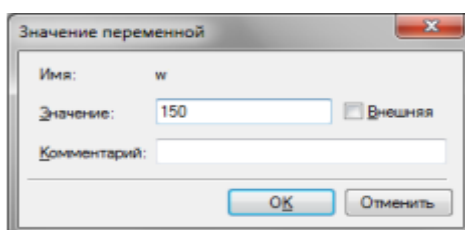


Рис.56 Подтверждение значения создаваемой переменной

**Примечание:** Необходимо отметить, что заглавные и прописные буквы не равны в имени переменной. Переменная «w» не является переменной «W».

Созданную переменную «w» и присвоенное ей значение можно увидеть в окне «Переменные», расположенном по умолчанию под окном свойств (рис.57).

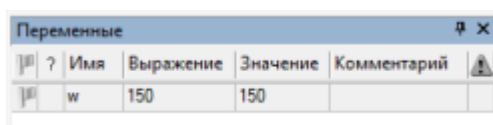






Рис.57 Диалоговое окно «Переменные»

Укажите курсором на число в графе «Выражение», нажмите  для входа в редактирование и задайте новое значение переменной, например, «170». Прямая переместится в новое положение, соответствующее новому значению ширины плиты. Те же самые действия можно выполнить в окне диалога команды «V: Редактировать переменные» (рис.58):

Пиктограмма	Лента
	Параметры → Переменные → Переменные
Клавиатура	Текстовое меню
<V>	Параметры > Переменные

Рис.58 Методы вызова команды «V: Редактировать переменные»

Аналогично задайте переменную «H» в качестве значения параметра (расстояния от исходной прямой) для верхней границы основного вида: выберите её на чертеже с помощью  и в окне свойств введите имя переменной. Теперь в окне «Переменные» будет уже две переменные, и вы можете, меняя их значения, наблюдать за изменением чертежа. Попробуйте задать выражение. В окне «Переменные» поместите курсор в поле «Выражение» переменной «H» и нажмите  для входа в редактирование. Задайте вместо числового значения выражение «w/2». Это будет означать, что значение «H» будет равняться половине значения «w». Теперь будет можно, меняя только значение «w», автоматически изменять значение «H».

Следующим шагом назначим переменную «R» на радиус окружности, сопрягающей верхнюю и правую линии главного вида. Выберите окружность на чертеже с помощью . В окне свойств задайте в качестве радиуса переменную «R». После подтверждения её создания в окне «Переменные» задайте для неё следующее выражение: «w < 100 ? 0 : 6». Данная запись означает, что если «w» меньше, чем 100, то «R» равно 0, в противном случае - 6.

Потратим немного времени, чтобы расшифровать содержимое нашего выражения. Сначала выделим его составные части:

< - является знаком «меньше чем»

? - означает «в таком случае»

: - «в противном случае»

Полностью выражение выглядит так:  $R = w < 100 ? 0 : 6$

Значение «R» равно 0, если «w» < 100, и равно 6, при любом другом значении «w». Таким образом, для «R» существует лишь два возможных значения - либо «0», либо «6». Проверьте это на вашем чертеже. Задайте переменной «w» значения большие или меньшие, чем 100, и посмотрите, что произойдёт. Заметьте, что когда радиус скругления равен «0», радиальный размер автоматически исчезает. Программа сама следит за этим.

Таким образом, используя несколько основных понятий, можно создавать разнообразные и очень сложные зависимости между переменными.

#### 4. Задания для создания параметрического чертежа

Ниже располагаются варианты для создания студентом параметрического чертежа. Вариант назначает преподаватель.

*Таблица 1*

#### Варианты заданий для построения параметрического чертежа

№ п/п	Количество скруглений углов плиты и место расположения скругления	Размер плиты (ширина x длина)	Толщина плиты
1	2(два верхних угла)	110 x 140	20
2	2 (два нижних угла)	120 x 160	21
3	2 (правый верхний и нижний правый)	130 x 150	22
4	2(левый верхний и левый нижний)	140 x 170	23
5	2 (левый верхний и правый нижний)	100 x 140	24
6	2(правый верхний и левый нижний)	120 x 170	25
7	2(два верхних угла)	150 x 170	26
8	2 (два нижних угла)	130 x 170	27
9	2 (правый верхний и нижний правый)	140 x 150	28
10	2(левый верхний и левый нижний)	140 x 130	29
11	2 (левый верхний и правый нижний)	170 x 120	30
12	2(правый верхний и левый нижний)	120 x 165	31
13	2(два верхних угла)	115 x 145	32

*Продолжение таблицы 1*

**Варианты заданий для построения параметрического чертежа**

14	2 (два нижних угла)	135 x 175	33
15	2 (правый верхний и нижний правый)	125 x 155	34
16	2(левый верхний и левый нижний)	115 x 155	35
17	2 (левый верхний и правый нижний)	135 x 155	36
18	2(правый верхний и левый нижний)	125 x 175	37
19	2 (правый верхний и нижний правый)	105 x 145	38
20	2(левый верхний и левый нижний)	110 x 165	39

**5. Контрольные вопросы**

1. Что такое параметрический чертеж?
2. Виды параметрического моделирования?
3. Типы параметризации при параметрическом моделировании?
4. Достоинства и недостатки типов параметризации?
5. Для чего применяется табличная параметризация в различных САПР?
6. Для чего применяется иерархическая параметризация в различных САПР?
7. Для чего применяется вариационная (размерная) параметризация в различных САПР?
8. Для чего применяется геометрическая параметризация в различных САПР?

**6. Содержание отчёта**

Отчёт должен содержать:

- 1) титульный лист;
- 2) наименование работы и цель исследований;
- 3) этапы создания параметрического чертежа согласно варианту;

4) конечный вид параметрического чертежа плиты со сквозным коническим отверстием.

### **7. Библиографический список**

1. ЗАО «Топ Системы» Краткий вводный курс T-Flex Cad / ЗАО «Топ Системы» – Москва, 2016. – 398 с.
2. АО «Топ Системы» Краткий вводный курс T-Flex Cad / АО «Топ Системы» – Москва, 2012. – 283 с.
3. Протасова С.В., T-Flex CAD. Начальный курс / С.В. Протасова, С.В. Максимов – Северодвинск, 2011. – 215 с.
4. Бунаков П.Ю. Сквозное проектирование в T-Flex / П.Ю. Бунаков. – М.: ДМК Пресс, 2009. — 400 с.
5. Елисеев В.Г., Автоматизация проектирования в программном комплексе T-Flex / В.Г. Елисеев, В.М. Коробов, Милованов Н.Н. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 148 с.