

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное**  
**образовательное учреждение высшего профессионального образования**  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
**Невинномысский технологический институт (филиал)**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**К ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА**

**15.03.04 - Автоматизация технологических процессов и производств**

**Часть 1**

Невинномысск, 2021

## ВВЕДЕНИЕ

В методическом пособии излагаются основные принципы работы в системе T-FLEX CAD, приводятся рекомендации по выполнению 2D чертежной графики для задач проектирования.

Основные понятия

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

**1. 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**. Линии построения и узлы - основные элементы, формирующие параметрическую модель чертежа. По аналогии 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.

**Линии построения** - это прямые, окружности, эллипсы, кривые (сплайны), эквидистанты и кривые, заданные функцией. Это базовые элементы параметрической модели в T-FLEX CAD. Они представляют собой тонкие конструкционные линии, с помощью которых вы создаете параметрический каркас вашего чертежа.

**Узлы** - точки пересечения линий построения. Узлы являются базовым элементом создания параметрической модели в T-FLEX CAD. Узлы напрямую участвуют в построении параметрической модели при задании типов линий построения.

**“Свободный” узел** - узел, положение которого определяется абсолютными координатами.

**“Узел с фрагмента”** - узел, который определяется положением фрагмента на чертеже.

**2. Элементы изображения** формируют чертеж. К элементам изображения относятся линии изображения, размеры, тексты, штриховки, допуски формы и расположения поверхностей, надписи, шероховатости. 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.

**Линии изображения** - отрезки, дуги окружностей, окружности, дуги эллипсов, эллипсы, кривые. Могут быть различных типов (сплошные основные, сплошные тонкие, штриховые, штрихпунктирные и т.д.). Они привязываются к узлам и линиям построения.

**Штриховки, заливки, штриховки по образцу** - замкнутые одноконтурные или многоконтурные области заполненные различными способами. Контурные штриховки привязываются к узлам и линиям построения. При изменении положения узлов изменяются контуры штриховок. При этом автоматически изменяется заполнение штриховок в соответствии с изменением контуров.

**Тексты** - однострочная и многострочная текстовая информация, задаваемая в текстовом редакторе и отображаемая на экране различными шрифтами. Положение текстов может быть задано в абсолютных координатах, то есть независимо от элементов построения.

Тексты могут быть привязаны к линиям построения и узлам.

**Размеры** - стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Может быть построен только при наличии линий построения и узлов. Система T-FLEX CAD поддерживает простановку размеров нескольких стандартов: ЕСКД, ANSI, архитектурный ANSI. Размеры автоматически перестраиваются при параметрическом изменении чертежа.

**Шероховатости** - стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Шероховатость может быть привязана в абсолютных координатах, к узлу, к линии построения и к размеру.

**Допуски формы и расположения поверхностей** - стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Привязывается только к узлу.

**Надписи** - стандартный элемент оформления чертежей. Состоит из совокупности линий и текстовой информации. Надпись может быть привязана в абсолютных координатах, к узлу, к линии построения.

К сложным элементам изображения относятся фрагменты и картинки.

**Фрагменты** - чертежи системы T-FLEX CAD, которые могут использоваться в других чертежах, для получения составных (сборочных) чертежей. Фрагментом может быть любой чертеж системы T-FLEX CAD. Под параметрическим фрагментом системы T-FLEX CAD понимается чертеж, при нанесении которого на другой чертеж, вы можете задать его положение и параметры, от которых зависит его изображение. При создании параметрических фрагментов необходимо соблюдать определенные правила

**Картинки** - графические изображения чертежей системы T-FLEX CAD и других систем, сохраненные в различных форматах. Картинки, как и фрагменты, можно использовать в других чертежах. При этом изображение картинок будет неизменным, вы можете только задать его положение и масштаб изображения

**3. К вспомогательным элементам** относятся **переменные, поля, базы данных, отчеты**, а также некоторые другие служебные данные.

**Переменные** - элементы системы, имеющие имя и значение. Значения переменных можно изменять. Основное назначение переменных - это использование их значений в качестве параметров линий построения. Например, в качестве параметра прямой, параллельной заданной и расположенной от нее на каком-то расстоянии, можно использовать не только число, но и переменную.

**Базы данных** - таблицы, содержащие информацию в упорядоченном виде. Базы данных используются для хранения информации, необходимой для чертежа.

**Отчеты** - текстовые документы, которые создаются с помощью текстового редактора системы

T-FLEX CAD и могут включать в себя переменные системы. Служат для создания разнообразных текстовых документов.

Одним из главных преимуществ системы T-FLEX CAD (далее система) перед другими CAD-системами является возможность параметризации элементов, составляющих сборочные чертежи, а также использования её при создании сборочных чертежей конструкций и модификации проектировочных заданий, когда необходимо часто изменять конструкторские размеры, заменять стандартные изделия и т.д.

При объединении нескольких 2D-чертежей друг с другом применяют наложение или совмещение элементов одного чертежа или элемента модели с элементами другого. Такие элементы называются *фрагментами*. Создание чертежей с помощью фрагментов в ряде случаев позволяет добиться ряда преимуществ. Во-первых, для сложных чертежей упрощается процесс создания, так как можно сначала создать отдельные части этого чертежа, а затем объединить их. Во-вторых, если создавать параметрический чертеж на основе деталей, составляющих его, то при изменении каких-либо параметров сборочного чертежа вы сможете одновременно получить и полный набор соответствующих этим параметрам чертежей-деталей. В-третьих, в качестве фрагментов удобно создавать часто повторяющиеся элементы чертежей.

2D-фрагменты используются при формировании чертежей. Основной принцип заключается в том, чтобы использовать единожды построенный параметрический чертёж и вставлять его в сборочный чертёж, погасив при этом вспомогательные элементы (размеры, некоторые штриховки).

Все создаваемые файлы чертежей, фрагментов, 3D-моделей в системе принято называть *документами T-FLEX CAD* или *документами*.

Чертежи, полученные с использованием чертежей-фрагментов, в системе T-Flex CAD называют *сборочными чертежами* или *сборками*. Данное понятие сборки указывает на то, что текущий документ системы получен на основе отдельных чертежей или эскизов и обязательно должен быть оформлен в соответствии с ЕСКД.

Сборочные чертежи на основе фрагментов легко преобразовываются при модификации одного из фрагментов, причём зависимые элементы также преобразовываются.

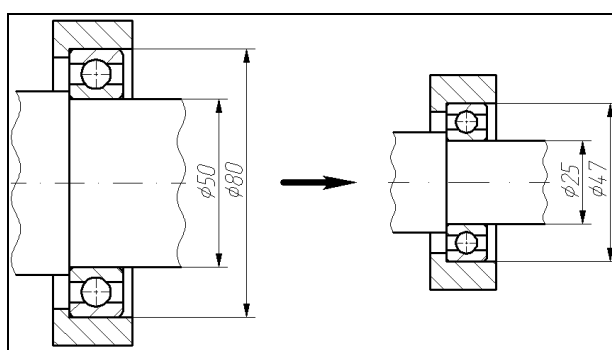


Рисунок 1

(Зависимость между фрагментом и построениями, сделанными на его основе).

На рисунке 1 корпус подшипника и вал построены по узлам с фрагмента, поэтому при изменении параметров фрагмента изменяются все зависимые построения.

Сборочные чертежи на основе фрагментов позволяют получить полный набор чертежей-деталей, которые участвовали в сборочном чертеже. При этом они будут иметь те параметры, которые получились в результате пересчета сборочного чертежа.

Фрагменты, участвующие в сборке, могут быть переменными, то есть в зависимости от каких-либо условий в сборочном чертеже будет участвовать тот или иной фрагмент (например, радиальный подшипник будет подменён радиально-упорным в зависимости от изменения параметров сборки).

Каждый фрагмент может в свою очередь также состоять из отдельных фрагментов (резьбы, отверстия, стандартные элементы), причём уровень вложенности фрагментов практически не ограничен.

Важно учитывать, что линии и другие элементы фрагмента не являются частью чертежа, в который он включен. Это означает, что на их основе нельзя обычным способом создавать другие элементы, например, размеры. Для того чтобы решить эту проблему, в системе был создан специальный тип узлов и линий построения. Положение узла с фрагмента определяется узлом чертежа, на основе которого он был создан. Положение линии построения определяется линией изображения фрагмента. Узлы и линии построения, созданные на основе фрагмента могут быть использованы для необходимых операций, как и любой другой элемент вашего чертежа. Создать узел с фрагмента можно в команде Node, узлы с

фрагментами также могут создаваться автоматически при его включении в ваш чертеж.  
Создать линию построения на фрагменте можно в команде Line.

## Практическое занятие № 1. Создание 2D чертежа

При выполнении лабораторной работы необходимо использование дополнительной литературы – [3] и «СПРАВКИ» в T-FLEX CAD (<F1>)

В данном разделе описана последовательность действий, которая необходима для того, что бы создать параметрический чертеж. В процессе создания чертежа дается представление об основных командах системы и о принципах создания чертежей в системе. На рисунке 2 представлен чертеж, который необходимо создать. Это - плита со сквозным коническим отверстием. Чертеж будет представлен в параметрическом виде, поэтому любые модификации будут автоматически отображаться на всех проекциях.

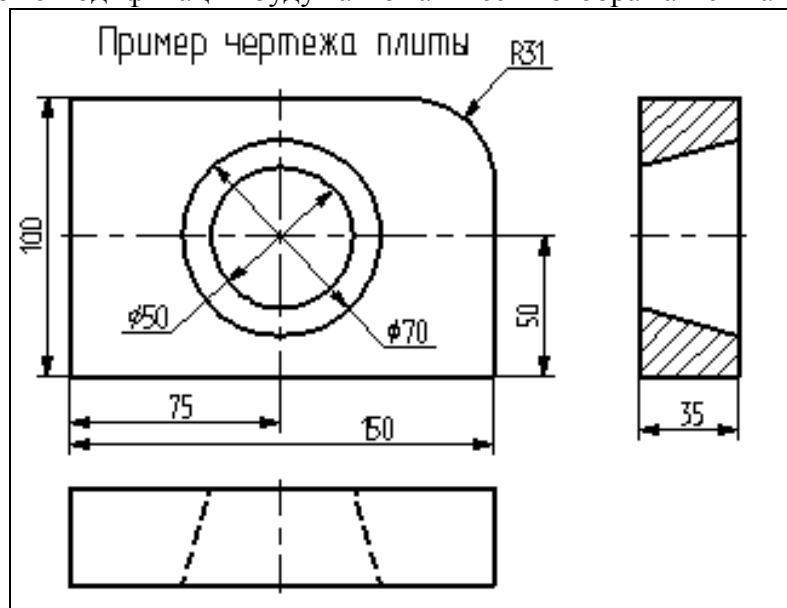


Рисунок 2

Построение главного вида плиты.

Вначале выполним построения в тонких линиях (линиях построения), сделаем обводку линиями изображения. Далее, используя линии построения основного вида, достроим две проекции, с тем, чтобы они изменялись при изменении основного вида. Используя отношения между линиями построения, свяжем проекции между собой. Затем нанесем текст и размеры.

Начнем построения с помощью команды Line: (рисунок 3).

**Построить прямую.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<L>	“Построить Прямую”	

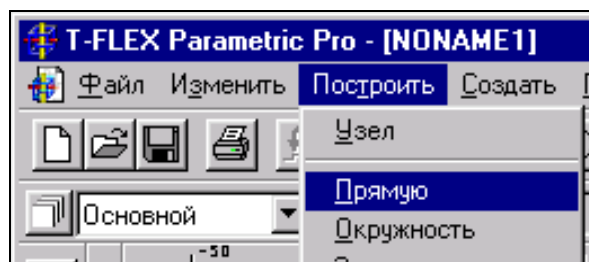


Рисунок 3

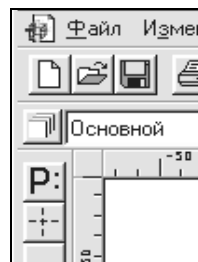


Рисунок 4

Выберите пиктограмму в верхней части автоматического меню, которое расположено в левой части экрана (рисунок 4). Вы увидите перемещение перекрестья при движении курсора по полю чертежа. Подведите курсор к нижней части поля чертежа около центра и

нажмите . Будут созданы пересекающиеся прямые построения и узел в месте их пересечения.

Учтите, что в последствии для простановки размерных линий потребуется место по краям чертежа.

В T-FLEX CAD команда остается активной до тех пор, пока вы не дадите отмену команды или не укажете другую команду.

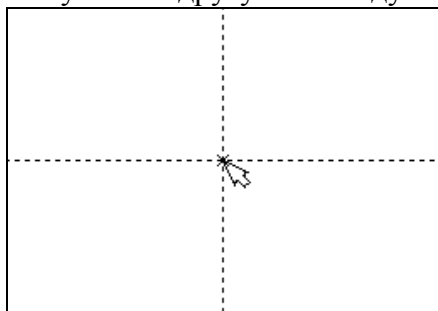


Рисунок 5

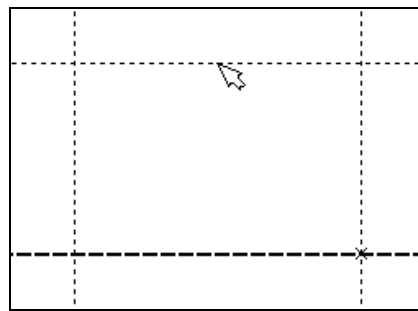


Рисунок 6

Отмена режима команды (одно нажатие ) уберет изображение перекрестья, но вы по-прежнему остаетесь в команде. После отмены режима построения двух пересекающихся прямых подведите курсор к созданной вами вертикальной линии и нажмите (рисунок 5). Линия высветится. 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 **Line** (возможно где-то совершена ошибка).

Затем подведите курсор к горизонтальной прямой и нажмите . Выберется прямая для построения относительно нее параллельной прямой. Переместите курсор вверх и нажмите для задания верхней грани детали (рисунок 6).

### Следующий шаг - скруглить угол плиты.

Для этой цели воспользуемся командой Circle:

#### Построить окружность.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<C>	“ПОСТРОИТЬ ОКРУЖНОСТЬ”	

Для изображения скругления верхнего правого угла плиты построим окружность, касательную к верхней и правой прямым. Переместите курсор к верхней прямой и нажмите <L>.

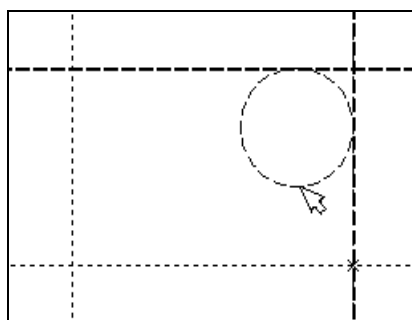



Рисунок 7

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 <L>. Сейчас окружность “привязана” к двум линиям построения и сохраняет касание при перемещениях курсо-

ра. Нажатие  зафиксирует текущий радиус окружности. Постройте окружность так, как показано на рисунке 7.

Если результат не совпал, то вы можете вызвать команду **Undo**:


**Отменить изменение.**

Клавиатура Функциональная клавиша	Текстовое меню	Пиктограмма
<U> <Alt><BackSpace>	“Изменить Отменить”	

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

Если вы ошиблись и вызвали команду **Undo** лишний раз, то вызовите команду **REDo**:


**Возвратить изменение.**

Клавиатура Функциональная клавиша	Текстовое меню	Пиктограмма
<R><E><D> <Ctrl><BackSpace>	“Изменить Повторить”	

При этом вы возвратите действие, которое было ошибочно отменено.


Удалить все линии построения и вернуться к началу создания чертежа вы можете, вызвав команду **PURge**:

**Удалить лишние построения.**

Клавиатура	ТЕКСТОВОЕ МЕНЮ	Пиктограмма
<P><U>	“Изменить Удалить лишние построения”	

Это действие удалит все элементы построения, и можно будет повторить построения. Вы также можете удалить отдельный элемент построения, используя команду **EConstruction**:

**Изменить построения.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E><C>	“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 **Graphics**:


**Нанести изображение.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<G>	“Создать 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 (очистка статусной строки, означающая выход из команды).

Начните обводку с верхнего левого 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” (рисунок 8). Требуется лишь с помощью курсора выбирать узлы или пересечения линий построения. При пересечении в одной точке более двух линий построения не рекомендуется использовать для выбора узла клавишу **<Enter>** или . 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 свя-



занный с линиями построения). Учтите вышесказанное для избежания ошибок при параметрическом изменении чертежа. Переместите курсор к точке касания верхней линии и окружности и нажмите  (рисунок 9). 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>. При этом выделится окружность. Направление дуги будет зависеть от того, в каком месте вы укажете мышью вблизи второй точки дуги.

Поставьте курсор чуть выше и правее второй точки касания (рисунок 10).

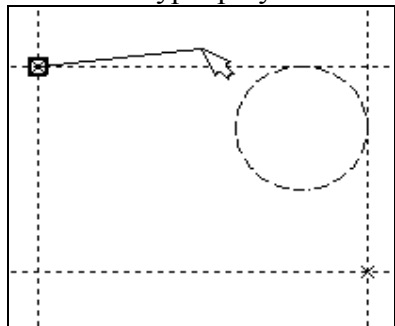


Рисунок 8

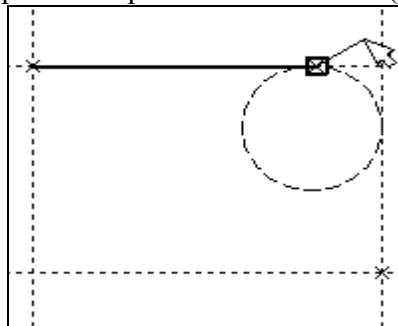


Рисунок 9

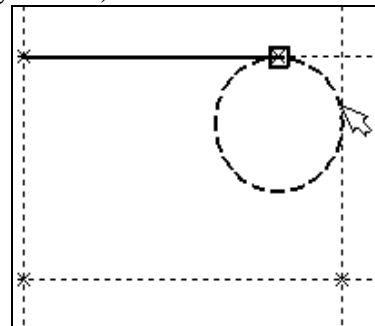


Рисунок 10

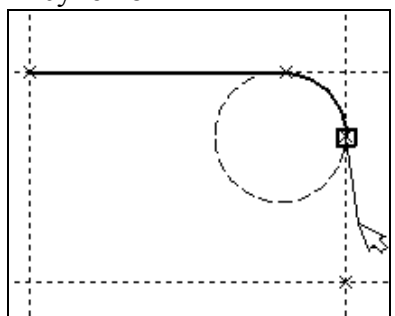


Рисунок 11

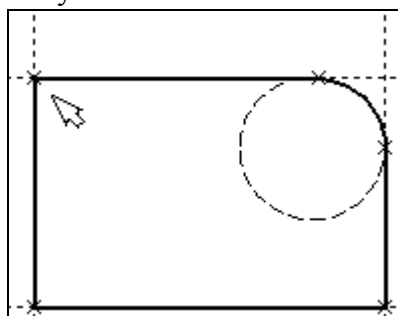



Рисунок 12


Затем нажмите , и линия изображения будет построена в направлении часовой стрелки до второй точки касания, как на рисунке 11.



Укажите на правый нижний угол плиты, на левый нижний, и завершите построения в левом верхнем углу, с которого вы начали обводку.

Для завершения команды нажмите . Чертеж должен выглядеть как на рисунке 12.

Если обводка не получилась, то отредактировать линии изображения можно с помощью команды **EGraphics**:

**Изменить изображение.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E><G>	“Изменить 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 левую кнопку мыши в одном из углов предполагаемого окна и, не отпуская ее, переместить в другой угол. Затем отпустить кнопку мыши. При перемещении курсора вслед за ним должен тянуться прямоугольник из точечных линий. После этого будут помечены линии изображения, попадающие в окно, и вы сможете удалить их.

Для повторного ввода линий изображения вызовите команду **Graphics**. Для перерисовки экрана используйте клавишу <F7> в любой момент, если не все линии полностью высвечиваются после проведенных изменений.

После получения нужного изображения, его необходимо сохранить, и перейти к следующему разделу.

Сохраняется чертеж с помощью вызова команды **SAVE**:


**Сохранить чертеж.**


Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<S><A>	“Файл Сохранить”	

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 **EConstruction**:

**Изменить построения.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E><C>	“Изменить 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 отношение. 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 чертеж в приблизительно исходное состояние, показанное на рисунке 12.

Создание конического отверстия

Перейдем к следующему элементу чертежа - коническому отверстию.

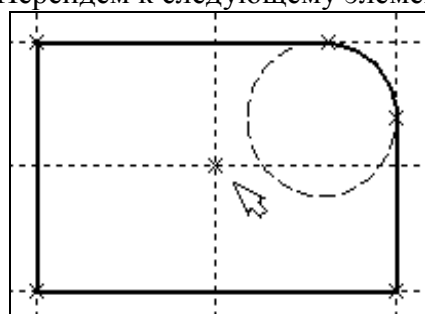







Рисунок 13

Вызовите команду **Line**. Построим в центре плиты отверстие. Выберите пиктограмму  в автоматическом меню, 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 границей 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 изображение, аналогичное рисунку 13.

Затем вызовите команду **Circle**, подведите курсор к узлу 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 ее диаметр был примерно равен половине высоты детали.

Заметьте, что после нажатия на , вы по-прежнему находитесь в команде **Circle**.

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 как на рисунке 14. Перейдите в команду **Graphics**, расположите курсор рядом с большой окружностью, которую вы только что построили, и нажмите клавишу **<C>**.

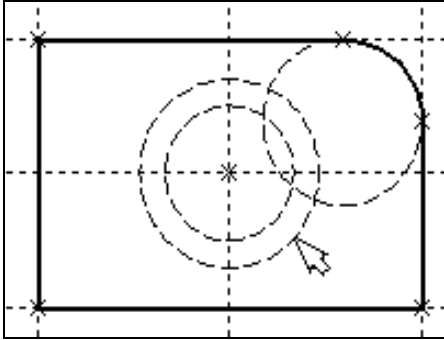


Рисунок 14


Окружность будет обведена сплошной основной линией. Затем расположите курсор около меньшей окружности и вновь нажмите **<C>**.

Обе окружности обведены.

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).

#### **Установление зависимостей для создания конического отверстия.**

Войдите в команду **Line** 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 (рисунок 15).

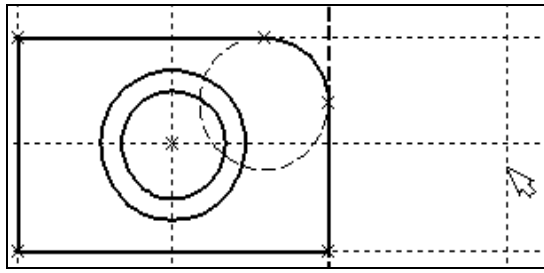


Рисунок 15

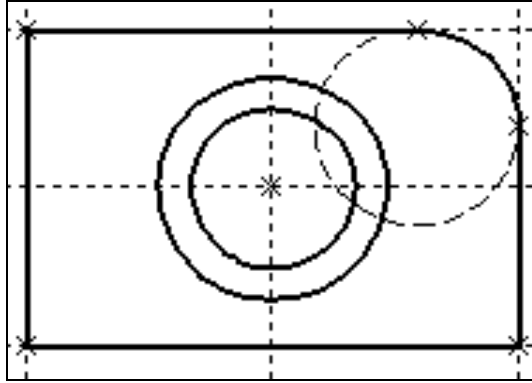


Рисунок 16

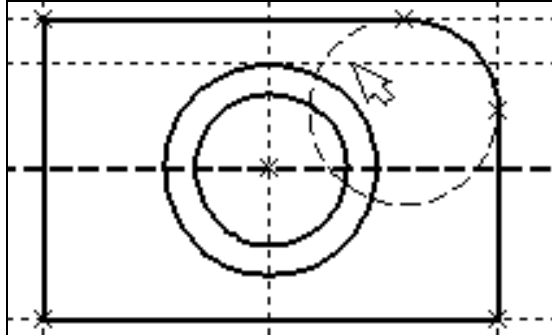


Рисунок 17

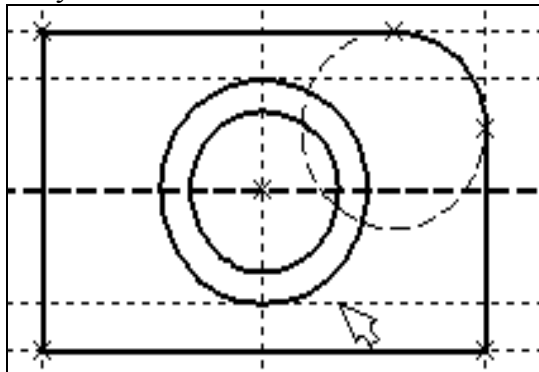




Рисунок 18

Зафиксируйте ее 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 **EConstruction**.

Обратите внимание, что вы по-прежнему привязаны к правому краю плиты (соответствующая линия построения выделена) (рисунок 16). Нажмите один раз  для возврата на шаг назад в команде **Line**. Переместите курсор к прямой, построенной в п. 1.


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 ее нажатием .

Рекомендуется 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 относительного расстояния между линиями.

Перейдем к созданию конического отверстия. Задача сводится к построению двух прямых, которые были бы параллельны горизонтальной прямой, проходящей через центр окружности (рисунок 17). При этом они должны соответствовать размерам окружностей. Нажмите один раз  для возврата на шаг назад в команде **Line**, поместите курсор рядом с горизонтальной прямой, проходящей через центр окружности и нажмите **<L>**.

Прямая выделится цветом. Отведите курсор вверх к точке касания первой окружности и нажмите **<C>** (рисунок 18), затем ко второй точке касания окружности и нажмите **<C>** (рисунок 17). означает построение Комбинация **<L>**, **<C>** прямой, параллельной выбранной

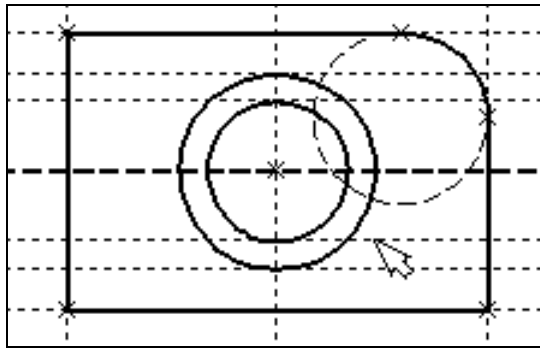


Рисунок 19

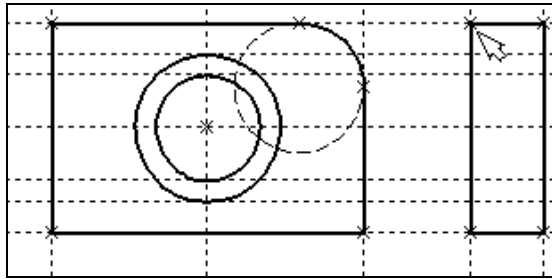


Рисунок 20

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 (рисунок 19)

Воспользуйтесь командой **Graphics** и обведите 4 угла (рисунок 20).

Для этого лишь нужно подвести курсор к каждому из углов и нажать . Затем нажмите для отмены выбора угла.

Далее нанесем две линии, изображающие коническое отверстие (рисунок 21).

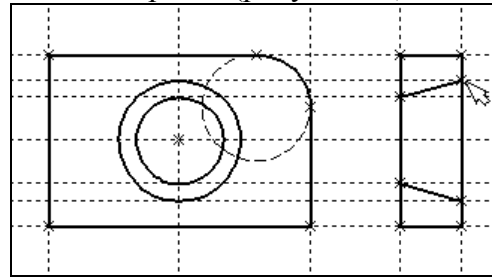


Рисунок 21

Теперь вид практически закончен, за исключением штриховки

Создание штриховки во многом аналогично созданию линий изображения. Вызовите команду **Hatch**:

**Нанести штриховку.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<H>	“Создать Штриховку”	

Затем переместите курсор к любому узлу в верхней половине вида справа и нажмите <N> или . При этом должен выделиться указанный узел. Последовательно выберите узлы по контуру верхней половины плиты, который должен быть заштрихован. Когда вы вернетесь к начальному узлу, 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 (рисунок 22).

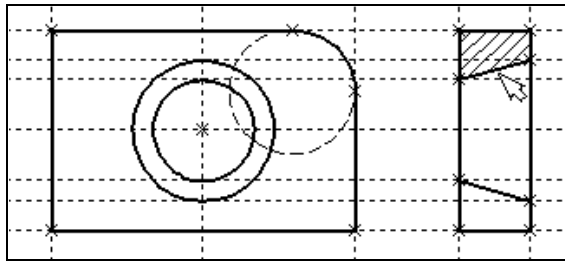


Рисунок 22

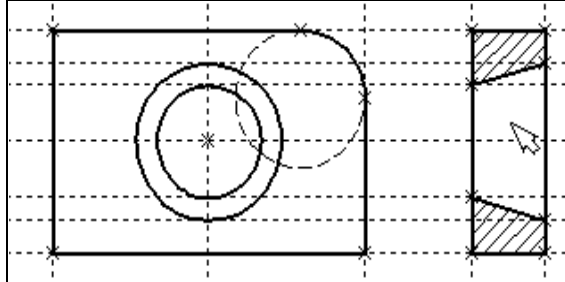



Рисунок 23

Если параметры штриховки были установлены ранее и вам не требуется их изменять, то воспользуйтесь клавишей **<End>** или пиктограммой **OK** для штриховки выделенной области. Прделайте те же действия для штриховки нижней части плиты (рисунок 23). В принципе можно было создать не две отдельные штриховки, а одну, состоящую из двух контуров. Для этого нужно было задать второй контур сразу после завершения первого, а затем уже нажать **<End>** или пиктограмму **OK** в автоменю. После создания штриховки можно переходить к виду сверху. Вызовите команду **Line**. Выберите нижнюю прямую главного вида для привязки положения вида сверху к главному (рисунок 23). Переместите вновь создаваемую прямую и зафиксируйте нажатием  под главным видом. Это будет нижняя линия вида сверху.

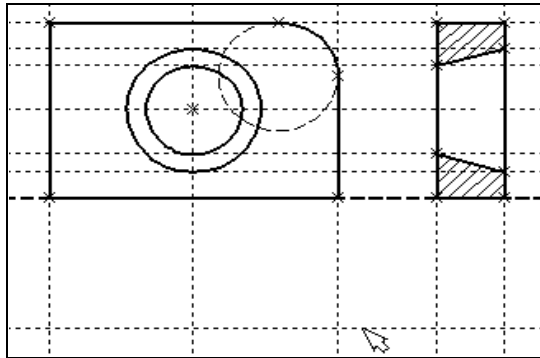


Рисунок 24

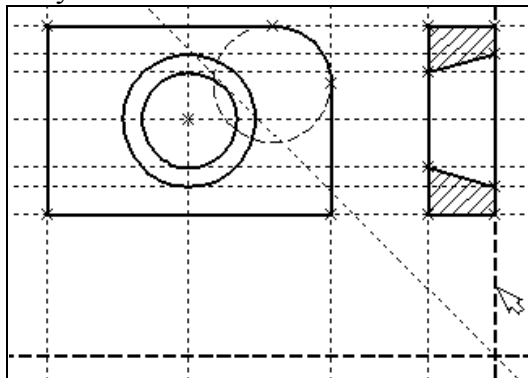


Рисунок 25

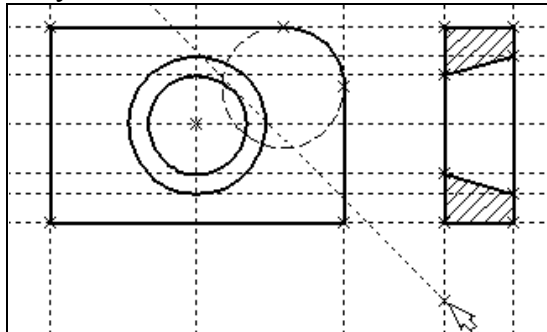



Рисунок 26

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.

Одна из полезных комбинаций в команде **Line** - **<L>**, **<L>**.

Когда в команде **Line**, 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, располагающаяся посередине.

Поскольку проекционные прямые вида слева и вида сверху пересекаются под прямым углом, то новая линия пройдет под требуемым углом 45 градусов.

В команде **Line** укажите на крайнюю правую прямую вида слева и нажмите клавишу **<L>**.


Прямая выделится.

Затем сделайте то же самое для нижней прямой вида сверху. Возникнет новая прямая, которая проходит через точку пересечения под углом 45 градусов (рисунок 25).

Пока мы находимся в команде **Line** 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.

Для построения узлов можно также использовать команду **Node**:

**Построить узел.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<N>	“ПОСТРОИТЬ УЗЕЛ”	

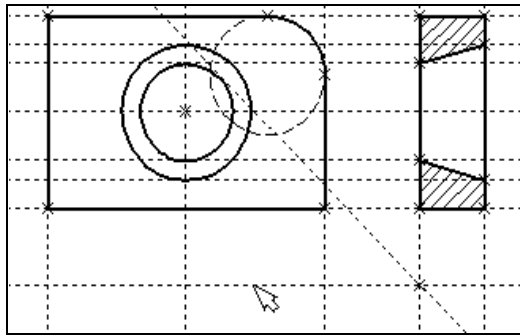


Рисунок 27

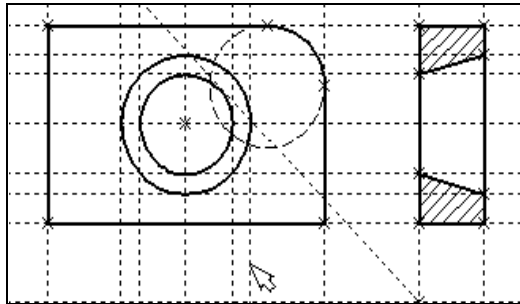


Рисунок 28

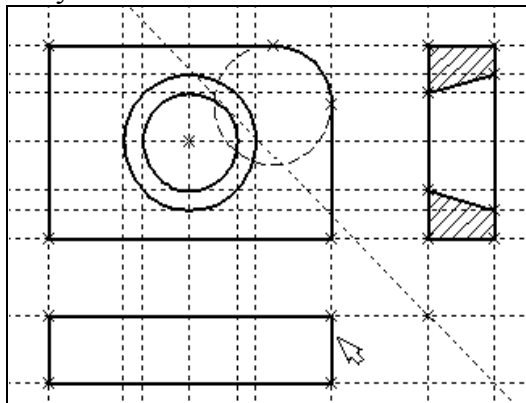


Рисунок 29

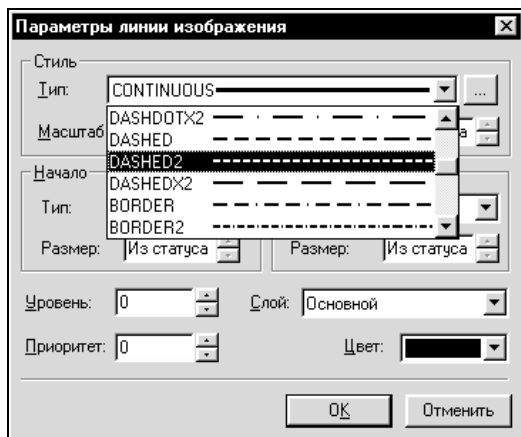


Рисунок 30

Поставьте курсор в точке пересечения и нажмите клавишу **<Пробел>** (рисунок 26). Вы по-прежнему должны находиться в команде **Line**. Поставьте курсор и выберите прямую нижней границы вида сверху (рисунок 27). Это позволит нам построить прямую, параллельную нижней границе. Переместите курсор к только что построенному узлу и нажмите клавишу **<N>**. При этом создается 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 **EConstruction**. Попробуйте поменять положение левой прямой бокового вида. Для этого выберите ее, 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 в п. 3 создания бокового вида.

В команде **Line** выберите вертикальную прямую, а затем с помощью клавиши **<C>** постройте 4 прямых, параллельных выбранной и касательных окружностям (рисунок 28).

Теперь можно построить все линии изображения на виде сверху.

С помощью команды **Graphics** обведите вид сверху по периметру (рисунок 29).

Необходимо нанести две штриховые линии, соответствующие коническому отверстию. В команде **Graphics** нажмите клавишу **<P>** или пиктограмму **P:** в автоматическом меню.

На экране появится диалоговое окно параметров линий изображения (рисунок 29). Выберите мышкой штриховую линию в меню типов линий.

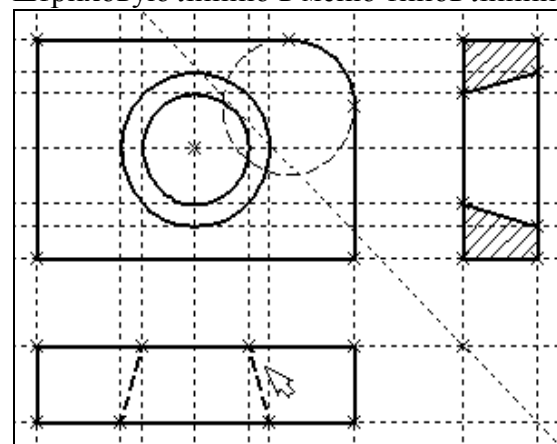


Рисунок 31



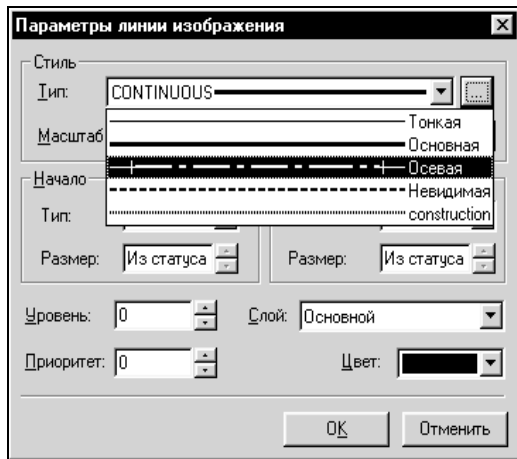


Рисунок 32

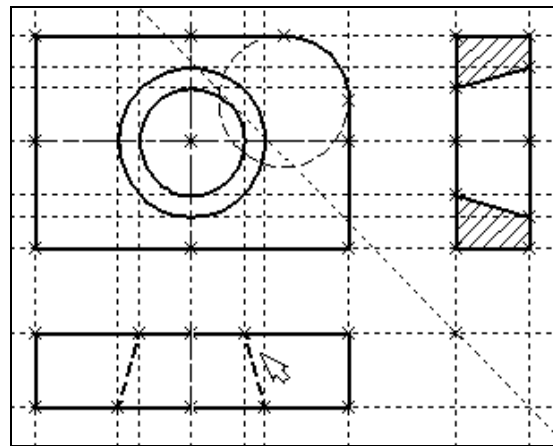


Рисунок 33

Нажмите кнопку [OK] для выхода из диалогового окна и создайте две штриховые линии конического отверстия (рисунок 31).

Теперь создадим штрих-пунктирные осевые линии. Еще раз нажмите <P> в команде **Graphics**

Нажмите на кнопку справа от меню типов линий и выберите тип линии с названием “Осевая” (рисунок 32).

Тем самым вы не только зададите штрих-пунктирный тип создаваемых линий, но и установите требуемые типы начала и конца линий.


Создайте 4 осевые линии как показано на рисунок 33.


Линии построения, которые до сих пор мы использовали, были бесконечными. Для удобства работы их можно “обрезать” до крайних узлов.

Для этого в команде EConstruction используйте опцию **обрезки**.

Войдите в команду **EConstruction**.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E><C>	“Правка Построения Линия постр.”	

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

- Если вы используете комбинацию , то обрежутся все прямые

- Если вы захотите вернуться обратно к бесконечной длине прямых, то вызовите команду

**SStatus:**

**Задать параметры чертежа.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<S><T>	“Сервис Статус...”	

Выберите параметр “Экран|Линии построения|Длина” и задайте значение “По умолчанию в бесконечности”.

Можно в команде **EConstruction** выбрать нужные линии, нажать клавишу <P> и установить соответствующее значение.

На рисунке 34 представлен чертеж с обрезанными линиями построения. Он менее насыщен, хотя все необходимые элементы построения на нем присутствуют.

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

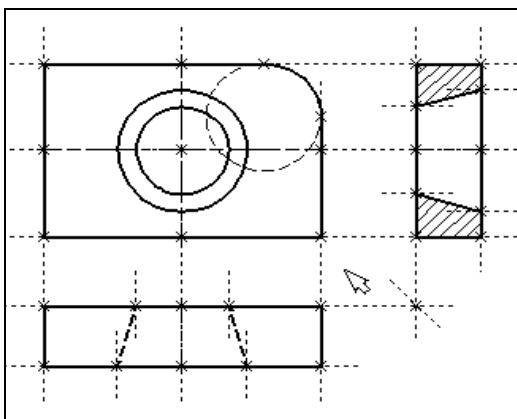


Рисунок 34

## Практическое занятие № 2. Простановка размеров на чертеже

При выполнении лабораторной работы необходимо использование дополнительной литературы – [3] и «СПРАВКИ» в T-FLEX CAD (<F1>)

Создание линейных размеров.

Вызовите команду **Dimension**:

**Нанести размеры.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<D>	“Создать Размер”	

Теперь можно выбрать любые две линии построения 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 . В появившемся на экране диалоговом окне можно задать различные значения параметров размера. После установки нужных значений нажмите кнопку [ОК], и увидите на экране размер. Размер шрифта можно поменять в команде **SStatus** на закладке “Шрифт”. На этой закладке устанавливаются параметры шрифта, для тех элементов модели, для которых они не заданы. Создайте остальные линейные размеры.

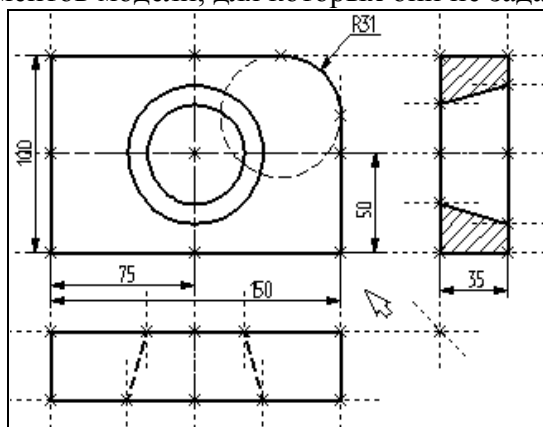


Рисунок 35

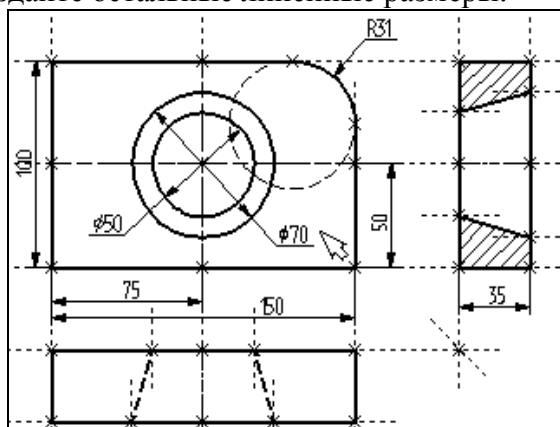



Рисунок 36

Диаметры и радиусы проставляются также просто. В команде **Dimension** 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 автосредстве можно переключаться из режима простановки радиуса в режим простановки диаметра и обратно (рисунок 36).

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. Прodelайте эту операцию для всех размеров на окружностях (рисунок 36).

После того, как все основные построения завершены, можно все элементы построения “спрятать” с помощью команды **SHow**:

Задание уровней отображения.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<S><H>	“Сервис Уровни...”	

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

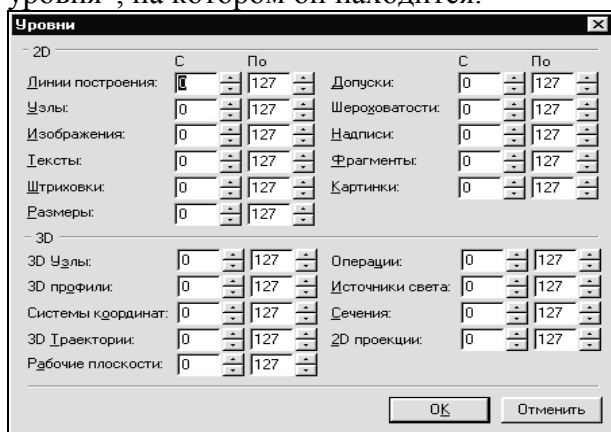


Рисунок 37

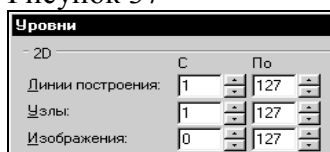


Рисунок 38

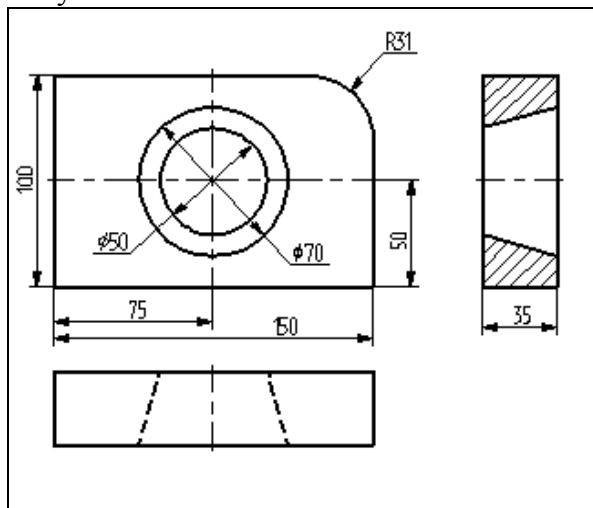


Рисунок 39

Легче 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 чертеж 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 типа элементов модели (рисунок 37).

Как вы видите, в настоящий момент видимыми являются все элементы, уровень которых находится в диапазоне от 0 до 127. Установите значения нижнего уровня для линий построения и узлов в значение 1, как показано на рисунке 38.

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


Теперь чертеж выглядит, как показано на рисунке 39.

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.

Вызов команды:

Клавиатура	Текстовое меню	ПИКТОГРАММА
<Ctrl><Shift><C>	“Вид Погасить построения”	

Нанесение текста на чертеже

Нанесем текстовую строку с названием чертежа с команды **Text**: Нанести текст:

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<T>	“Создать 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.

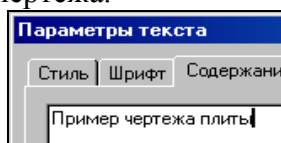



Рисунок 40


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.


Набейте в нем строку текста “Пример чертежа плиты” и нажмите на кнопку [OK] (рисунок 40).

Если текст расположился не в том месте, где вы планировали, то можно легко это поправить. Войдите в команду **EText**:

**Изменить текст.**

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E><T>	“Изменить Текст”	

Укажите курсором на текст и нажмите . Теперь переместите курсор в нужную позицию и снова нажмите .

Теперь чертеж завершен. Вы сейчас можете войти в команду редактирования элементов построения **EConstruction** и попробовать перемещать 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 чертеж изменяется адекватно вашим действиям, включая размеры. Изменение диаметров конического отверстия моментально отслеживается на двух других проекциях. Штриховка также изменяется вместе с изменением определяющих ее линий.

### Практическое занятие №3. Работа с параметрами и переменными

При выполнении лабораторной работы необходимо использование дополнительной литературы – [3] и «СПРАВКИ» в T-FLEX CAD (<F1>)

---

Значения практически всех параметров в меню параметров тех или иных элементов можно задавать с использованием переменных и выражений.

Каждая переменная имеет уникальное имя и значение, которое рассчитывается в соответствии с математическим выражением. Кроме того, переменная имеет комментарий, в котором можно указать, что собственно определяет эта переменная (длину или радиус, а может быть вообще массу). Переменные бывают двух типов: вещественные и текстовые. Тип переменной определяет, какие значения может принимать данная переменная. Значение вещественной переменной - это число. Значение текстовой переменной - строка символов. Выражение в T-FLEX CAD - это математическая формула, содержащая стандартные алгебраические действия, логические действия, условные операции, обращения к математическим функциям и функциям T-FLEX CAD. В результате вычисления выражения получается значение, соответствующее типу переменной.

В системе T-FLEX CAD переменные можно создавать разными способами, на пример: в редакторе переменных команды **Variables**; при задании и редактировании параметров линий построения; в текстовом редакторе команды **Text**.

Важно отметить, что прежде чем создавать элементы построения вашего чертежа, необходимо проанализировать, какие именно отношения между линиями вы хотите задать. Ведь именно от этого будут зависеть возможности вашего чертежа к параметрическим изменениям.

Переменные можно назначать параметрам чертежа, а фактически параметрам линий построения (расстояниям, диаметрам и т.д.). Это можно осуществлять и во время создания линии построения, и во время ее последующего редактирования. Затем, задавая значения переменных, можно получать новые варианты чертежа. С помощью простых математических формул в редакторе переменных переменные можно связывать между собой.

При изменении положения какого-либо элемента построения или значения какой-либо переменной система производит пересчет чертежа и его последующую перерисовку. Пересчет производится в соответствии с теми геометрическими отношениями, которые были заложены при его создании, а также, исходя из математических связей между переменными. Как правило, грамотно созданный параметрический чертеж содержит несколько ключевых (внешних) переменных, в зависимости от которых производится перерасчет остальных переменных и всего чертежа.

Назначение элементам чертежа переменных и выражений

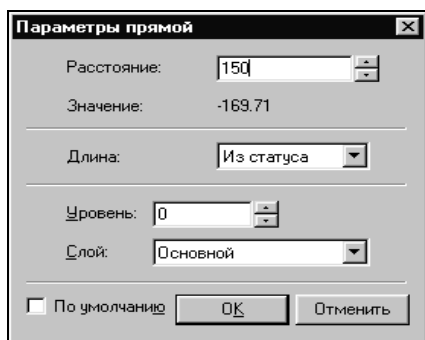


Рисунок 41

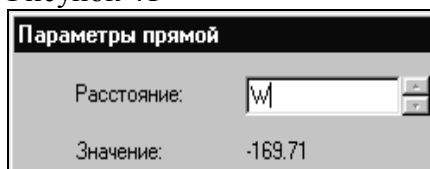


Рисунок 42

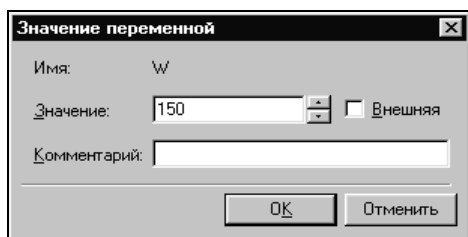



Рисунок 43

Следующим действием вызовите команду **Variables: Редактор переменных**.

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<V>	«Параметры Переменные»	

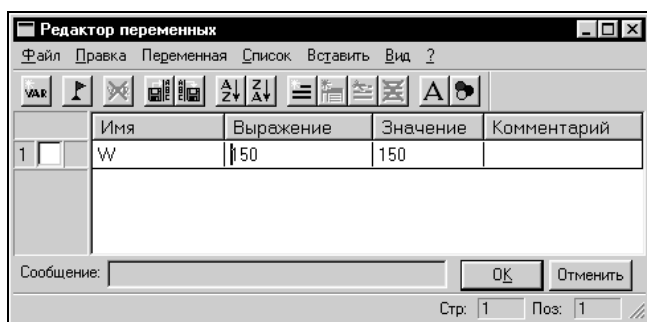



Рисунок 44

На конкретном примере можно увидеть, как элементы оформления могут быть связаны с параметрами чертежа и, как изменение параметров чертежа автоматически приводит к изменению соответствующих элементов оформления

Войдите в команду **EConstruction** и выберите прямую на основном виде (см. чертеж плиты). Эта прямая будет выделена цветом так же, как и та, относительно которой она была построена (даже если линии построения спрятаны, их по-прежнему можно выбирать).

Нажмите клавишу <P> или выберите пиктограмму  в автоматическом меню. На экране появится диалоговое окно, которое покажет текущее значение параметра прямой (рисунок 41).

Поскольку мы создавали эту прямую как параллельную левой части плиты, этим параметром 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] (рисунок 42).

Появится новое диалоговое окно, в котором от вас потребуется подтвердить значение вновь создаваемой переменной (рисунок 43).

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

На экране появится окно, в котором вы увидите переменную «W» и ее значение. Измените выражение, задающее значение переменной, например на «150» и нажмите [OK] (рисунок 44). Прямая переместится в новое положение, соответствующее новому значению ширины плиты.

Используйте аналогичные действия для назначения переменной «H» на верхнюю линию основного вида.

Войдите в команду **EConstruction**, выберите верхнюю линию и нажмите <P>.

Замените конкретное числовое значение на переменную «H» и подтвердите кнопкой [OK] ее текущее значение. Снова войдите в команду **Variables**. Теперь в редакторе переменных уже две переменные, и вы можете, меняя их значения, наблюдать за изменением чертежа. Попробуйте задать выражение. Войдите в команду **Variables** и поставьте вместо числового значения «H» выражение «W/2». Это будет означать, что значение «H» будет равняться половине значения «W». Нажмите [OK] для того, чтобы посмотреть на результат ваших

действий. Теперь вы можете, меняя только значение «**W**», автоматически изменять значение «**H**»

Следующим шагом назначим переменную «**R**» на радиус окружности, сопрягающей верхнюю и правую линии главного вида. Для этого в команде **EConstruction** выберите окружность, нажмите <**P**> и замените конкретное значение на «**R**». Войдите в редактор переменных **Variables** и задайте для этой переменной следующее выражение:

$W < 100 ? 0 : 6$

Это выражение означает, что если «**W**» меньше, чем 100, то «**R**» равно 0, в противном случае - 6.

Расшифруем содержимое 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 произойдет. Заметьте, что когда радиус скругления равен «0», радиальный размер автоматически исчезает. Программа сама следит за этим.

Переменные и тексты

Тексты создаются в команде Text в текстовом редакторе. Уникальной возможностью TFLEX CAD является создание переменных текстов.

Переменный текст - это текст, внутри которого вы можете использовать вещественные и текстовые переменные. После создания такого текста, если вы будете изменять значения переменных, которые включены в текст, то соответственно будет изменяться содержимое текста. Расскажем более подробно о создании таких текстов на примере чертежа.

Постройте чертеж, как показано ниже. Постройте два прямоугольника из линий изображения так, чтобы получилась как бы таблица из двух ячеек. При построении левую линию построения таблицы постройте как параллельную относительно правого края чертежа. Все остальные вертикальные линии построения таблицы постройте как параллельные относительно левой линии построения таблицы. Используя команду EDimension и опцию <**P**>, установите для размеров параметр “Способ нанесения” в “Нет параметров”. Затем задайте соответственно для размеров в параметре “Строки|Текст до” значение “**A**” и “**B**”, как показано на рисунке 45.

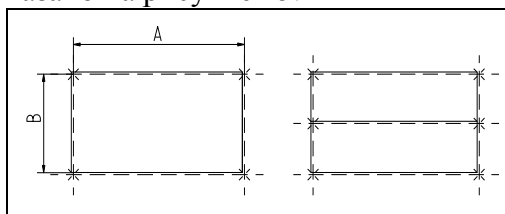



Рисунок 45.

После этого войдите в команду Text, привяжите создаваемый текст к любому узлу таблицы, расположите курсор в первой строке таблицы и нажмите . Откроется окно текстового редактора, в котором введите следующий текст:  $A=\{A\}$ . В результате на экране в тексте появится значение выражения.

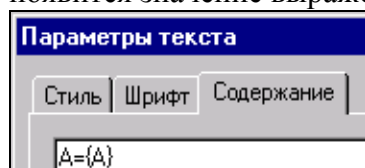


Рисунок 46.

Выйдите из редактора. При этом на чертеже в таблице появится текст.

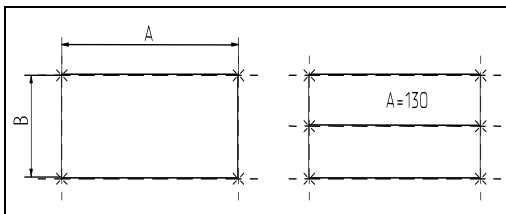


Рисунок 47

Таким образом, при использовании переменной в тексте необходимо задавать ее имя в фигурных скобках. После выхода из редактора текста вместо имени переменной в фигурных скобках подставится ее значение. Кроме имени переменной в фигурных скобках в тексте можно задавать выражение. В результате на экране в тексте появится значение выражения.

Аналогично создайте текст для переменной “В” и расположите его во второй строке таблицы.

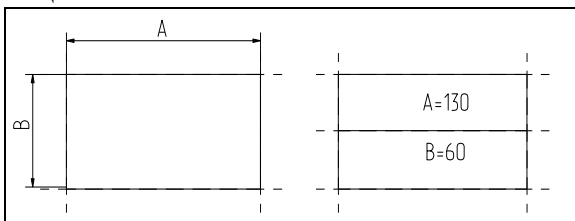


Рисунок 48

Теперь, изменяя значения переменных в Редакторе Переменных, вы можете увидеть, как будет изменяться текст в таблице. При этом следует отметить, что, привязав таблицу к правой границе чертежа и привязав тексты в таблице к узлам, вы получили полностью организованный параметрический чертеж.

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

#### **Практическое занятие № 4. Приемы работы с 2D-фрагментами для получения сборочных чертежей.**

##### **Цель работы:**

Данная практическое занятие определяет основные приёмы работы с фрагментами, необходимыми для более полного использования средств параметризации при создании и редактировании сложных сборочных чертежей, а также при создании библиотек чертежей.

Основные этапы сборки

Создание сборочного чертежа в системе T-Flex CAD начинается с подготовки фрагментов для вставки в сборочный чертёж. Процесс подготовки заключается в следующем:

- 1) Анализ сборки.
- 2) Создание фрагментов.
- 3) Создание сборок.
- 4) Создание анимации движения сборочного механизма (используется по мере необходимости).

Анализ сборки

Проведение анализа необходимо для избежания неудобств при работе с фрагментами сборки, а также для корректной работы системы.

Под анализом сборки подразумевается оценка степени сложности чертежа, выявление элементов сборки (проекции чертежа и т.д.), необходимых для дальнейшего редактирования по мере проектирования. Необходимо, также, определиться, на сколько чертёж должен быть параметризован, т.е. если создаётся проектировочный чертёж, то возможны большие изменения в размещении элементов сборки, или же особой необходимости в параметризации нет (при переводе чертежа в электронный формат или же



подготовка метафайла для вставки в документы MS Office). В первом случае рекомендуется параметризовать основные размеры, отвечающие за расположение проекций и в целом чертежа на листе. Во втором случае можно не строить зависимые между собой линии построения, пользуясь командами для работы с эскизами.

Также необходимо выявить, какие из элементов, создаваемых фрагментами, будут поворачиваемыми при вставке в сборку, какие из элементов фрагмента должны прорисовываться на сборочном чертеже, а какие нет (например размеры, которые необходимы на детализовочном чертеже не всегда нужны в сборочном чертеже).

Выявить расстояния между линиями построения, которые необходимо будет изменять при вставке в сборку (например, диаметр подшипника, зависящий от диаметра вала).

### Создание фрагментов

Фрагментом может быть любой чертеж системы T-FLEX CAD. Методика построения чертежей описана в предыдущих разделах сборника. В этом разделе остановимся лишь на некоторых правилах, которые нужно знать при создании параметрических фрагментов для вставки в сборку.

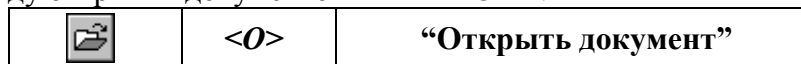
Под параметрическим фрагментом системы T-FLEX CAD понимается чертеж, при нанесении которого на другой чертеж, можно задать его положение и параметры, от которых зависит его изображение. Примером параметрического фрагмента является болт или подшипник, взятый из библиотеки стандартных элементов.

Вставка фрагментов подразумевает использование системы координат фрагмента, называемой *локальной системой координат*. Локальные системы координат можно создать с помощью *векторов привязки* или *точек привязки*.

#### 1) Векторы привязки.

Вектор привязки определяет способ привязки чертежа и ориентацию чертежа при вставке его на другой чертеж в качестве фрагмента. При этом вектором привязки задаётся положительное направление оси X локальной системы координат чертежа. Векторов привязки может быть не более 20.

Вызовете команду открытия документов T-FLEX CAD:



Меню открытия документов можно отображать в режиме просмотра каталогов с файлами, либо в виде отображения библиотек документов. Переключение режимов осуществляется опцией «Библиотеки/Каталоги» в нижнем левом углу окна (рисунок 49).

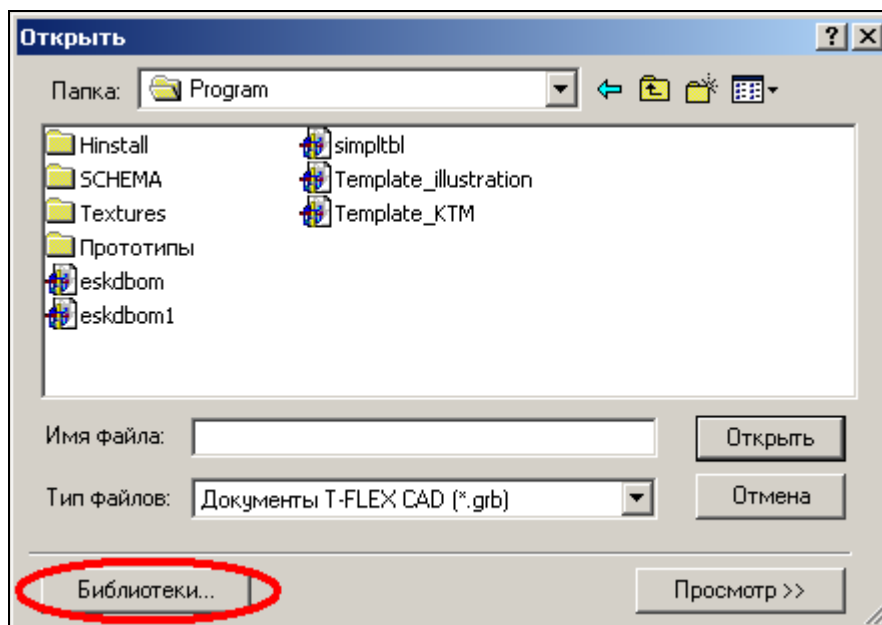


Рисунок 49 – Открытие библиотек элементов.

Из списка выберите конфигурацию «Лабораторные работы», где из библиотеки «Л/р №7-9» откройте файл *Поршень.grb* (рисунок 50).

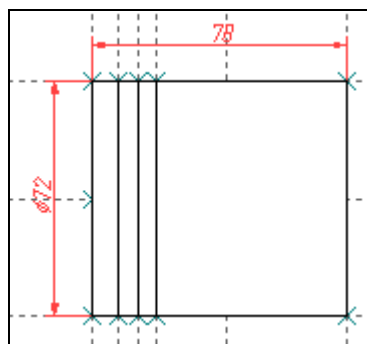


Рисунок 50 – Фрагмент-поршень.

Для данного фрагмента необходимо создать вектор привязки. Для этого выберете команду *FV*:

Построить вектор привязки

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<F> <V>	“Построения   Вектор привязки”	

После вызова команды необходимо указать направление вектора привязки (рисунок 51), отметив мышью необходимые точки, задающие направление вектора привязки при вставке в сборку (в сборке ориентацию фрагмента можно изменить). Если для вектора привязки нужно совпадение с осью X, то после указания начала вектора нажмите «Enter» или пиктограмму в автоменю. После указания начала и конца вектора привязки появляется меню параметров вектора привязки (рисунок 52).

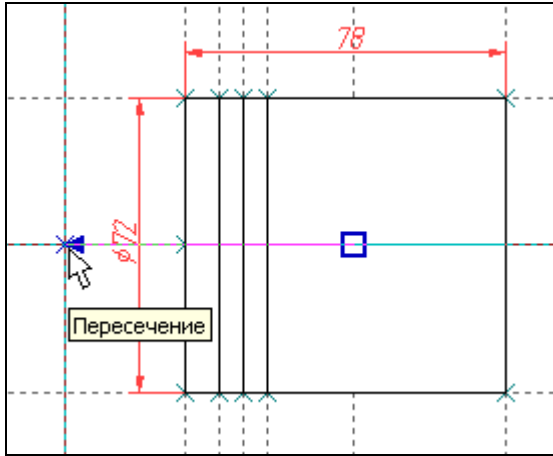


Рисунок 51 – Создание вектора привязки.

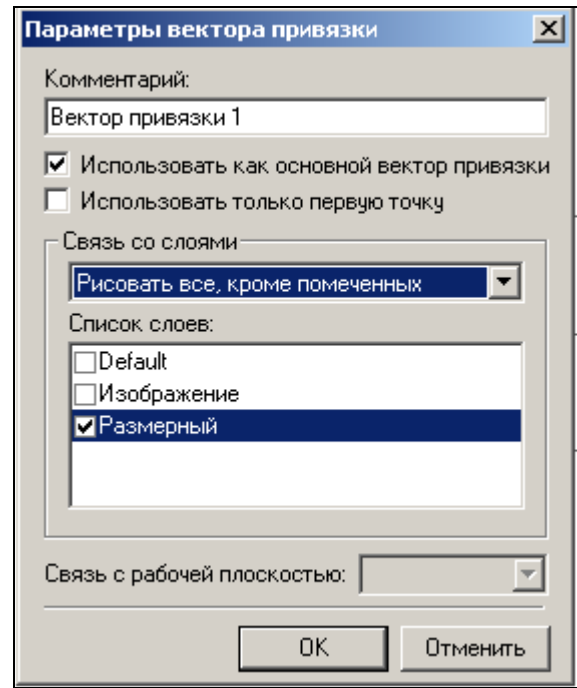


Рисунок 22 – Параметры вектора привязки.

Как видно из рисунка 4 во фрагменте использованы размеры, созданные в слое «Размерный». Как правило, в сборке размеры не требуются, поэтому их «погашают». Одним из способов «погашения» размеров является использование векторов привязки. На рисунке 5 в поле «Список слоёв» выделен слой «Размерный», а в поле связь со слоями указан параметр «Рисовать всё, кроме помеченных». Т.о. этот слой не будет отображён на сборке. Это один из способов «погашения» элементов, но не единственный. В отличие от других способов (с помощью уровней видимости и слоёв) он позволяет назначать отображение слоёв в зависимости от использования векторов привязки. Используя один и тот же фрагмент, но, привязывая разными векторами можно добиться отображения некоторых элементов на одной сборке и погашения их на другой.

После построения вектора привязки сохраните данный документ под именем «Поршень FV.grb» в одну из доступных директорий. Далее этот фрагмент будет участвовать в создании сборки.

Для редактирования векторов привязки используйте команду *EFV*:

Изменить вектор привязки

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E> <F> <V>	“Правка   Построения   Вектор привязки”	

Вставка фрагмента с помощью векторов привязки будет рассмотрена при создании сборки.

## 2) Точки привязки.

Точки привязки задаются переменными. При этом вертикальным и горизонтальным линиям в качестве параметров задаются зарезервированные имена переменных. В дальнейшем система определяет точку пересечения таких линий как точку привязки фрагмента. Точек привязки может быть несколько.

Фрагменты могут быть поворачиваемыми при вставке в сборку или неповорачиваемыми, а также привязываться одной точкой или несколькими.

При создании точек привязки необходимо руководствоваться определёнными правилами, которые рекомендуется соблюдать в дальнейшем при создании любого чертежа, либо

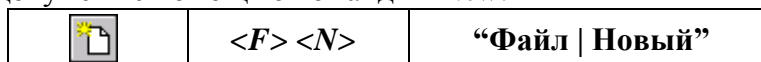
пользоваться готовыми шаблонами.



Для создания точек привязки система использует зарезервированные переменные  $x1, y1; x2, y2 \dots x9, y9$  – это координаты линий построения, заданные переменными.

Точка привязки должна быть пересечением двух линий построения - горизонтальной и вертикальной прямых, остальные линии чертежа должны быть созданы относительно этих двух линий.

Зарезервированные переменные можно создать двумя способами. Основным способом заключается в задании параметров линий построения, при этом переменная должна быть помечена как *внешняя*, что является обязательным условием при привязке фрагмента в этих точках.

Создайте новый документ с помощью команды *FNew*:



Постройте пересекающиеся линии построения, используя команду *Line* и опцию . Не указывая мышью положения пересекающихся прямых, вызовите свойства создаваемых прямых выбором опции  в автоменю или с клавиатуры клавишей *<P>* (рисунок 53). Таким образом перопределить положение пересекающихся линий можно и Редактором переменных

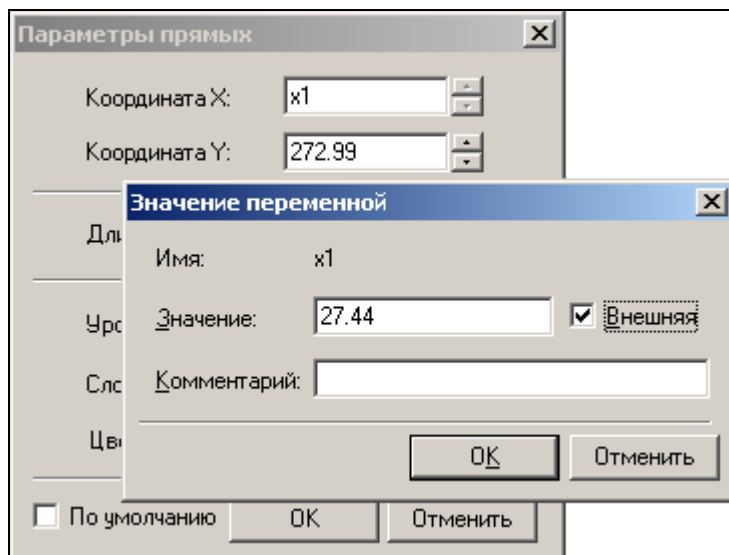



Рисунок 53 – Задание параметров прямых.

Второй способ – используя специальную опцию . Она становится активной после вызова команды *Line* - «Построить прямую» (рисунок 54). При этом способе переменные создаются автоматически (они по умолчанию являются внешними переменными), а на пересечении линий появляется цифра, соответствующая порядковому номеру переменной (рисунок 55).

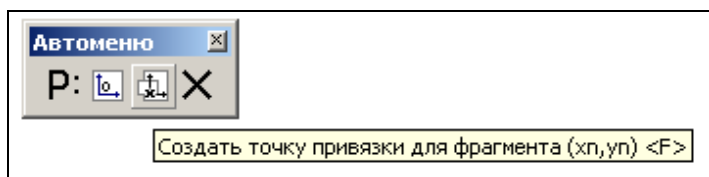


Рисунок 54 – Автоматическое создание зарезервированных переменных.

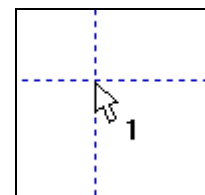


Рисунок 55 – Маркировка пересечения линий.

В зависимости от назначения фрагмента можно создать от 0 до 9 точек привязки. Обычно у фрагмента бывают одна точка привязки или две. Первая точка, как правило, задает положение фрагмента на чертеже, вторая - ориентацию или размер, либо и то, и другое.

Методика привязки фрагментов, на основе точек привязки будет рассмотрена в разделе создания сборки.

Т.о. положение фрагмента, созданного по линиям построения, откладываемым от линий с координатами  $x1$ ,  $у1$  будет зависеть от них и при изменении координат (переменных) начальных линий построения, будет изменяться положение фрагмента относительно листа.

### Практическое занятие №5. Создание сборки

Создание сборки заключается в последовательном нанесении фрагментов (рисунок 56). Для того, чтобы сборочный чертеж можно было параметрически изменять, необходимо «привязывать» фрагменты к узлам и задавать связи между переменными.

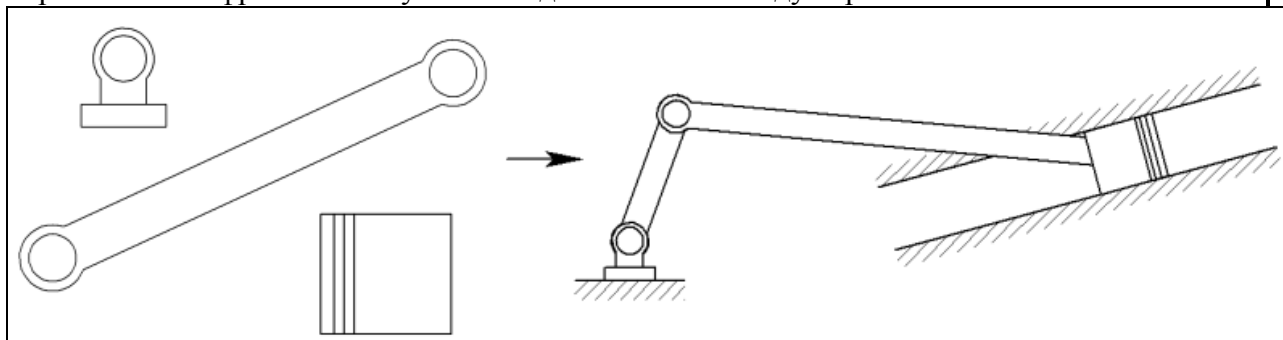


Рисунок 56 – Схема создания сборочного чертежа из фрагментов.

Необходимо произвести сборку кривошипно-шатунного механизма (рисунок 57).

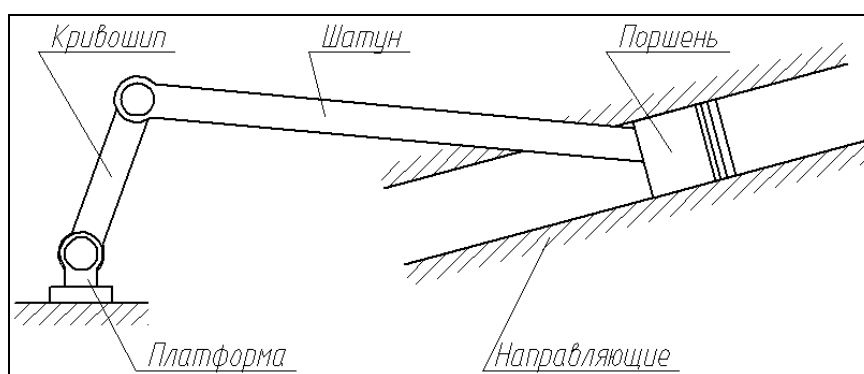


Рисунок 57 – Составляющие звенья кривошипно-шатунного механизма.

**Обратите внимание:** Встречающиеся в описании работы названия звеньев механизма будут указаны в соответствии с рисунком 57.

Для привязки фрагмента необходимо создание всех узлов, к которым будет осуществляться привязка фрагментов. Узлы создаются на пересечении линий построения или на узлах уже созданных фрагментов.

Сохраните документ под именем «Сборка механизма.grb» в одну из доступных директорий.

В созданном документе постройте пересекающиеся прямые и от горизонтальной линии отложите зависимую прямую (рисунок 58), угловое значение которой задайте переменной как показано на рисунке 59 (для вызова параметров прямой используйте опцию **P:** в ав-томеню).

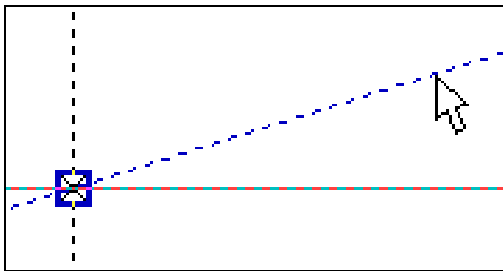


Рисунок 58 – Построение зависимой прямой (угловое значение).

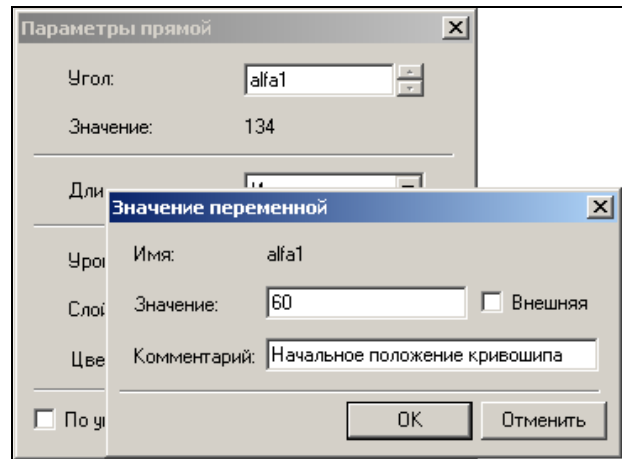


Рисунок 59 – Задание параметров угла для зависимой прямой.

Из точки пересечения прямых проведите окружность радиусом  $L1=100$ , определяющую расстояние между осями шарниров кривошипа (рисунок 60).

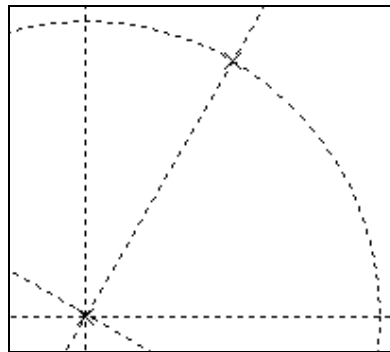


Рисунок 60 – Построение окружности, определяющей длину кривошипа.

Для вставки фрагментов необходимо воспользоваться командой *FRagment*:

Создать фрагмент

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<F> <R>	“Чертёж   Фрагмент”	

В автоменю выберите опцию (рисунок 61).

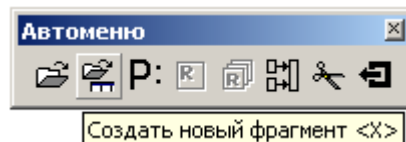


Рисунок 61 – Открытие файла фрагмента.

В окне параметров фрагмента в поле «Библиотека» выбираются библиотеки или каталоги, откуда должен вставляться фрагмент (рисунок 62). В поле «Просмотр» (рисунок 63) подсвечены точки привязки с номерами 1 и 2. В поле «Переменные» отображены внешние переменные, которые имеет фрагмент до вставки. Не отображаются только зарезервированные переменные, т.к. их значения задаются при привязке фрагмента к конкретным узлам.

Выберете фрагмент «Кривошип.grb» из библиотеки «Л/р №7-9» (рисунки 62, 63).

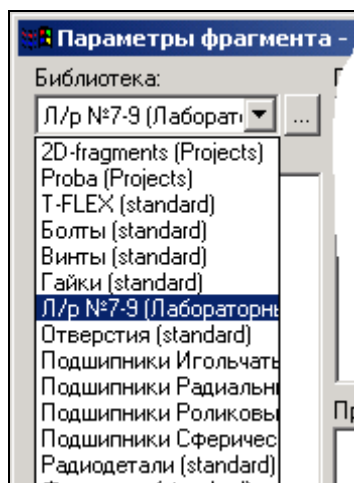


Рисунок 62 – Доступные библиотеки.

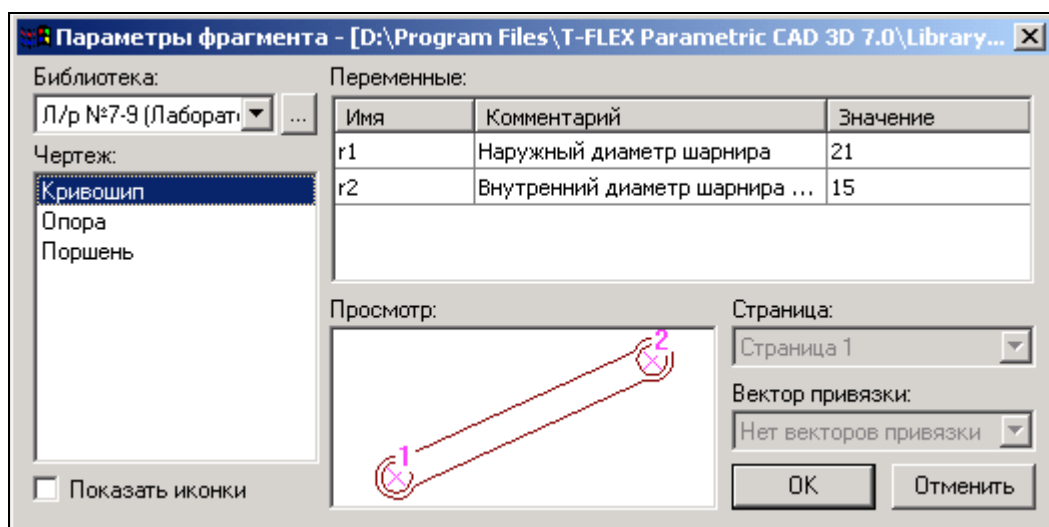


Рисунок 63 – Выбор фрагмента из библиотеки.

После нажатия кнопки **ОК** укажите поочередно местоположение первого и второго узла привязки (рисунок 64).

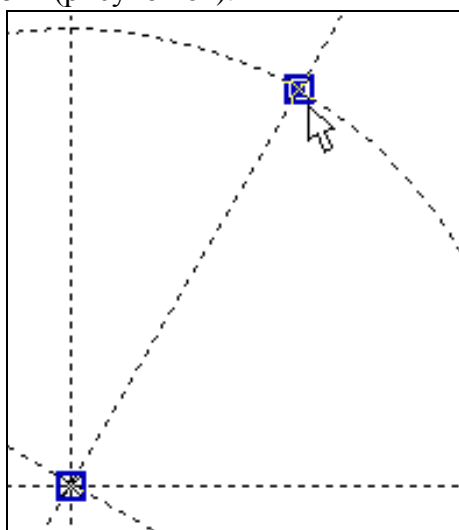


Рисунок 64 – Указание точек привязки.

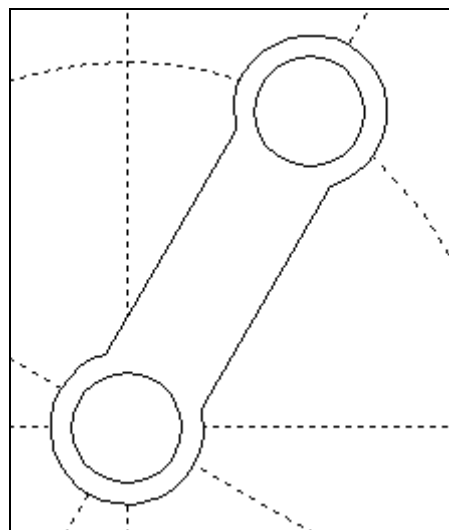



Рисунок 65 – Вставленный фрагмент.

Изменим размеры кривошипа: наружные и внутренние диаметры шарниров, а также поменять межосевое расстояние.

Все последующие фрагменты должны иметь те же диаметры, что и кривошип, поэтому в Редакторе переменных создадим переменные  $r1=14$  и  $r2=10$  (наружный и внутренний радиусы шарниров соответственно).

Далее воспользуемся командой *EFragment* для редактирования фрагментов:

Изменить фрагмент

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<E> <F> <R>	“Правка   Чертёж   Фрагмент”	

Укажите на кривошип и в появившемся автоменю выберите опцию  (рисунок 66).

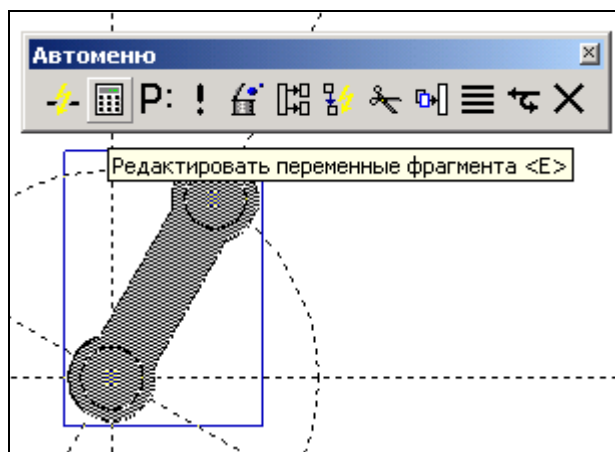


Рисунок 66 – Редактирование фрагмента.

В появившемся окне присвойте численным значениям параметров значения  $r1$  и  $r2$  (рисунок 67), численные значения которых заданы в Редакторе переменных.

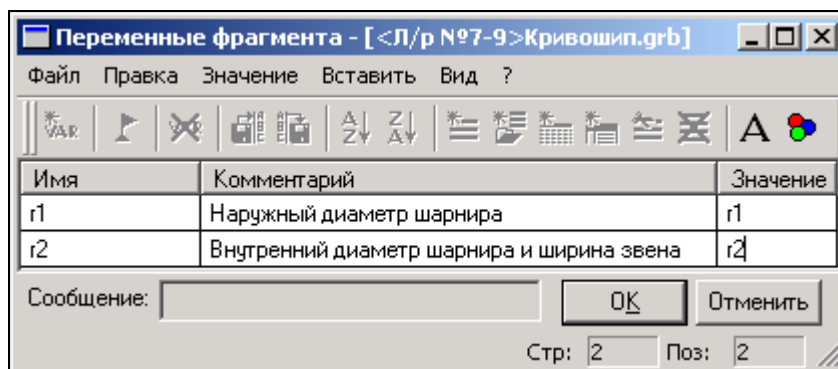



Рисунок 67 – Редактирование переменных фрагмента.

Т.о. если при вставке значение внешней переменной задать переменной текущего документа, то система будет каждый раз пересчитывать параметры фрагмента при изменении их в Редакторе переменных. Это очень удобно, так как при изменении параметров  $r1$  и  $r2$  в текущем документе, то фрагменты с такими же значениями внешних переменных также автоматически пересчитаются.

Ещё раз укажите на фрагмент кривошипа и выберите опцию  в автоменю. В появившемся окне установите параметры фрагмента как указано на рисунке 68.



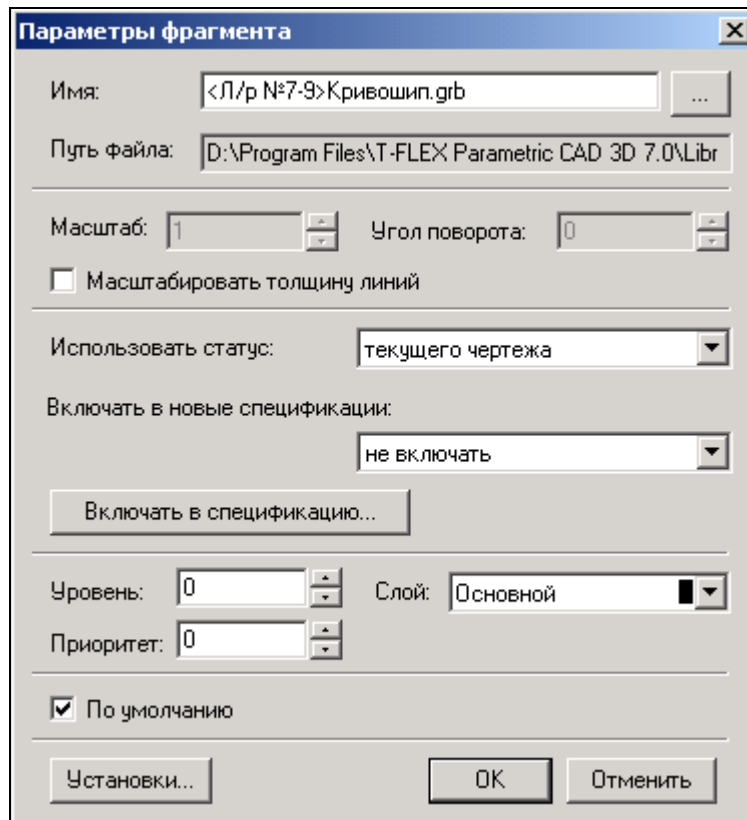


Рисунок 68 – Установка параметров

Для того, чтобы фрагмент имел те же настройки, что заданы в статусе документа (высота шрифтов, толщина линий, стили размеров и т.д.), в поле «Использовать статус:» необходимо сделать пометку «текущего чертежа». Настройки статуса документа будут сделаны позже.

Укажите пометку «По умолчанию» для применения данных настроек всем последующим фрагментам данного документа.

Длина кривошипа (см. рисунок 57) определяется параметром  $L1$ . Значение параметра можно поменять в Редакторе переменных текущего документа (рисунок 69):

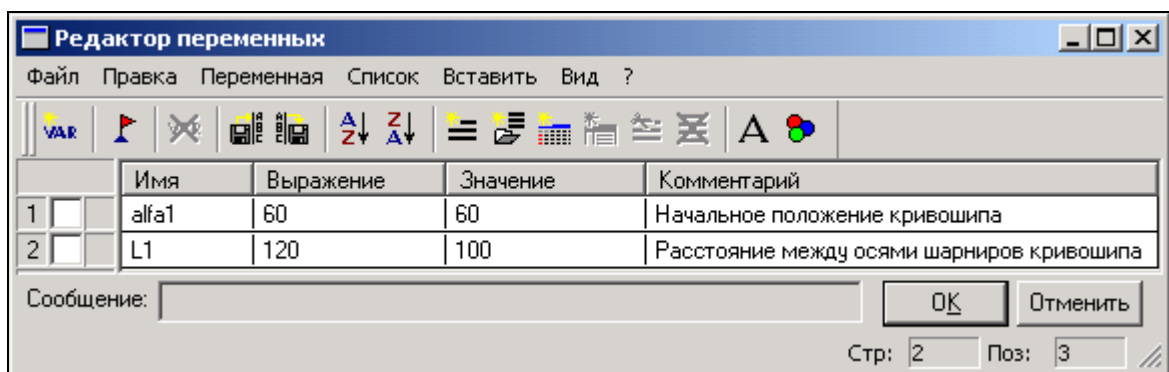
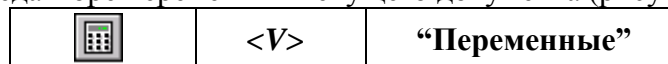


Рисунок 69 – Редактирование переменных текущего документа.

Постройте окружность через ось шарнира как показано на рисунке 70. В параметрах окружности укажите значение  $L2=250$ . Данное значение будет определять радиус шатуна (если быть точным, то межосевое расстояние).

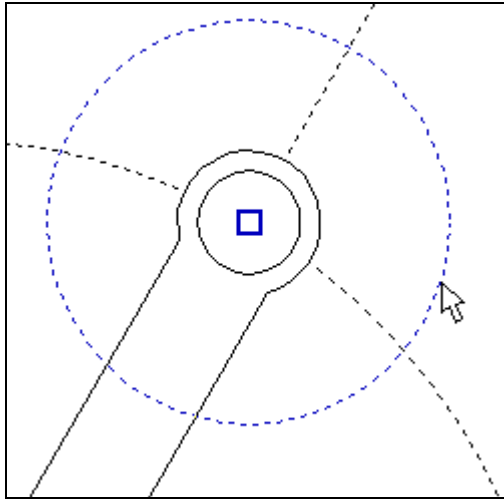


Рисунок 70 – Задание радиуса шатуна.

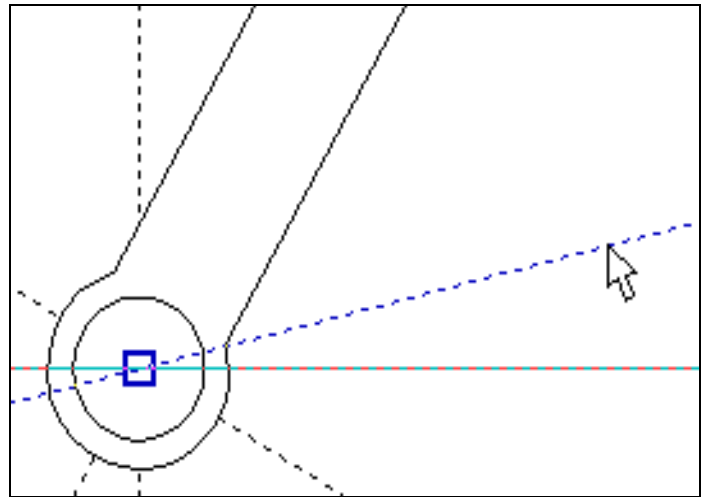


Рисунок 71 – Построение прямой.

Далее необходимо определить местоположение поршня. Поршень должен находиться под углом к горизонтали на  $10^\circ$ . Для этого постройте зависимую прямую как показано на рисунке 71 с параметром  $alfa2=10^\circ$ . Точка пересечения данной прямой с окружностью, параметр которой  $L2=250$ , есть вторая точка привязки шатуна.

Вставьте ещё один фрагмент «Кривошип.grb» (рисунок 72). При вставке шатуна в параметрах фрагмента (поле «Параметры») сразу поменяйте значения диаметров шарниров шатуна как у кривошипа, изменённые ранее.

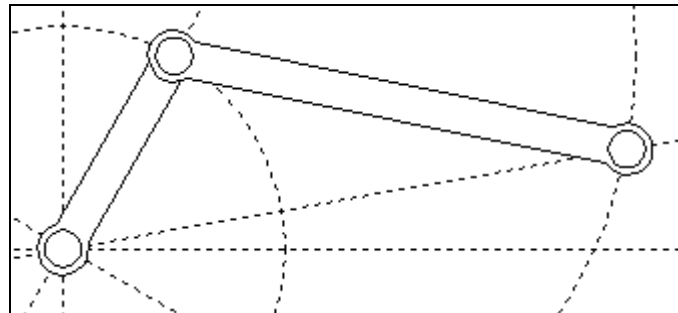
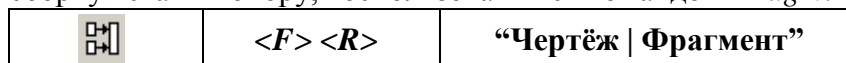


Рисунок 72 – Вставка шатуна.

Как мы видим, фрагмент шатуна перекрывает кривошип (рисунок 72). Т.к. оба элемента имеют одинаковый приоритет, то взаимное перекрытие фрагментов определяется порядком их вставки.

Следующим в сборку вставим опору, воспользовавшись командой *FFragment*.



Выставьте параметры фрагмента как показано на рисунке 73.

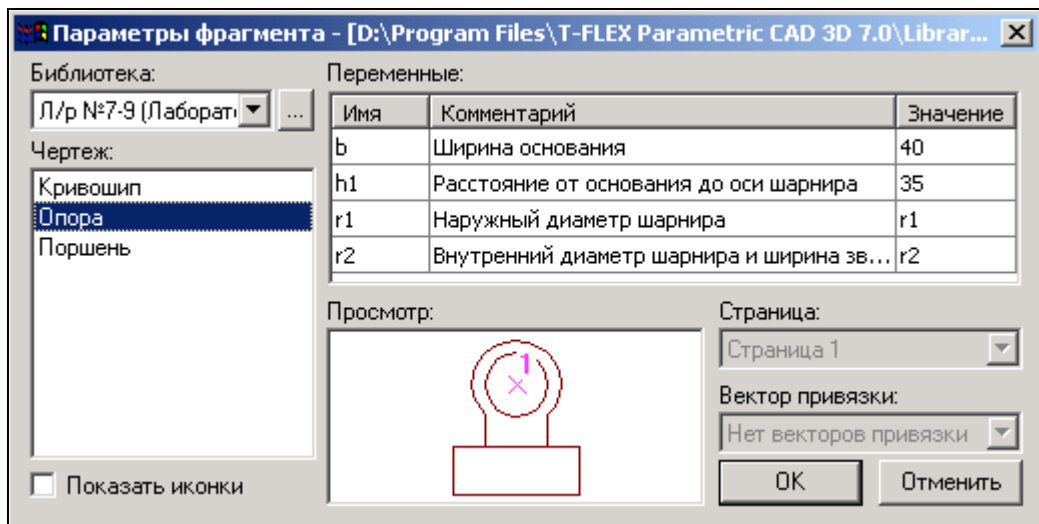


Рисунок 73 – Свойства фрагмента «Опора.grb».

**Предупреждение:** при изменении значений переменных может появиться сообщение о неправильном пересчёте значений переменных. Игнорируйте данное предупреждение и продолжите ввод значений. Это связано с тем, что система автоматически делает пересчёт параметров и в случае потери связей выдаёт предупреждение о возможной потере данных. После указания одной точки привязки получим:

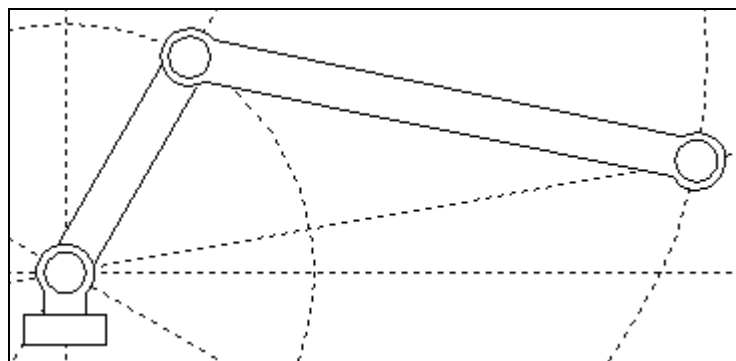


Рисунок 74 – Вставка основания.

Далее необходимо вставить фрагмент поршня. Направление действия поршня задаётся прямой, проходящей через точку привязки опоры и свободным концом шатуна (см. рисунок 74). В сборку будет включаться ранее сохранённый фрагмент с именем «Поршень FV.grb». Как вы помните, для ориентации фрагмента создавался вектор привязки, поэтому одной точки привязки не достаточно. Создадим вторую точку привязки, определяющую направление вектора привязки. В точке привязки поршня постройте перпендикулярную прямую как показано на рисунке 75.

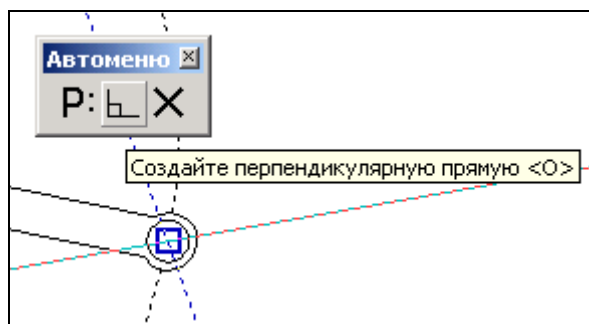


Рисунок 75 – Построение перпендикулярной прямой.

От данной прямой отложите в положительном направлении на любое расстояние ещё одну прямую (рисунок 76).

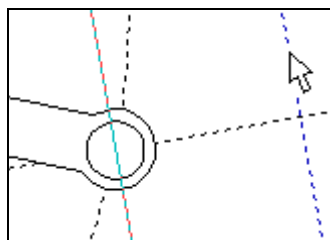



Рисунок 76 – Задание направления привязки фрагмента с помощью вектора привязки.

Для выбора фрагмента из каталога нажмите пиктограмму  в поле «Библиотека» и укажите путь каталога, куда был сохранён файл «Поршень FV.grb» (рисунок 78).

На рисунке 77 в поле «Просмотр» подсвечиваются векторы привязки: красным – активный вектор привязки, синим – неактивный.

Поменяйте значения внешних переменных:  $L=58$ ,  $D=52$ .

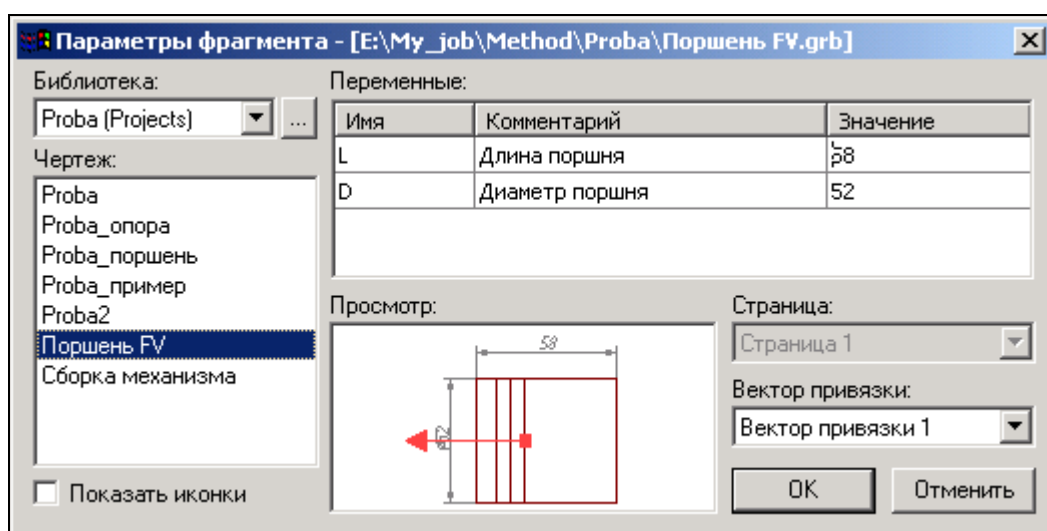


Рисунок 77 – Выбор фрагмента из библиотеки или каталога.

После нажатия кнопки **OK** укажите поочередно местоположение первого и второго узла привязки (рисунок 78).

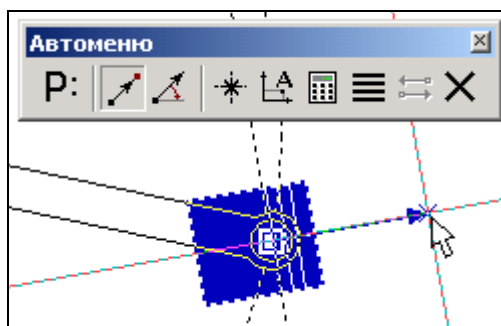





Рисунок 78 – Привязка фрагмента с помощью вектора привязки по двум точкам.

Привязку фрагмента с помощью векторов привязки основным способом осуществляют по двум точкам с привязкой к конкретным узлам, этому способу соответствует опция  в автоменю. Также, по мере необходимости, имеется возможность указывать вектор привязки в абсолютных координатах (опция ) или по одной точке и углу (опция ). Важно учитывать, что линии и другие элементы фрагмента не являются частью чертежа, в

который он включен. Это означает, что на их основе нельзя обычным способом создавать другие элементы, например, размеры. Для решения этого вопроса в T-FLEX CAD предусмотрен специальный тип узлов – *узлы с фрагмента*.

Как Вы заметили, узлы фрагментов не отображаются, но если осуществлять привязку к предполагаемым узлам, то они подсвечиваются (рисунок 79).

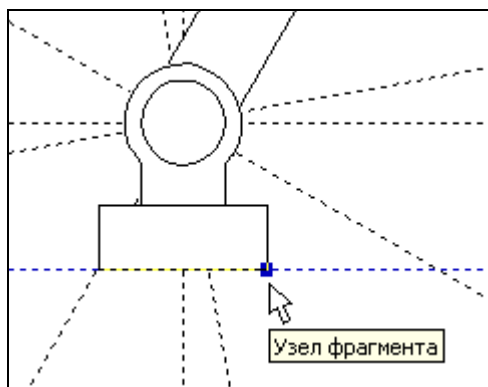
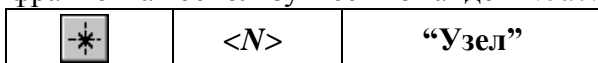


Рисунок 79 – Подсвечивание узла фрагмента.

Чтобы отобразить узлы фрагмента воспользуйтесь командой *Node*:



В появившемся автоменю выберите опцию и укажите на нужный фрагмент (рисунок 80) и в изменившемся автоменю опцию (рисунок 81).

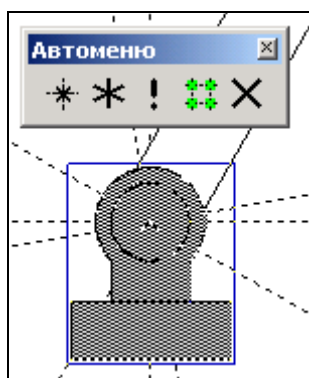


Рисунок 80 – Выбор фрагмента для отображения узлов.

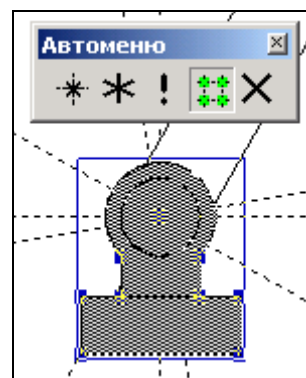


Рисунок 81 – Подсвечивание узлов с фрагмента.

Далее, чтобы отобразить какой-нибудь конкретный узел, выберите опцию и указателем отметьте необходимый узел (рисунок 82). Если нужно отобразить все узлы фрагмента, то после их подсвечивания выберите опцию и все узлы фрагмента отобразятся (рисунок 83).

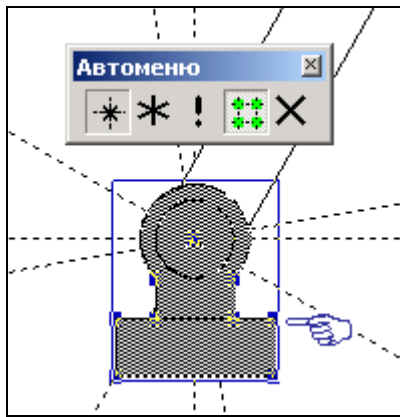


Рисунок 82 – Выбор узла для отображения.

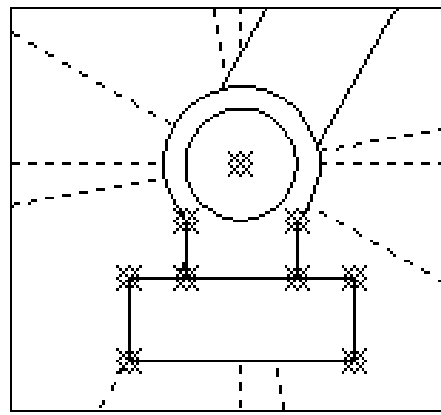


Рисунок 83 – Отображение всех узлов фрагмента.

Схематично дорисуйте направляющие поршня и поверхность на которую установлена опора (рисунок 84).

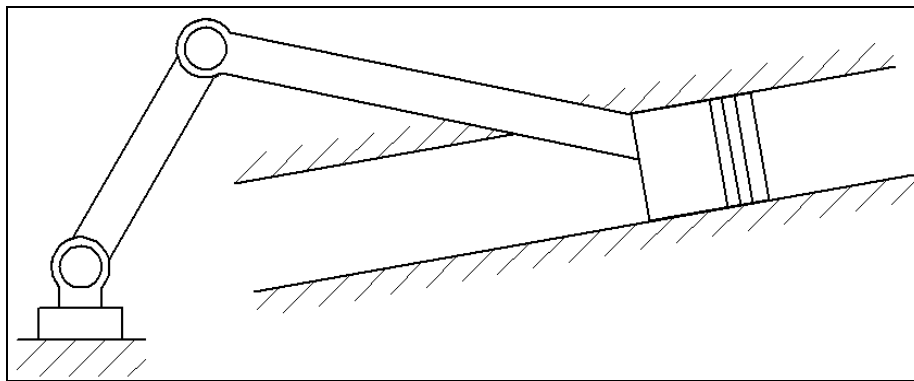



Рисунок 84 – Сборка кривошипно-шатунного механизма.

Используя команды редактирования фрагментов, линий изображения и штриховок, измените приоритет отображения отдельных элементов (приоритет отображения – произвольный).

#### Некоторые рекомендации при работе с фрагментами сборки.

1. Иногда требуется координальное изменение геометрии фрагмента с удалением элементов построения (линий узлов), при этом все зависимые построения в сборке требуется сохранить. Поэтому важно сказать о том, что все построения, выполненные с использованием узлов фрагмента «привязаны» именно к той геометрии, которую имел фрагмент на момент вставки; это вовсе не означает, что при изменении параметров фрагмента, при его открытии, будут потеряны связи. Если всё же координальное изменение фрагмента неизбежно, то рекомендуется сохранить редактируемый фрагмент под другим именем, а в сборке погасить с помощью изменения уровней видимости или слоёв.
2. При редактировании фрагментов имеется возможность их «раскрытия» (опция ) . Данной функцией следует пользоваться лишь в тех случаях, когда местоположение фрагмента и параметры его определены, т.к. параметрические зависимости между линиями изображения теряются и изменение фрагмента с помощью переменных невозможно.
3. При работе со сборками следует учитывать, что файл сборки не содержит в себе геометрические зависимости фрагментов (кроме случая с раскрытыми фрагментами), а только содержит ссылки на них. Поэтому копирование сборки нужно осуществлять вместе с фрагментами.


## Практическое занятие № 6. Создание анимации движения сборочного механизма

Система T-FLEX CAD позволяет создавать анимацию чертежей, посредством пошагового изменения какого-либо параметра, заданного переменной. Одновременно происходит перерисовка чертежа на каждом шаге.

Рассмотрим создание анимации для кривошипно-шатунного механизма, сборка которого осуществлялась ранее. Положение механизма зависит от значения параметра линии построения на основе которой создан кривошип. Т.о. периодически меняя значение линии построения с параметром угла «*alfa1*», получится анимация механизма.

Для создания анимации воспользуйтесь командой:

Анимация

Клавиатура	Текстовое меню	Пиктограмма
<A> <N>	“Параметры   Анимация”	

При входе в команду на экране появляется диалоговое окно параметров команды (рисунок 85). После нажатия **OK** отобразится механизм в разных положениях (рисунок 39). Для прекращения анимации во время работы нажмите **<Esc>**.

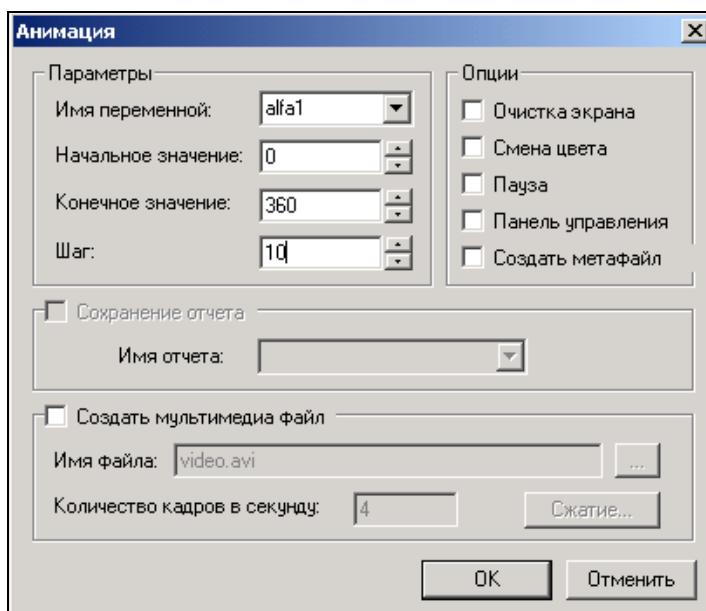


Рисунок 85 – Параметры анимации.

Для анимации могут быть установлены следующие параметры:

**Имя переменной.** Вы можете задать имя переменной, значение которой будет изменяться (кроме текстовой переменной).

**Начальное значение.** Значение переменной, с которого начнется ее изменение.

**Конечное значение.** Значение переменной, при котором закончится выполнение команды.

**Шаг.** Число, которое будет прибавляться к значению переменной на каждом шаге анимации.

**Очистка экрана.** При задании данной опции, на каждом шаге экран будет очищаться. В противном случае, изображение будет накладываться и вы сможете увидеть динамику движения и изменения чертежа на каждом шаге.

**Смена цвета.** При задании данной опции, изображение на каждом шаге будет отображаться разным цветом. Эта опция полезна, если вы хотите сравнивать различные результаты при изменении значений параметров чертежа.

**Пауза.** При задании данной опции после перерисовки чертежа на каждом шаге система потребует от вас подтверждения очередной прорисовки.

**Создать метафайл.** При задании данной опции, изображение, получаемое в результате анимации, будет сохранено в чертеже-метафайле. Затем можно вывести метафайл на принтер или плоттер, включить его в чертеж T-FLEX CAD или экспортировать в другой формат. Отметим, что при включенном режиме «Очистка экрана» вывод в метафайл не осуществляется.

При установке параметра **Создать мультимедиа файл** можно создавать файлы формата (\*.avi), здесь же задается «Имя файла» и «Количество кадров в секунду». Кнопка **[Сжатие]** выводит на экран окно диалога для выбора программы сжатия, либо для записи полных кадров (сжатия) и задания параметров сжатия.

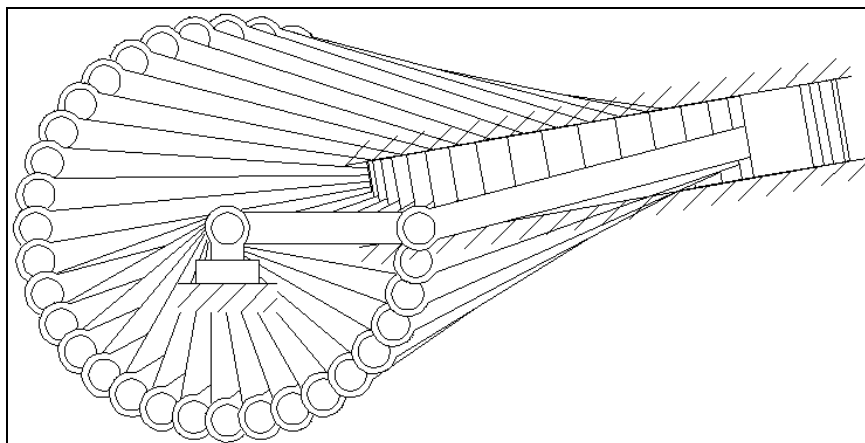


Рисунок 86 – Анимация механизма.

Установите параметры анимации как показано на рисунке 85 и нажмите **ОК**.  
Сохраните результаты работы в одну из доступных директорий.



## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Комплект документации к системе T-FLEX CAD
2. Сборник рекламных материалов по системе T-FLEX CAD
3. Руководство пользователя

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ  
ГРАФИКА  
для студентов специальности 220301 – ”Автоматизация технологических процес-  
сов и производств”  
Часть 1

Составители *доц. Антипина Е.С., доц. Степанов В. А.*

Ответственный редактор *доц. Свидченко А. И.*

Рецензент *доц. Проскурнин А. Л.*

Редактор Л. Д. Бородастова

---

Подписано в печать \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Усл. печ. л. \_\_\_\_\_

Тираж \_\_\_\_\_ экз.

Отпечатано в типографии

Невинномысского технологического института

Северо-Кавказского государственного технического университета

---

357108, г. Невинномысск, ул. Гагарина, 1

---