

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емец Валерий Сергеевич  
Должность: Директор филиала  
Дата подписания: 18.05.2026 10:09:46  
Уникальный программный ключ:  
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Рязанский институт (филиал)  
Федерального государственного автономного образовательного учреждения  
высшего образования

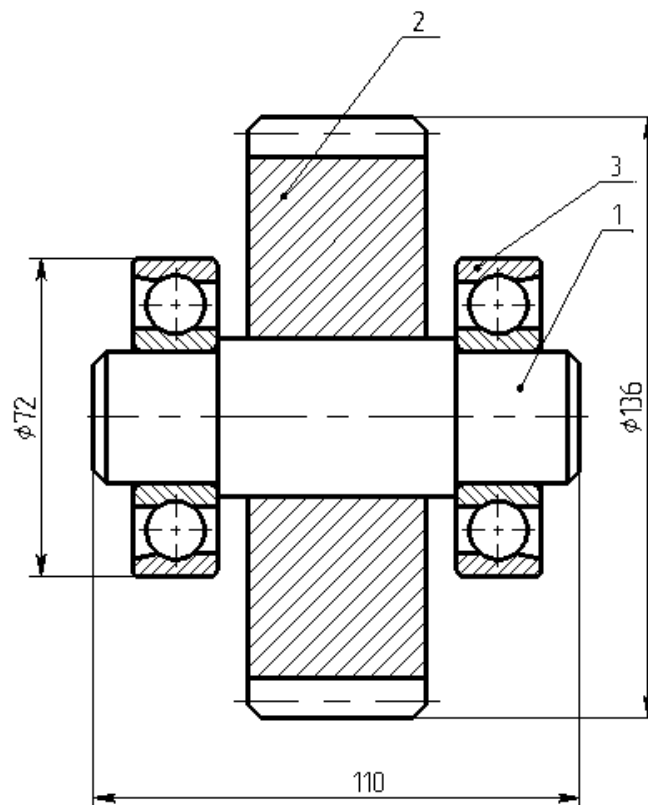
Кафедра «Энергетические системы и точное машиностроение»

А.Н. Паршин, Н.Н. Татарников, А.Д. Чернышев

## ДВУХМЕРНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЧЕРЧЕНИЕ В T-FLEX CAD ВЕРСИИ 17

Часть 2

Методические указания к практическим занятиям



Рязань  
2024

**УДК 004.92**  
**ББК 32.973.26-018.2**  
**П18**

**Паршин, А.Н.**

- П18** Двухмерное параметрическое проектирование и черчение в T-Flex версии 17. Часть 2: Методические указания к практическим занятиям / А.Н. Паршин, Н.Н. Татарников, А.Д. Чернышев. – Рязань : Рязанский институт (филиал) Московский политехнический университет, 2024. – 44 с.

Методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «Машиностроительная компьютерная графика в системе «Т-Flex» и «Компьютерная графика в системе «Т-Flex» содержит краткое описание основных положений работы в системе T-Flex CAD 2D версии 17 автоматизированного программного комплекса T-Flex. Практический курс изучения системы T-Flex CAD 2D версии 17 состоит из двух частей и шести практических работ. В каждую работу входят теоретическая часть, где приводится описание команд и опций, типовые и контрольные графические задания.

Методические указания предназначены для студентов направлений подготовки 15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств и 21.03.01 Нефтегазовое дело всех форм обучения.

Печатается по решению Методической комиссии Рязанского института (филиала) Московского политехнического университета.

**УДК 004.92**  
**ББК 32.973.26-018.2**

© Паршин А.Н., Татарников Н.Н.,  
Чернышев А.Д., 2024  
© Рязанский институт (филиал)  
Московского политехнического  
университета, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическое занятие № 4 – Интерактивное формирование параметрического чертежа детали. Обозначение на чертеже шероховатостей, технических требований .....	5
1 Теоретическая часть .....	5
2 Типовые графические задания .....	8
3 Содержание отчёта .....	13
Практическое занятие № 5 – Изменение параметрических связей. Измерение элемента или отношения между элементами. Анимация. Оптимизация .....	14
1 Теоретическая часть .....	14
2 Типовые графические задания .....	20
3 Содержание отчёта .....	25
Практическое занятие № 6 – Формирование фрагментов на основе чертежей деталей. Компоновка сборочного чертежа в системе T-FLEX CAD .....	25
1 Теоретическая часть .....	25
2 Типовые графические задания .....	33
3 Содержание отчёта .....	42
Библиографический список .....	43

## Введение

Практический курс изучения системы T-Flex CAD 2D версии 17 состоит из двух частей и шести работ. В первой части методического пособия к практическим занятиям по дисциплинам «Машиностроительная компьютерная графика в системе «T-Flex» и «Компьютерная графика в системе «T-Flex» рассмотрены три работы. Эти работы знакомят студентов с системой T-FLEX CAD, основными понятиями, способами построения и редактирования чертежа, формированием параметрических зависимостей между геометрическими элементами, геометрическими построениями, нанесением размеров на чертеж, создание и редактирование копий, фасками, штриховками и вставкой объекта T-FLEX CAD в текстовый документ. В каждую работу входят теоретическая часть, где приводится описание команд и опций, типовые и контрольные графические задания.

Во второй части методических указаний рассмотрены ещё три работы к практическим занятиям по указанным ранее дисциплинам, которые знакомят студентов с интерактивным формированием параметрического чертежа детали, обозначением на чертеже шероховатостей, технических требований, способами изменения параметрических связей, измерениями элемента или отношения между элементами, анимацией, оптимизацией, формированием фрагментов на основе чертежей деталей, компоновкой сборочного чертежа в системе T-FLEX CAD и спецификацией.

Высокоэффективные средства системы T-Flex CAD позволяют использовать ее для решения широкого круга задач: проектирования оборудования и инструмента, составления технологических карт и спецификаций, подготовки данных для разработки технологических процессов, динамического графического моделирования процессов и изделий, механизмов и машин, дизайна промышленных изделий и оборудования [1, 2].

# Практическое занятие № 4 – Интерактивное формирование параметрического чертежа детали. Обозначение на чертеже шероховатостей, технических требований

## Цели занятия:



- 1) задание параметров чертежа с помощью переменных. Определение связей между переменными. Освоение принципов формирования параметрического чертежа детали;
- 2) изучение команд создания и редактирования элементов изображения: шероховатостей, допусков, надписей, текстов.

## 1 Теоретическая часть

### 1.1 Работа с переменными T-FLEX CAD

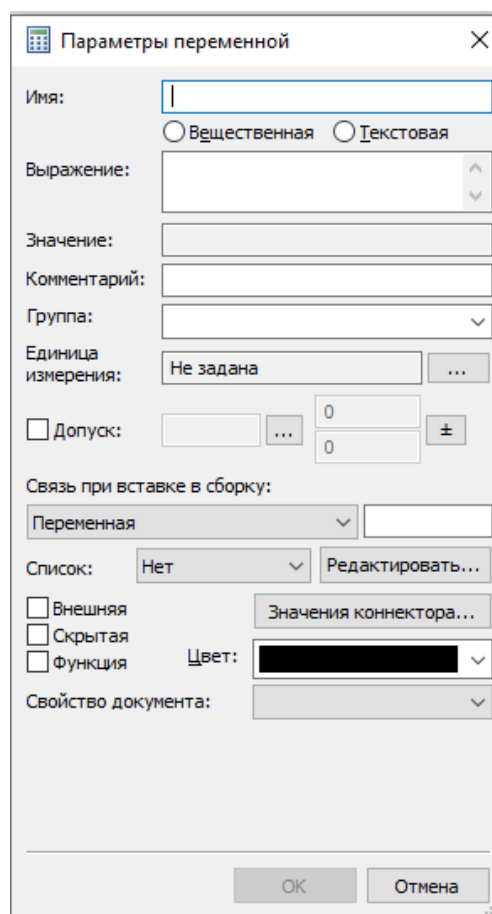
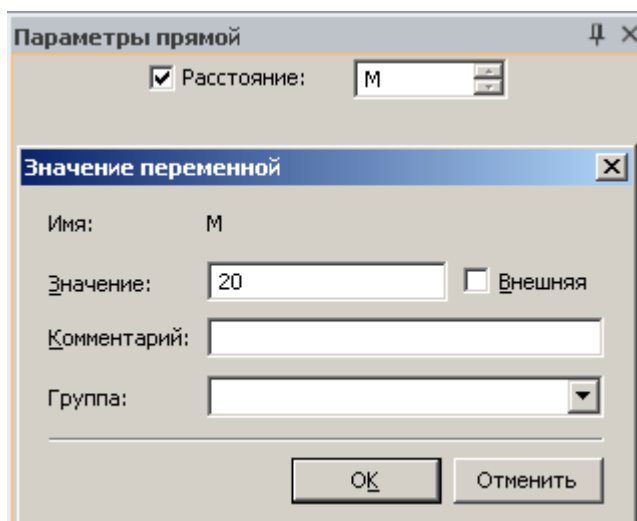
#### 1.1.1 Способы создания переменных в T-FLEX CAD

Переменные в T-FLEX CAD используются для установления параметрических зависимостей между элементами системы. Переменные можно создать несколькими способами: при задании параметров линий построения; при редактировании параметров линий построения; в редакторе переменных, и др.

При задании или редактировании параметра линии построения в окне диалога вместо численного значения можно вести имя переменной. Если переменная с таким именем существует, то линия построения определится в соответствии со значением этой переменной. Если такой переменной нет, то на экране появится окно для задания значения этой переменной (рисунок 1а). При создании переменных в редакторе переменных необходимо зайти в команду  («Параметры|Переменные») и нажать опцию  «Создать новую переменную». При этом появится окно для задания свойств переменной (рисунок 1б).

При создании переменных в диалоговых окнах достаточно ввести имя переменной, а в поле «Значение» или «Выражение» задать значение переменной или формулу для ее расчета. Для каждой переменной рекомендуется вводить комментарий, это облегчает работу.

Для того, чтобы система могла в любой момент времени вычислить значение переменной, для каждой переменной задаётся выражение. Выражение – это математическая формула, содержащая стандартные алгебраические действия, логические действия, условные операции, обращения к математическим функциям и функциям T-FLEX CAD, различные константы (вещественные или символьные в зависимости от типа переменной), значения других переменных.



а)

б)

Рисунок 1 – Создание переменных в T-FLEX CAD


Для любой переменной T-FLEX CAD можно задать список значений. Точнее – список выражений, т.к. список переменной может содержать любые значения, не обязательно константы. Даже для переменной-функции можно задать список из различных выражений. После этого значение любой переменной, а точнее, выражение, определяющее это значение, можно выбирать из созданного списка.

При необходимости для переменной можно указать группу. Деление переменных на группы позволяет легче ориентироваться в большом списке переменных сложного чертежа.

Любой переменной, значение которой задано константой (числовой или символьной), можно присвоить атрибут «внешняя». Внешние переменные служат для организации параметрической связи между сборочным документом и фрагментами.

Для упорядочивания работы с большим количеством переменных можно также использовать механизм скрытых переменных.

### 1.1.2 Редактор переменных

Для изменений свойств и значения переменной нужно выбрать служебное окно «Переменные» или вызвать редактор переменных при помощи команды «». Тогда на экране появится окно «Редактор переменных» (рисунок 2). В

обособленном виде редактор переменных – это просто мощный калькулятор. Список переменных отображается в окне редактора в виде таблицы, вид которой может свободно редактироваться пользователем. Можно изменить количество и состав отображаемых столбцов, параметры группировки и сортировки строк таблицы, параметры сетки таблицы.

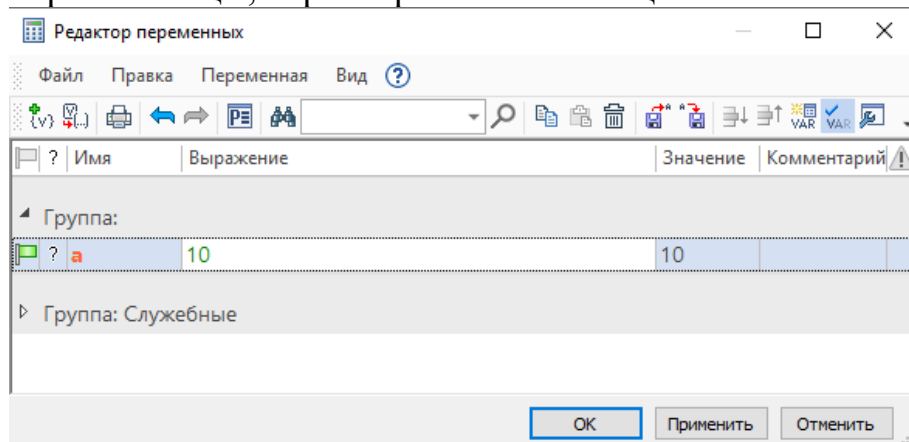




Рисунок 2 – Редактор переменных

Редактирование выражения существующих переменных выполняется в прозрачном режиме в поле «Выражение». Пересчёт введенного выражения и, соответственно, значений всех других переменных происходит, когда пользователь переходит к редактированию выражения другой переменной, то есть перемещает курсор в другую строку. Если выражение было введено правильно, то в колонке «Значение» появится результат расчёта выражения.

Редактор переменных имеет собственное текстовое меню и инструментальную панель, содержащую основные команды для работы с переменными.

## 1.2 Нанесение шероховатости поверхности

Для нанесения шероховатости поверхности в T-FLEX CAD существует команда «» («Чертеж|Шероховатость»). По первому нажатию левой клавиши мыши выбирается линия чертежа, к которой необходимо привязать знак шероховатости, далее в окне свойств шероховатости (рисунок 3) выбирается тип шероховатости, а в поле с заданным типом шероховатости (например Ra:) выбирается числовое значение шероховатости из выпадающего списка с помощью опции «». Вторым нажатием левой клавиши мыши определяется ориентация знака. Дополнительные свойства для шероховатости можно задать, используя закладки в окне свойств.

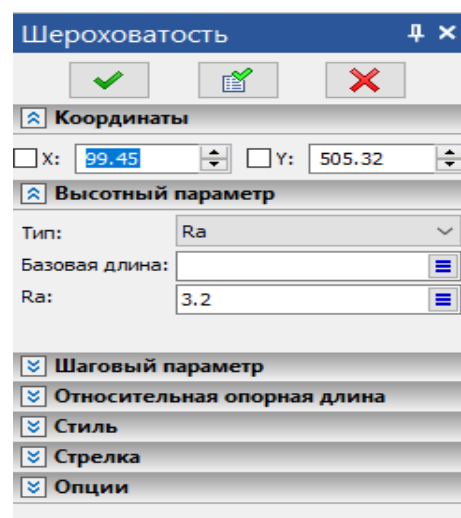








Рисунок 3 – Окно свойств для шероховатости

### 1.3 Оформление чертежа




Основная надпись в T-FLEX CAD наносится при помощи команды «» («Оформление|Основная надпись|Создать»). После входа в команду необходимо указать вид основной надписи, а после этого задать необходимые параметры основной надписи. Переместить основную надпись можно при помощи команды «» («Оформление|Основная надпись|Переместить»).

Неуказываемая шероховатость в правом верхнем углу листа проставляется при помощи команды «» («Оформление|Неуказываемая шероховатость|Создать»). Тип и числовое значение шероховатости выбираются в окне «Параметры шероховатости».

Технические требования чертежа наносятся при помощи команды «» («Оформление|Технические требования|Создать»). По окончании ввода текста необходимо нажать «».

При вводе технических требований, текста и материала изделия можно воспользоваться опцией «» «Словарь» для ввода стандартных фраз технических требований или материала по ГОСТ. Словарь можно пополнять, воспользовавшись инструментальной панелью, которая содержит основные команды для редактирования словаря и вставки стандартных фраз в T-FLEX CAD.

### 1.4 Работа с текстом

Для нанесения текстовой информации в текущий документ используется команда « Текст». Вначале необходимо определить расположение текста, затем ввести сам текст в окне текстового редактора. По окончании ввода нажать «». Также с помощью этой команды можно создавать и редактировать таблицы с помощью опции «». Кроме этого, в T-FLEX CAD есть команды проверки правописания текстов, которые позволяют проверять правописание как текстов на чертеже, так и любых текстов в полях редактирования.

## 2 Типовые графические задания

2.1 Получите графическое задание согласно своему номеру варианта и заданию преподавателя (таблица 1). На чертеже представлена деталь в двух проекциях, в таблице приводятся данные для формирования изображения.



2.2 Откройте окно редактора переменных «». При помощи команды «» создайте переменные, соответствующие данным для формирования изображения, представленным в задании.

Таблица 1 – Варианты заданий для практического занятия № 4

№ варианта	Чертеж	Данные для формирования изображения						
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="135 342 209 584">Обозначение</td> <td data-bbox="209 342 316 584">КТПМ.04.04.01</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 584 209 848">Материал</td> <td data-bbox="209 584 316 848">Бр А9Мц2Л ГОСТ 493-79</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 848 209 1137">Наименование</td> <td data-bbox="209 848 316 1137">Фланец</td> </tr> </table>	Обозначение	КТПМ.04.04.01	Материал	Бр А9Мц2Л ГОСТ 493-79	Наименование	Фланец		<p>Параметры:  <math>L = 65</math>;  <math>M = 16</math>;  <math>L_1 = 35</math>;  <math>N = 4</math>.</p> <p>Зависимые:  <math>D = 2 \cdot M</math>;  <math>D_1 = \text{INT}(0,9 \cdot M)</math>;  <math>D_5 = M + 2</math>;  <math>L_4 = \text{INT}(0,25 \cdot M)</math>;  <math>L_3 = \text{INT}(0,5 \cdot L_1)</math>;  <math>L_2 = \text{INT}(0,7 \cdot L_1)</math>;  <math>L_5 = \text{INT}(0,2 \cdot L_1)</math>;  <math>D_3 = \text{INT}(0,15 \cdot L)</math>;  <math>D_4 = \text{INT}(1,5 \cdot D)</math>;  <math>D_2 = \text{INT}(D_3/2)</math>;  <math>L_6 = \text{INT}(0,1 \cdot L)</math>.</p>
Обозначение	КТПМ.04.04.01							
Материал	Бр А9Мц2Л ГОСТ 493-79							
Наименование	Фланец							
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="135 1193 209 1458">Обозначение</td> <td data-bbox="209 1193 316 1458">КТПМ.04.04.02</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 1458 209 1744">Материал</td> <td data-bbox="209 1458 316 1744">Сталь 45 ГОСТ 1050-2013</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 1744 209 2038">Наименование</td> <td data-bbox="209 1744 316 2038">Втулка</td> </tr> </table>	Обозначение	КТПМ.04.04.02	Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	Наименование	Втулка		<p>Параметры:  <math>D = 80</math>;  <math>M = 60 \times 3</math>;  <math>L = 55</math>;  <math>D_4 = 5</math>.</p> <p>Зависимые:  <math>L_1 = \text{INT}(0,8 \cdot L)</math>;  <math>L_2 = 5</math>;  <math>L_4 = \text{INT}(0,1 \cdot L)</math>;  <math>L_3 = \text{INT}(0,4 \cdot L)</math>;  <math>D_1 = M - 5</math>;  <math>L_5 = \text{INT}(0,6 \cdot M)</math>;  <math>D_3 = \text{INT}(0,8 \cdot D)</math>;  <math>L_7 = \text{INT}(0,75 \cdot D)</math>;  <math>N = 6 (8)</math>;  <math>D_2 = \text{INT}(L_5 \cdot 0,4)</math>;  <math>L_6 = \text{INT}(0,6 \cdot L)</math>.</p>
Обозначение	КТПМ.04.04.02							
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013							
Наименование	Втулка							

Продолжение таблицы 1

№ варианта	Чертеж	Данные для формирования изображения						
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="135 286 231 627">Обозначение</td> <td data-bbox="231 286 319 627">3 КТПМ.04.04.03</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 627 231 929">Материал</td> <td data-bbox="231 627 319 929">АЛ9 ГОСТ 1583-93</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 929 231 1220">Наименование</td> <td data-bbox="231 929 319 1220">Основание</td> </tr> </table>	Обозначение	3 КТПМ.04.04.03	Материал	АЛ9 ГОСТ 1583-93	Наименование	Основание		<p>Параметры:</p> <p><math>L = 45;</math>  <math>L_1 = 60;</math>  <math>M = 8;</math>  <math>N = 4.</math></p> <p>Зависимые:</p> <p><math>L_2 = L_1;</math>  <math>L_3 = \text{INT}(0,7 \cdot L_1);</math>  <math>D = \text{INT}(L_1/6);</math>  <math>D_1 = 2 \cdot D;</math>  <math>D_2 = \text{INT}(2,5 \cdot D);</math>  <math>D_3 = \text{INT}(L_2/2);</math>  <math>D_4 = \text{INT}(1,5 \cdot D_3);</math>  <math>L_{10} = \text{INT}(0,45 \cdot L);</math>  <math>L_7 = \text{INT}(L_{10}/2);</math>  <math>L_9 = L_7;</math>  <math>L_8 = \text{INT}(L_9/2);</math>  <math>L_6 = \text{INT}(1,5 \cdot M);</math>  <math>L_5 = L_6 + 3.</math></p>
Обозначение	3 КТПМ.04.04.03							
Материал	АЛ9 ГОСТ 1583-93							
Наименование	Основание							
<table border="1"> <tr> <td data-bbox="135 1220 231 1534">Обозначение</td> <td data-bbox="231 1220 319 1534">4 КТПМ.04.04.04</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 1534 231 1803">Материал</td> <td data-bbox="231 1534 319 1803">Сталь 45 ГОСТ 1050-2013</td> </tr> <tr> <td data-bbox="135 1803 231 2051">Наименование</td> <td data-bbox="231 1803 319 2051">Фланец</td> </tr> </table>	Обозначение	4 КТПМ.04.04.04	Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013	Наименование	Фланец		<p>Параметры:</p> <p><math>D_1 = 45;</math>  <math>M = 6;</math>  <math>L = 40;</math>  <math>D_4 = 6.</math></p> <p>Зависимые:</p> <p><math>D = \text{INT}(D_1/3);</math>  <math>D_2 = \text{INT}(0,8 \cdot D_1);</math>  <math>D_3 = \text{INT}(D_1 \cdot 2/3);</math>  <math>L_3 = \text{INT}(L/4);</math>  <math>L_8 = \text{INT}(L \cdot 3/4);</math>  <math>L_1 = D_1;</math>  <math>L_6 = \text{INT}(L_7/3);</math>  <math>L_7 = \text{INT}(L_1 \cdot 3/4);</math>  <math>L_4 = \text{INT}(0,65 \cdot L_2);</math>  <math>L_2 = \text{INT}(1,8 \cdot L_1);</math>  <math>L_5 = \text{INT}(0,8 \cdot L_2).</math></p>
Обозначение	4 КТПМ.04.04.04							
Материал	Сталь 45 ГОСТ 1050-2013							
Наименование	Фланец							

Продолжение таблицы 1


№ варианта	Чертеж	Данные для формирования изображения												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">5</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Обозначение</td> <td style="text-align: center;">КТПМ.04.04.05</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Материал</td> <td style="text-align: center;">АЛ9 ГОСТ 1583-93</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Наименование</td> <td style="text-align: center;">Накладка</td> <td></td> </tr> </table>	5			Обозначение	КТПМ.04.04.05		Материал	АЛ9 ГОСТ 1583-93		Наименование	Накладка			<p style="text-align: center;">Параметры:</p> <p> <math>L = 35;</math>  <math>L_3 = 50;</math>  <math>D_3 = 8;</math>  <math>N = 4;</math>  <math>M = 6.</math> </p> <p>Зависимые:</p> <p> <math>L_1 = L_3;</math>  <math>L_2 = INT(1,6 \cdot L_1);</math>  <math>D = INT(0,52 \cdot L_3);</math>  <math>D_1 = INT(0,4 \cdot L_3);</math>  <math>D_2 = INT(0,7 \cdot L_1);</math>  <math>R = INT(0,75 \cdot D_1);</math>  <math>L_8 = (L_3 + L_2) / 2;</math>  <math>L_4 = INT(0,6 \cdot L);</math>  <math>L_7 = INT(0,3 \cdot L);</math>  <math>L_5 = INT(0,2 \cdot L);</math>  <math>L_6 = INT(0,3 \cdot L).</math> </p>
5														
Обозначение	КТПМ.04.04.05													
Материал	АЛ9 ГОСТ 1583-93													
Наименование	Накладка													
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 33%;"></td> <td style="width: 33%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Обозначение</td> <td style="text-align: center;">КТПМ.04.04.06</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Материал</td> <td style="text-align: center;">Пресс-материал АГ-4В ГОСТ 20437-89</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Наименование</td> <td style="text-align: center;">Корпус</td> <td></td> </tr> </table>	6			Обозначение	КТПМ.04.04.06		Материал	Пресс-материал АГ-4В ГОСТ 20437-89		Наименование	Корпус			<p style="text-align: center;">Параметры:</p> <p> <math>M = 24;</math>  <math>D_1 = 5;</math>  <math>L_5 = 3;</math>  <math>L = 35;</math>  <math>D_3 = 8.</math> </p> <p>Зависимые:</p> <p> <math>D_2 = M + 4;</math>  <math>D = INT(0,75 \cdot M);</math>  <math>L_2 = INT(1,5 \cdot M);</math>  <math>L_7 = L_2;</math>  <math>L_3 = INT(0,7 \cdot L_2);</math>  <math>L_4 = INT(0,45 \cdot L);</math>  <math>L_9 = L_3;</math>  <math>L_6 = INT(0,6 \cdot L);</math>  <math>D_4 = 2 \cdot D_3;</math>  <math>D_5 = INT(1,6 \cdot D_4);</math>  <math>L_1 = 2 \cdot L;</math>  <math>L_8 = INT(0,8 \cdot L_1).</math> </p>
6														
Обозначение	КТПМ.04.04.06													
Материал	Пресс-материал АГ-4В ГОСТ 20437-89													
Наименование	Корпус													


Продолжение таблицы 1

№ варианта	Чертеж	Данные для формирования изображения	
7			
Обозначение КТПМ.04.04.07		<p>Материал Пресспорошок П6 ГОСТ 25282-93</p>	
Наименование Рукоятка		<p>Параметры: D = 50; L = 30; M = 6.</p>	<p><math>D_3 = INT(0,6 \cdot D);</math> <math>D_4 = INT(0,8 \cdot D);</math> <math>D_1 = 0,5 \cdot D;</math> <math>D_2 = INT(D_1 \cdot 3/4);</math> <math>L_1 = INT(0,5 \cdot D_2);</math> <math>R = INT(0,5 \cdot L_1);</math></p>
8			
Обозначение КТПМ.04.04.08		<p>Материал Сталь 45 ГОСТ 1050-2013</p>	
Наименование Шток		<p>Параметры: D = 48; M = 20; L = 65;</p>	<p><math>D_1 = INT(0,75 \cdot D);</math> <math>D_2 = INT(0,2 \cdot D);</math> <math>D_3 = INT(0,8 \cdot D_1);</math> <math>L_2 = INT(L_1 + 5);</math> <math>L_3 = INT(0,9 \cdot D_1);</math></p>
	<p><math>L_5 = INT(0,17 \cdot D);</math> <math>L_4 = INT(0,6 \cdot L);</math> <math>L_6 = INT(0,25 \cdot L);</math> <math>L_1 = INT(0,7 \cdot L);</math></p>		

2.3 Выполните построения в тонких линиях. При этом в качестве параметров линий построения задайте соответствующие переменные в окне свойств, соблюдая знак, удалив числовое значение. При построениях обязательно должна соблюдаться проекционная связь между элементами чертежа.


2.4 Выполните обводку чертежа линиями изображения, устанавливая в параметрах команды нужный тип линии.

2.5 Нанесите необходимую штриховку при помощи команды «». Если в контур штриховки входят осевые или волнистые линии, то для автоматического поиска контура штриховки необходимо в окне свойств выбрать вкладку «Автоматический поиск контуров» и установить типы линий изображения, которые необходимо учитывать при определении контура штриховки.

2.6 Проставьте на чертеже размеры, присутствующие в задании, используя команду «». При этом для создания буквенного обозначения размера необходимо в окне свойств размера в поле «Номинал» из выпадающего списка выбрать значение «Нет» и вписать на закладке «Строки» в поле «До:» букву для обозначения размера.

2.7 В параметрах документа установите формат чертежа А4. Подберите толщину линий, масштаб и шрифт.

2.8 Нанесите основную надпись. При заполнении основной надписи используйте данные, присутствующие в задании.

2.9 Нанести шероховатость поверхностей, указанных в задании, при помощи команды «», и неуказанную шероховатость.

2.10 В технических требованиях чертежа поместить ссылку: \*Размеры для справок.

### 3 Содержание отчёта

После выполнения работы полученный файл сохраните с именем, соответствующим номерам практического занятия и варианта.

#### Вопросы для самоподготовки

1. Каким образом в системе T-flex CAD организуются параметрические зависимости между элементами чертежа?
2. Способы создания и редактирования переменной.
3. Принцип работы команды нанесения размеров.
4. Как можно проставить размер метрической резьбы на чертеже?
5. Как проставить размер фаски  $2 \times 45^\circ / 2$  фаски?
6. Варианты простановки размеров между двумя узлами. Привести примеры.

# Практическое занятие № 5 – Изменение параметрических связей. Измерение элемента или отношения между элементами. Анимация. Оптимизация


## Цели занятия:

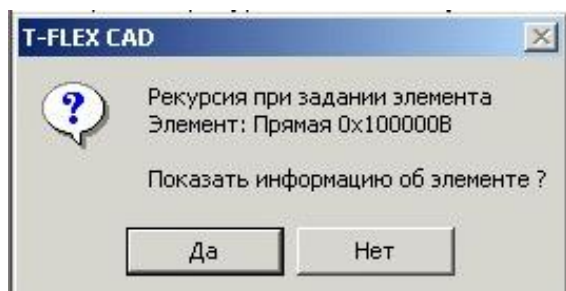
- 1) знакомство с командами изменения параметрических связей;
- 2) изучение команд анимация, измерение и оптимизация.

## 1 Теоретическая часть

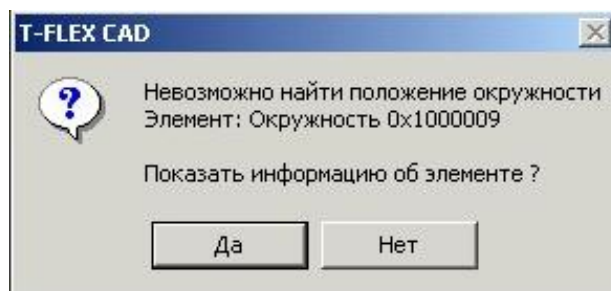
### 1.1 Замена элемента построения другим элементом того же типа



Команда «  » (Правка|Заменить) позволяет заменить элемент построения другим элементом того же типа. Первым шагом является выбор элемента, который необходимо заменить. Укажите узел или линию построения (прямую, окружность, сплайн и т. п.), при этом выбранный элемент подсветится на чертеже. Затем указывается целевой элемент для замены. При его выборе на чертеже будут подсвечиваться только элементы того типа, которому принадлежит элемент, выбранный на первом шаге. При замене все элементы, построенные относительно исходного, перестраиваются относительно целевого элемента. Если в качестве целевого элемента указывается элемент, зависящий от исходного, система выдаёт сообщение о рекурсии (рисунок 4а). В этом случае замена невозможна. Другое ограничение на выполнение команды может возникнуть в случае, когда не возможно определить положение какого-то элемента при построении его относительно целевого (рисунок 4б).




а)






б)

Рисунок 4 – Возможные сообщения в T-FLEX CAD при выполнении замены элементов построения

### 1.2 Измерение элемента или отношения между элементами

Измерить различные геометрические характеристики (координаты, длину, периметр, площадь, объём и т. п.) 2D объекта, а также отношения (расстояние, угол и т. п.) между двумя объектами позволяет команда «  » (Параметры|Измерить). На основе измеренной характеристики автоматически

может быть создана новая переменная или изменено значение уже существующей.

На первом шаге выполнения команды необходимо выбрать, что будет измеряться: параметры одного объекта (опция «»), отношение между двумя объектами (опция «») или измерить несколько элементов (опция «»). После входа в выбранный режим необходимо указать измеряемый объект или объекты.

### 1.2.1 Измерение характеристик одного элемента

После включения данного режима и выбора измеряемого объекта в окне свойств команды (рисунок 5), в разделе «Измерение», отразится имя выбранного объекта (поле «Элемент») и доступный для него набор характеристик (таблица «Свойство»).

Указав в списке требуемую характеристику, в дополнительных полях под списком характеристик можно посмотреть:

- описание данной характеристики (например, «Длина элемента» или «Радиус окружности»);
- её значение в единицах модели;
- выражение, с помощью которого вычисляется значение данной характеристики (например, `get("0x3000011", "LENGTH")`).

Для создания переменной на основе выбранной характеристики необходимо:

- выбрать нужную характеристику в списке;
- в разделе окна свойств «Переменная» установить переключатель «Создать/Заменить» в состояние «Создать» (установлено по умолчанию);
- ввести имя создаваемой переменной;
- задать в поле «Комментарий» комментарий создаваемой переменной (необязательное действие);
- нажать кнопку «Применить».

После этого можно завершить работу с командой или создать ещё одну переменную, выбрав в списке соответствующую ей характеристику.

В том случае, когда не нужно создавать новую переменную, а требуется задать новое выражение для уже существующей, порядок действий аналогичен описанному за одним исключением – переключатель «Создать/Заменить» устанавливается в положение «Заменить». Имя редактируемой переменной выбирается в выпадающем списке справа от переключателя. В списке отображаются все переменные из присутствующих в данном документе (за исключением скрытых). После нажатия кнопки

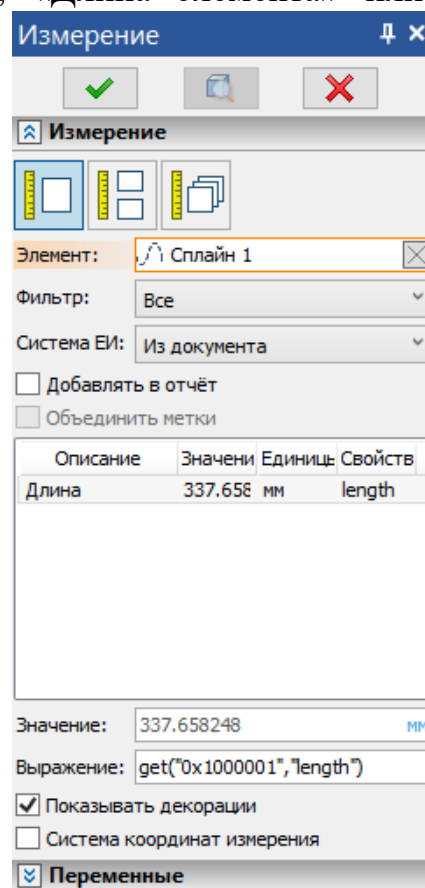




Рисунок 5 – Окно свойств для команды «Измерить»

«Применить» старое выражение указанной переменной будет заменено на новое выражение, соответствующее выбранной характеристике.


### 1.2.2 Измерение отношений между двумя элементами

Для измерения отношений между двумя объектами необходимо включить режим «» и последовательно выбрать два измеряемых объекта. Выбранные объекты будут подсвечены и занесены в поля «Первый элемент» и «Второй элемент» окна свойств команды. Отношения, которые можно измерить для выбранных элементов, приведены в таблице «Отношение». В остальном работа в данном режиме полностью аналогична действиям при измерении характеристик одного элемента.

### 1.2.3 Измерить несколько элементов

Для измерения отношений между двумя объектами необходимо включить режим «» и последовательно выбрать измеряемые объекты. В остальном работа в данном режиме полностью аналогична действиям при измерении характеристик нескольких элементов.

## 1.3 Анимация

Команда «» (Параметры|Анимация) позволяет визуально проследить за изменениями в чертеже, происходящими при изменении значения переменной. При входе в эту команду на экране появляется диалоговое окно параметров команды (рисунок 6).

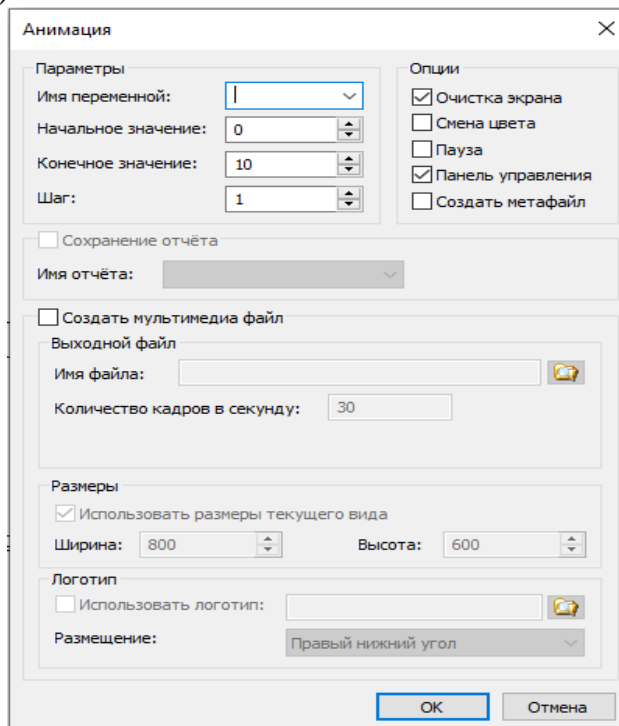


Рисунок 6 – Окно «Анимация»

В поле «Имя переменной» можно задать имя переменной, значение которой будет изменяться. Имя переменной может быть задано вручную или выбрано из прилагаемого списка (в этот список входят все внешние переменные чертежа). Переменная не может быть текстовой.

В поле «Начальное значение» задается значение переменной, с которого начнется ее изменение.

В поле «Конечное значение» задается значение переменной, при котором закончится выполнение команды.

В поле «Шаг» задается число, которое будет прибавляться к значению переменной на каждом шаге анимации.

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

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

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

При задании опции «Панель управления» в процессе отработки команды на экране будет присутствовать окно, в котором будут высвечиваться изменяющиеся значения переменной, соответствующие ей в каждый момент времени. Также в этом окне содержатся кнопки, позволяющие остановить процесс анимации или затормозить его (затем процесс может быть продолжен).


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

При задании опции «Сохранить отчет» на каждом шаге анимации будет записываться в указанный файл-отчет (его имя вы должны указать в параметрах операции).

Для прекращения анимации во время работы необходимо нажать кнопку «Esc».

Установка флага «Создать мультимедиа файл» позволяет задать параметры для мультимедиа файла.

## 1.4 Оптимизация

Команда  (Параметры|Оптимизация) предназначена для решения задач оптимизации чертежа. Решением задачи является подбор значений существующих переменных, наилучшим образом удовлетворяющих поставленным условиям. Вызов команды возможен только при наличии в документе численных переменных.

После вызова команды появляется окно «Задания на оптимизацию», содержащее список сформированных задач оптимизации. В колонке «Имя» отображается имя переменной, оптимизацию значения которой определяет задание. Колонка «Комментарий» содержит текстовые строки, вводимые пользователем. Документ T-FLEX CAD может содержать любое количество заданий на оптимизацию.

Графические кнопки в нижней части окна позволяют выполнить следующие действия:

- Добавить – ввод нового задания оптимизации;
- Удалить – удаление задания, соответствующего текущей строке списка;
- Свойства – выводит окно «Задание параметров» для задания, соответствующего текущей строке списка;
- Выполнить – запускает расчёт оптимизации. При этом в соответствии с заданными параметрами оптимизации система производит поиск решения и пересчитывает чертёж в соответствии с найденными значениями переменных;
- Выход – прекращает выполнение команды.

После нажатия кнопки «Добавить» на экране появляется окно «Задание параметров» (рисунок 7), содержащее следующие поля.

Переменная	Операция	Значение
------------	----------	----------

Имя	Минимум	Максимум
-----	---------	----------

Рисунок 7 – Окно «Задание параметров» для оптимизации

Поле «Цель» содержит текстовую строку, являющуюся комментарием задания на оптимизацию.

Далее следует поле выбора типа целевой функции (равенство, минимизация, максимизация), имени переменной и значения допуска. Выбор переменной осуществляется с помощью списка, содержащего все

существующие в документе числовые переменные. Если выбран тип функции «Приравнять», то становится доступно поле для ввода целевого значения переменной. Значение допуска определяет интервал значений целевой переменной, в пределах которого значение переменной будет являться решением задачи оптимизации.

Далее расположен список ограничений. Ввод нового ограничения производится после нажатия кнопки «Добавить».

В поле «Переменная» (рисунок 8а) выбирается из списка имя переменной (для одной переменной можно задать несколько ограничений). В поле «Условие» выбирается один из способов сравнения ( $<$ ,  $>$ ,  $<=$ ,  $>=$ ) значения переменной с граничным значением (поле «Значение»).

Для изменения введённых ограничений используется кнопка «Свойства», позволяющая редактировать все поля текущей строки списка ограничений. При нажатии кнопки «Удалить» текущая строка списка ограничений будет удалена.

Необходимым условием формирования задания на оптимизацию является указание области определения хотя бы для одной из переменных. Графические кнопки «Добавить», «Свойства», «Удалить» (рисунок 8б) действуют аналогично описанному выше разделу. При вводе новой записи необходимо заполнить следующие поля:

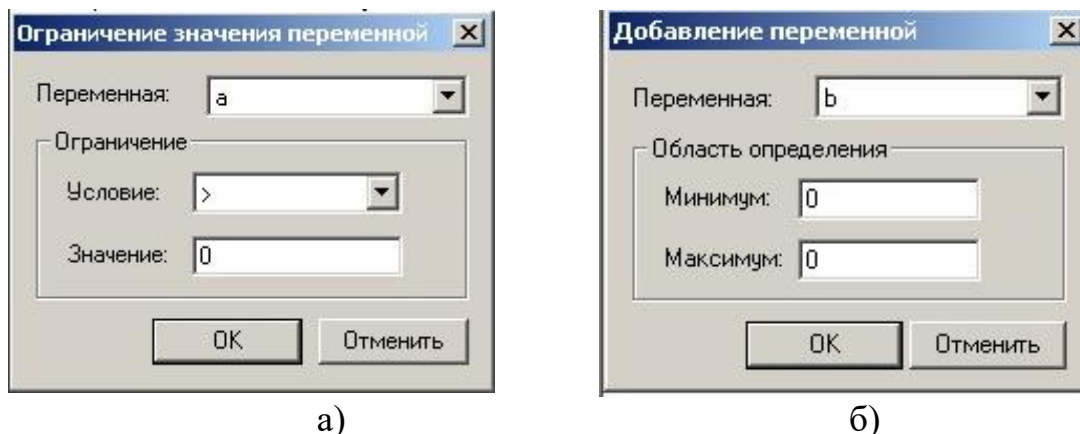


Рисунок 8 – Промежуточные окна при задании оптимизации

В поле «Переменная» выбирается из списка имя переменной (для каждой переменной можно задать только одну область определения). Поля «Минимум», «Максимум» определяют граничные значения области определения переменной. В процессе поиска решения задачи оптимизации производится перебор значений переменных с учётом заданных для них ограничений и области определения.

Если для переменной документа задано ограничение, то её имя не доступно для выбора при задании области определения, и наоборот.

Переменная, значение которой является целевой функцией оптимизации, не содержится в списках переменных при задании ограничений и области определения.

Параметр «Запускать» может принимать одно из значений:

- Пользователь – поиск решения задачи оптимизации будут производиться только при нажатии пользователем кнопки «Выполнить», расположенной в окне «Задания на оптимизацию». В сложных чертежах оптимизация может занимать длительное время. В таком случае данная установка позволит не выполнять оптимизацию при пересчёте модели;

- при оптимальном пересчёте модели – поиск решения задачи оптимизации будет производиться при оптимальном пересчёте (пересчёте изменившихся элементов);

- при полном пересчёте модели – поиск решения задачи оптимизации будет производиться при полном пересчёте (пересчёте всего чертежа).

Имеются следующие алгоритмы оптимизации.

**Быстрый поиск.** Данный алгоритм подходит для функций, имеющих один или два экстремума.

**Последовательных приближений.** Данный алгоритм подходит для функций, имеющих сложную структуру и много экстремумов.



**Метод дихотомии.** Данный алгоритм подходит для функций, зависящих только от одной переменной. Плохо работает с ограничениями.

При установленном флаге «Показывать текущее решение» в окне «Поиск решения» отображаются динамически изменяемые в процессе решения значения переменных.

## 2 Типовые графические задания

### 2.1 Изменение параметрических связей

2.1.1 Подготовительный этап: постройте изображение элемента по заданным размерам (рисунок 9а).

2.1.2 Постройте три вертикальные независимые прямые. Порядок выполнения: вызвать команду «» с помощью опции «» постройте три вертикальные прямые как показано на рисунке 9б).

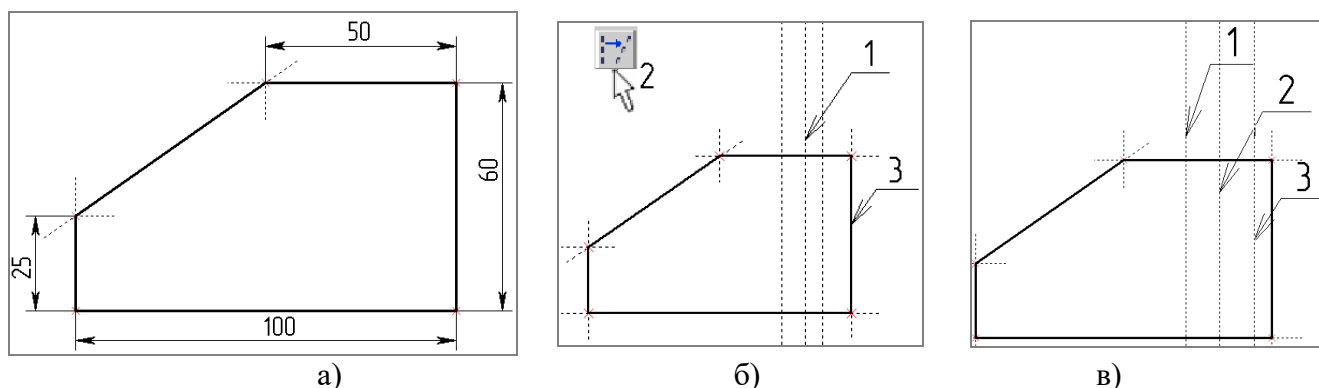







Рисунок 9 – Порядок редактирования параметрических связей линий построения

2.1.3 Измените способ задания вертикальных прямых. Порядок выполнения: при пустом автоменю подвести курсор мыши к средней прямой (1) нажать левую клавишу мыши, выбрать опцию «» (2), аналогично построению

параллельной прямой привязать выбранную прямую (1) к прямой (3) (рисунок 9б). Аналогично перезадать прямую (1) на рисунке 9в параллельно относительно прямой (2), а прямую (3) перезадать симметричным отражением прямой (2) относительно прямой (1) с помощью опции «».

2.1.4 Создайте изображение отверстия как показано на рисунке 10а.

2.1.5 Переместите отверстие как показано на рисунке 10б. Порядок выполнения: при пустом автоменю подвести курсор мыши к линии построения, на которой нанесена осевая линия изображения отверстия, нажать левую клавишу на ней, отвести ее в сторону на произвольное расстояние как показано на рисунке 10б, обновить выступание обрезанных линий построения при помощи опции «» в команде «».

2.1.6 Для изменения параметрической связи постройте 2D путь. Порядок выполнения: вызвать команду «» (Построение|Путь). Как показано на рисунке 10, в) построить 2D путь.

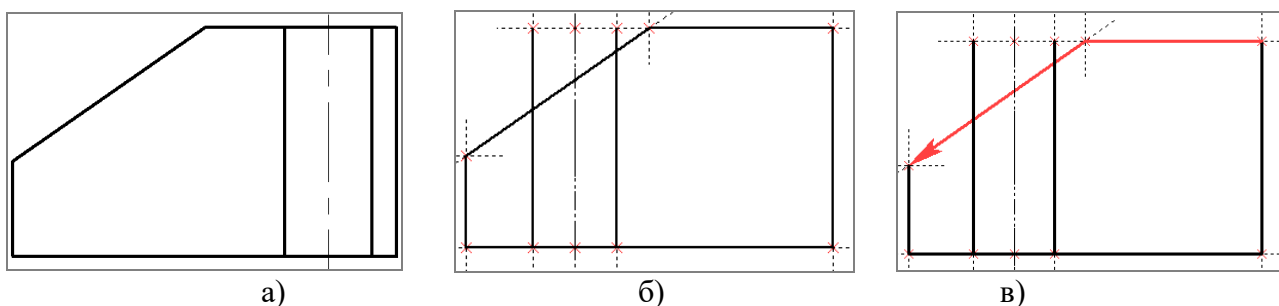






Рисунок 10 – Порядок изменения положения отверстия и построение 2D пути

2.1.7 Постройте узлы на пересечении 2D пути с линиями построения. Порядок выполнения: вызвать команду «» (Построить|Узел), выбрать опцию «», указать на 2D путь, а потом указать линию построения (рисунок 11а).

2.1.8 Замените узлы выступающих линий изображения на узлы, находящиеся на пересечении 2D пути с вертикальными прямыми. Порядок выполнения: вызвать команду «» (Правка|Заменить), выбрать узел (1), указать на узел (2) и нажать на опцию «». Результат выполнения команды показан на рисунке 11б). Выполните аналогичные действия с другими узлами, для изменения параметрических связей чертежа (рисунок 11в).

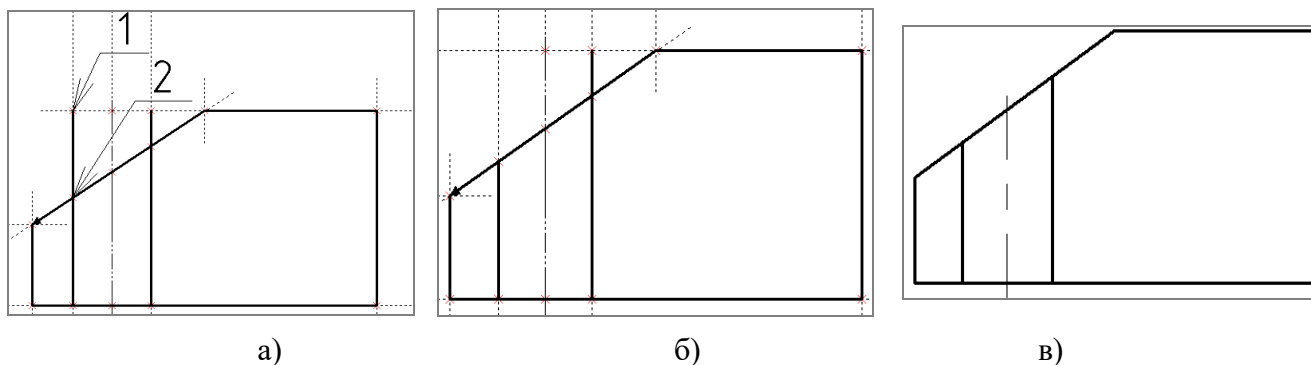





Рисунок 11 – Порядок замены узлов

2.1.9 Переместите отверстие и нанесите штриховку с помощью автоматического поиска контура штриховки, как показано на рисунке 12а.

2.1.10 Переместите отверстие как показано на рисунке 12б.

2.1.11 Отредактируйте штриховку в режиме ручного задания контура штриховки. Порядок выполнения: при пустом автоменю выбрать штриховку, нажать левую клавишу мыши, выбрать опцию «» для перезадавания контура штриховки, задать заново штриховку в режиме «» ручного ввода её контура. При этом контур штриховки должен проходить по 2D пути (опция «»), а не по линиям построения. Если все выполнено правильно, то после изменения положения отверстия изображение примет вид, показанный на рисунке 12в.

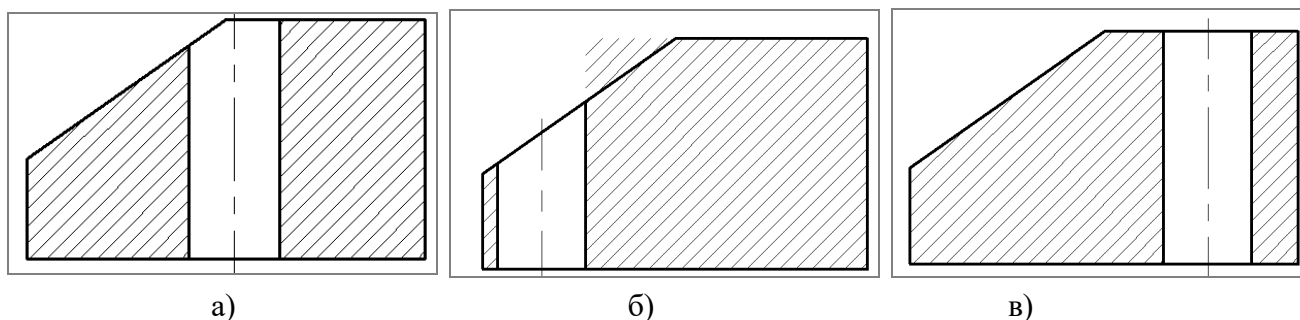


Рисунок 12 – Порядок редактирования положения отверстия и штриховки

Из выше изложенных построений видно, что при построении параметрических чертежей лучше использовать 2D пути и ручной ввод контура штриховки.

## 2.2 Анимация в T-Flex CAD на примере кривошипно-ползунного механизма

2.2.1 Постройте две перпендикулярные прямые «а», «б» и наклонную прямую «в», проходящую через узел их точки пересечения (рисунок 13а). При построении наклонной прямой в окне свойств в качестве числового значения вставьте предварительно созданную внешнюю переменную «alfa».

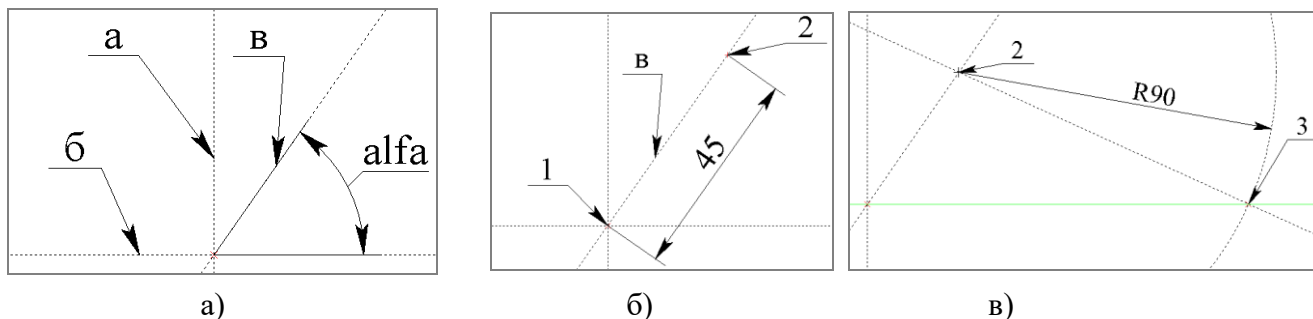



Рисунок 13 – Порядок построения кривошипно-ползунного механизма

2.2.2 Постройте узел (2), отстоящий от узла (1) на расстоянии 45 мм по прямой «в» (рисунок 13б). Порядок выполнения: вызвать команду «» (Построить|Узел), выбрать узел (1), указать прямую «в», в окне свойств указать

расстояние 45 мм, нажать левую клавишу мыши или кнопку «Enter» на клавиатуре.

2.2.3 Постройте окружность радиусом 90 мм с центром в узле (2) и создайте линию построения, проходящую через узел (2) и узел (3) пересечения построенной окружности с горизонтальной прямой (рисунок 13в).

2.2.4 Постройте ползун. Порядок выполнения: построить вертикальную прямую «г», проходящую через узел (3) (рисунок 14а). Построить параллельную прямую «д» относительно прямой «г» на произвольном расстоянии. Построить прямую «е», симметрично отразив прямую «г» относительно прямой «д». Построить параллельную прямую «ж» относительно горизонтальной прямой «б» на произвольном расстоянии. Построить прямую «и», отразив симметрично прямую «ж» относительно прямой «б».

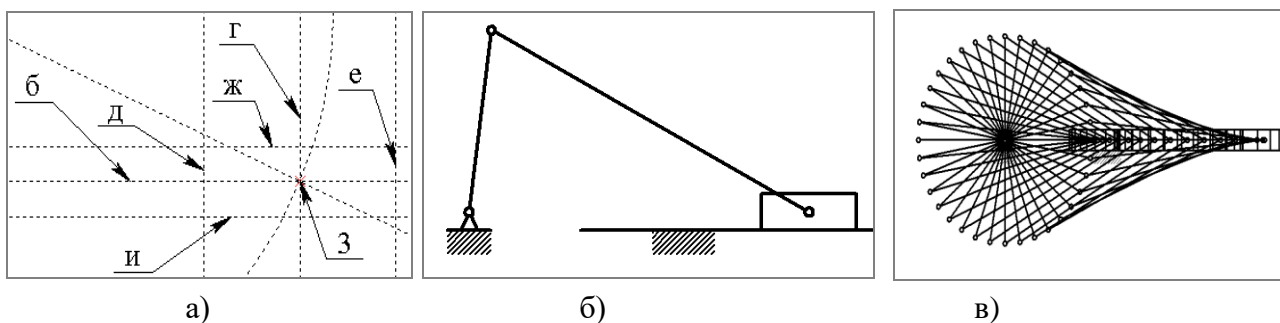





Рисунок 14 – Порядок построения ползуна и анимация кривошипно-ползунного механизма

2.2.5 Создайте изображение кривошипно-ползунного механизма, как показано на рисунке 14б.

2.2.6 Выполните анимацию кривошипно-ползунного механизма. Порядок выполнения: вызвать команду «» (Параметры|Анимация). В появившемся окне «Анимация» в поле «Имя переменной» задать имя переменной «alfa». В поле «Начальное значение» задать значение 0. В поле «Конечное значение» задать значение 360. В поле «Шаг» указать число 1, которое будет прибавляться к значению переменной на каждом шаге анимации. Далее нажать кнопку «ОК». В результате кривошипно-ползунный механизм совершит один оборот. Для выхода из режима анимации нажмите кнопку «Esc». Если задать шаг анимации равный 10 и убрать опцию «Очистка экрана», то в результате на экране появится изображение, показанное на рисунке 14в.

### 2.3 Оптимизация в T-Flex CAD на примере роликового натягивающего устройства ремня

2.3.1 Подготовительный этап: постройте изображение элемента по заданным размерам (рисунок 15), используя команды копирования. При этом угловое расположение ролика задайте с помощью переменной «alfa».

2.3.2 По контуру ремня постройте 2D путь и измерьте его длину. Порядок выполнения: построить замкнутый 2D путь с помощью команды «». Вызвать команду «» (Параметры|Измерить). Используя селектор на системной

панели указать 2D путь. В окне свойств команды измерения в разделе «Переменная» создать переменную «L», которая будет измерять длину ремня. Нажать кнопку «Применить».

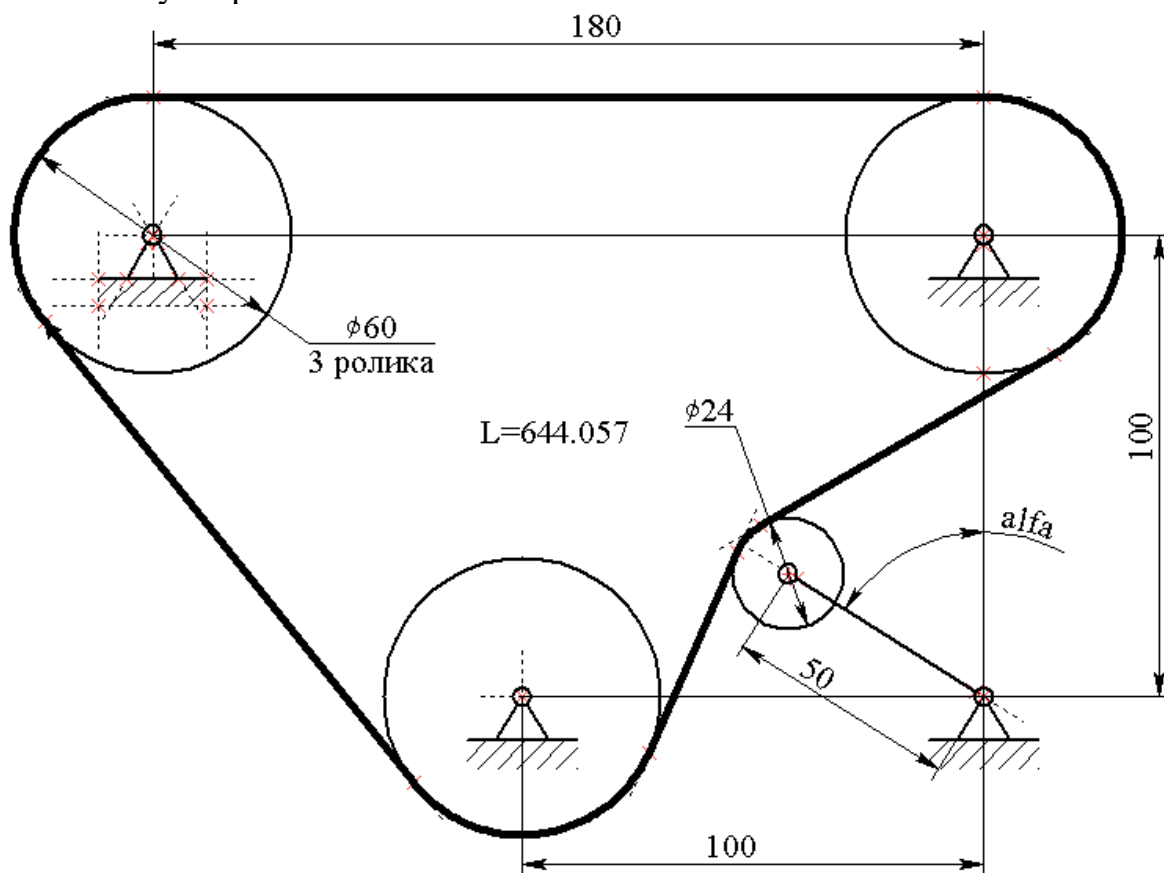






Рисунок 15 – Схема роликового натягивающего устройства ремня

2.3.3 Создайте задание на оптимизацию. Порядок выполнения: вызвать команду «» (Параметры|Оптимизация). Нажать кнопку «Добавить». В поле «Цель» ввести комментарий «Длина ремня». Далее выбрать тип целевой функции «Приравнять», выбрать переменную «L», задать значение 644 мм и допуск 0,01мм. После этого в разделе «Переменные» добавить переменную «alfa», для которой задать минимальное значение равное 0, а максимальное – 90. В поле «Запускать» выбрать значение «При оптимальном пересчете модели» и поставить флаг «Показывать текущее решение». Нажать кнопку «ОК», а потом кнопку «Выполнить». После найденного лучшего решения нажать кнопку «ОК» и далее кнопку «Выход».

2.3.4 Выведите значение длины ремня на экран. Порядок выполнения: вызвать команду «», с помощью опции «» набрать текст «L=», нажать кнопку на клавиатуре «F8», выбрать из появившегося списка переменную «L», нажать кнопку «ОК», а потом опцию «».

2.3.5 Измените межцентровое расстояние между роликами в пределах 0,5 мм. Если все построено правильно, то при изменении межцентрового расстояния или диаметров роликов T-Flex CAD подберет такое угловое

положение ролика, при котором длина ремня будет равняться заданному значению 644 мм в пределах указанного допуска 0,01 мм.

### **3 Содержание отчёта**

После выполнения работы полученные файлы сохраните с именами, соответствующими номеру практического занятия.

#### **Вопросы для самоподготовки**

1. Порядок изменения параметрических связей линий построения?
2. Отредактировать контур штриховки?
3. Как происходит замена элемента построения другим элементом того же типа?
4. Как можно измерить элемент или отношения между элементами?
5. Какие параметры анимации необходимо задать для её осуществления?
6. Какие алгоритмы оптимизации в T-Flex CAD вы знаете?
7. Какие целевые функции при оптимизации в T-Flex CAD можно выбрать?

## **Практическое занятие № 6 – Формирование фрагментов на основе чертежей деталей. Компоновка сборочного чертежа в системе T-FLEX CAD**

#### **Цели занятия:**

- 1) знакомство с командами задания слоев изображения, векторов привязки, коннекторов;
- 2) изучение команд нанесения и редактирования фрагментов при разработке сборочного чертежа;
- 3) закрепление навыков работы с системой T-FLEX CAD, осуществление практической связи с процессом автоматизации графических построений.

### **1 Теоретическая часть**

#### **1.1 Фрагменты. Сборочные чертежи**


Фрагментом T-FLEX CAD называется чертеж или элемент чертежа, включаемый в другой чертеж. Чертежи, полученные с использованием фрагментов, в T-FLEX CAD называются сборочными. Элементы фрагмента (линии, узлы и т.д.) не являются элементами сборочного чертежа, в сборочном чертеже хранится только ссылка на включаемый фрагмент. Изменения, выполняемые в файле фрагмента, будут внесены и в сборочный чертеж.

В сборочном чертеже могут быть использованы только необходимые элементы чертежа-фрагмента, для этого их надо поместить в отдельный слой.

Для позиционирования в сборочном чертеже на фрагменте создаются один или несколько векторов привязки.

## 1.2 Работа со слоями T-FLEX CAD

Слой в T-FLEX CAD – это параметр каждого элемента чертежа, определяющий принадлежность элемента чертежа к какой-либо группе элементов модели. Слои чертежа можно представить как прозрачные кальки, наложенные друг на друга. В каждый слой можно поместить определенные элементы, и управлять их видимостью или присутствием на чертеже при помощи задания параметров слоя. Для текущего чертежа по умолчанию установлен слой «Основной».

Новый слой можно создать при помощи команды «Настройка|Слои» или кнопки  на системной панели. После вызова команды на экране появляется окно диалога для редактирования слоев. Заданием параметров слоя можно определить свойства элементов, принадлежащих этому слою.

Для существующих слоев можно задать следующие параметры:

- Невидимый. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, не будут отображаться при перерисовке чертежа;

- Замороженный. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, будут недоступны для выбора при создании и редактировании элементов;



- Экранный. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, будут выводиться только на экран, но не на принтер, и не будут экспортироваться;

- Невидимый при вставке в сборку. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, не будут выводиться в случае использования данного чертежа в качестве фрагмента;


- Видимый только при вставке в сборку. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, не будут видимы в окне чертежа-фрагмента, но будут присутствовать на сборочном чертеже;

- Цвет. При установке этого параметра все элементы, находящиеся в данном слое, будут отображаться при перерисовке чертежа заданным цветом;




- Толщина линий. При установке этого параметра все линии построения на обозначенном слое будут иметь определенную толщину.

Поместить элемент чертежа в нужный слой можно при его создании или редактировании. Можно изменить слой нескольких элементов чертежа. Для этого их нужно выбрать в команде редактирования, и изменить для них параметр «Слой». Например, для того чтобы изменить слой всех линий изображения, необходимо выбрать команду , выделить все линии изображения при помощи опции . Затем на системной панели выбрать нужный слой из списка. Можно также, выделив нужные элементы левой клавишей мыши при пустом автоменю, использовать окно свойств.

### 1.3 Создание векторов привязки и коннекторов

Команда «» позволяет задавать два типа элементов построения – вектор привязки и коннектор.

Вектор привязки используется при нанесении чертежа в качестве фрагмента в сборку для определения его положения и ориентации. Коннектор используется для автоматизации привязки фрагментов в сборочном чертеже.

Опция «» включена по умолчанию, т. е. при выборе узлов будет создан вектор привязки. Он может быть задан одним или двумя узлами. После выбора первого узла в автоменю появится опция «». Если воспользовались данной опцией будет создан вектор привязки, совпадающий с положительным направлением оси X чертежа. После выбора второго узла или опции «» появится окно параметров вектора привязки (рисунок 16). После нажатия кнопки «ОК» вектор привязки отобразится на чертеже.

В поле «Имя» задается комментарий к вектору привязки, по которому можно его отличать от других при вставке и редактировании данного чертежа как фрагмента.


Опция «Использовать как основной вектор привязки» при вставке чертежа в качестве фрагмента позволяет использовать, этот вектор по умолчанию.

При установленном флаге «Использовать только первую точку» (для векторов привязки, заданных одной точкой) в качестве точки привязки используется первая точка вектора привязки.

В разделе «Связь со слоями» возможен выбор одного из трёх режимов отображения слоёв чертежа при нанесении его в качестве фрагмента:

- рисовать все;
- рисовать только помеченные;
- рисовать все, кроме помеченных.

В списке слоёв чертежа необходимо отметить те из них, которые будут отображаться при нанесении документа в качестве фрагмента и использовании данного вектора привязки.

При выборе опции «» включается режим создания коннекторов. Коннектор – это элемент построения, предназначенный для привязки к нему 2D фрагментов. Кроме геометрического положения (положения начала системы координат и направления осей) коннектор может хранить и набор переменных с определёнными значениями. Если при нанесении фрагмента на сборке

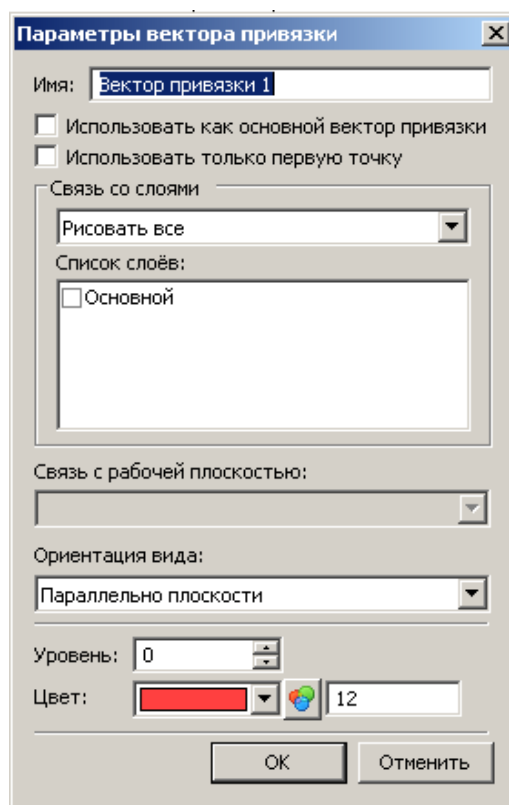


Рисунок 16 – Окно параметров вектора привязки

выбирается коннектор, то выбранный вектор привязки фрагмента совмещается с вектором коннектора сборки. Кроме того, внешним переменным фрагмента автоматически присваиваются значения одноимённых переменных коннектора. Если совпадающих по именам переменных в коннекторе нет, то внешние переменные фрагмента будут иметь значение, заданное в документе фрагмента.

Как и вектор привязки коннектор задаётся одним или двумя узлами. После задания узлов автоматически появляется диалог для задания именованных значений и общих свойств коннектора (рисунок 17а). Значения коннектора задаются на отдельной закладке диалога (рисунок 17б).

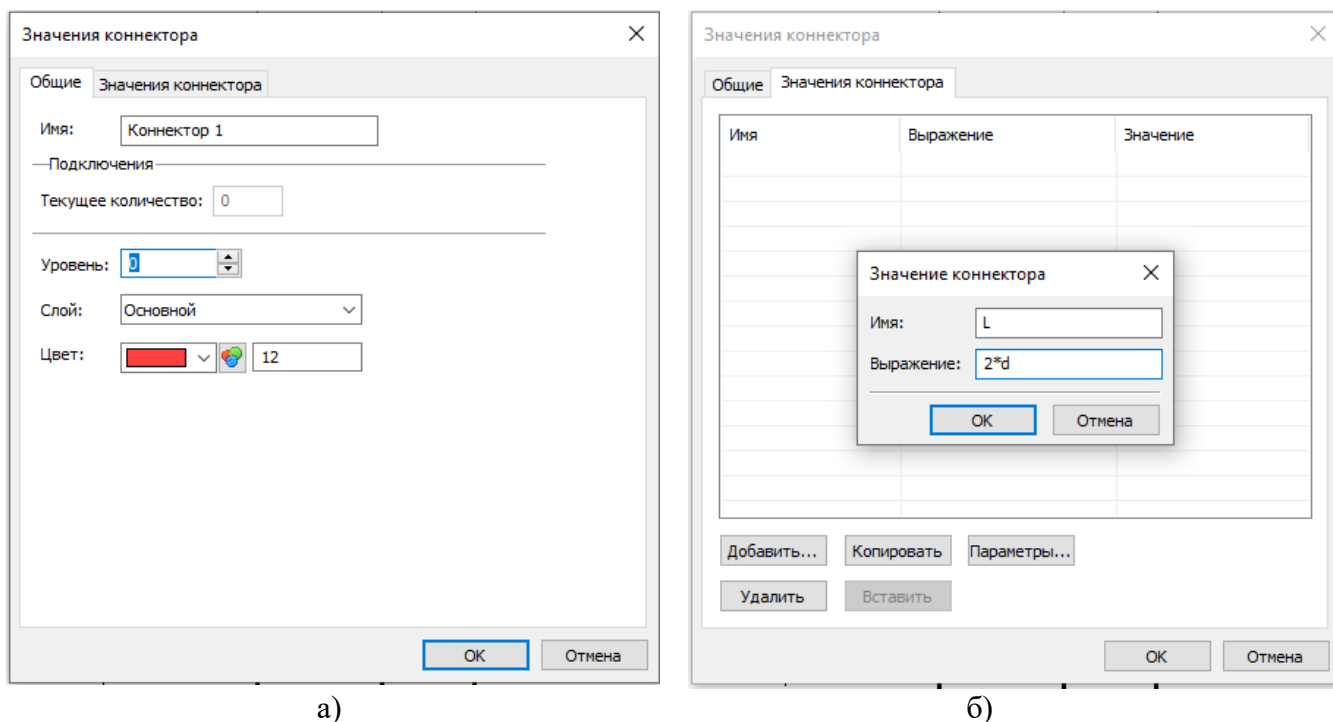



Рисунок 17 – Окно свойств коннектора


#### 1.4 Задание контура для удаления невидимых линий


Контур для удаления невидимых линий создается на чертеже-фрагменте для того, чтобы при вставке его в сборочный чертеж изображение фрагмента было непрозрачным. Контур необходимо создавать в том слое, который наносится на сборочный чертеж.

Контур для удаления невидимых линий задается с помощью команды «Штриховка» (пункт 1.4 практического занятия № 3, часть 1). После выбора контура нужно установить следующие параметры штриховки (рисунок 26, часть 1) с помощью опции «»:

- «Метод заполнения» – «Невидимая»;
- Установить флаг – «Невидимые линии»;
- «Приоритет» задать равным – 1.

## 1.5 Нанесение фрагментов на сборочный чертеж

Нанести фрагмент на чертеж можно при помощи команды «» («Чертеж|Фрагмент»). После вызова команды необходимо:


- выбрать файл чертежа, который будет вставляться в сборку. Для этого вызвать опцию «»;


- после этого в окне свойств на закладке «Просмотр» выбрать изображение, соответствующее нужному вектору привязки;

- в окне свойств задать значения внешних переменных фрагмента, если они были определены при создании фрагмента;

- задать привязку фрагмента. Точки привязки вектора нужно задать по заранее созданным узлам сборочного чертежа, или по узлам уже нанесенных фрагментов. После выбора первого узла, который будет определять положение фрагмента на сборочном чертеже, нужно выбрать вторую точку вектора, определяющую его ориентацию.

Возможны следующие варианты:

- вторую точку вектора привязки при активной пиктограмме «» задать по узлу сборочного чертежа, в этом случае положение фрагмента будет зависеть от положения опорных узлов. При изменении положения одного из узлов будет меняться угол наклона и расположение фрагмента относительно чертежа;

- при активной пиктограмме «» необходимо курсором указать вторую точку для задания угла поворота фрагмента или в окне свойств фрагмента необходимо численно задать угол поворота. Тогда изменение положения первого опорного узла приведет к изменению положения фрагмента, но угол его наклона не изменится. В этом режиме удобно установить дискретность угла поворота вектора привязки.

Если в качестве фрагмента необходимо нанести библиотечный элемент, можно это сделать с помощью вспомогательного окна библиотеки, не обращая напрямую к команде «Создать фрагмент». При таком способе можно использовать команды контекстного меню или механизм «перенеси и оставь» (drag&drop). Для этого необходимо, указав с помощью левой клавиши мыши в окне «Меню документов», перетащить его в окно чертежа, не отпуская нажатой клавиши мыши. Автоматически будет запущена команда «Создать фрагмент», и на экране появится окно диалога для задания параметров вставки фрагмента.

При привязке фрагмента (например, гайки) к коннектору другого фрагмента (например, к болту) значения переменных могут быть получены автоматически. Для успешной автоматической связи переменных с коннектором должны выполняться некоторые условия:

1) в коннекторе должны быть заданы именованные значения. Эти именованные значения будут в последствии являться связующим звеном между переменными фрагмента, имеющего коннектор, (болт) и переменными другого



фрагмента (гайка), который будет привязываться к данному коннектору в сборке;

2) для соответствующей переменной фрагмента должен быть задан список имен значений или хотя бы одно имя значения для связи с коннектором. Задать имя значения для переменной нужно заранее в файле фрагмента в редакторе переменных путем изменения свойств переменной. Имя значения коннектора, заданное для переменной, должно совпасть с именем значения, заданным в коннекторе. Только в этом случае возможна автоматическая связь;


3) при нанесении фрагмента нужно выбрать коннектор. Переменные нового фрагмента автоматически принимают значения сразу после выбора коннектора. Изображение фрагмента принимает вид в соответствии со значениями переменных.


## 1.6 Задание приоритетов элементов чертежа


Приоритет – параметр каждого элемента чертежа, который влияет на порядок прорисовки элементов на экране следующим образом: элементы с меньшим приоритетом прорисовываются раньше, чем элементы с большим приоритетом. Таким образом, непрозрачный элемент с большим приоритетом «затирает» остальные элементы, прорисованные до него. Приоритет каждого элемента чертежа – это целое число от 126 до 127.



Приоритет наносимого фрагмента можно задать при его создании или редактировании в параметрах «» команды. Для изображения, которое должно перекрывать другие линии и штриховки на сборочном чертеже, должен быть установлен больший приоритет, чем для затираемого изображения. После назначения приоритетов необходимо перерисовать чертеж при помощи опции «».

## 1.7 Редактирование фрагмента


Редактирование фрагмента осуществляется при помощи команды «» («Правка|Чертеж |Фрагмент») или с помощью контекстного меню. Также для входа в команду редактирования фрагмента при пустом автоменю достаточно нажать левую клавишу мыши на самом фрагменте. При редактировании изменению могут подлежать привязка фрагмента, параметры фрагмента, переменные фрагмента, а также сам исходный файл чертежа детали.

Опция «» предназначена для изменения положения или ориентации фрагмента, при помощи её можно нанести фрагмент заново. Кроме этого, изменить положение или ориентацию фрагмента можно при помощи мыши. Для этого необходимо первым нажатием кнопки мыши выбрать нужный фрагмент, вторым нажатием выбрать ту точку привязки вектора, которую необходимо переместить, затем указать нужное положение точки привязки вектора, или новый угол поворота.

С помощью окна свойств можно изменить параметры фрагмента и задать значение для внешних переменных фрагмента, открыв нужную закладку. Кроме этого, опция «» в контекстном меню открывает окно для редактирования переменных фрагмента.

Опция «» позволяет внести необходимые изменения в исходный файл чертежа детали, при этом система откроет нужный файл для редактирования. После редактирования файл чертежа детали нужно сохранить при помощи опции «» и закрыть. Изменения по подтверждению будут внесены в сборочный чертеж.

## 1.8 Спецификация

Для работы со спецификацией используется набор команд из текстового меню «Сервис|Спецификация» или пиктограммы системной панели «» (набор «Спецификация» рисунок 18).

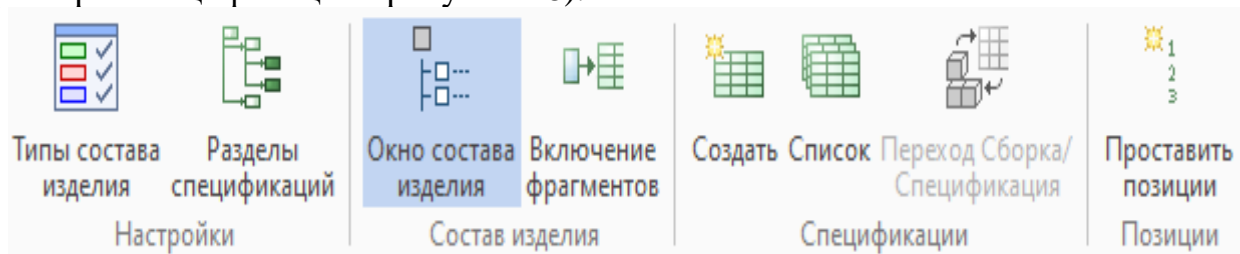


Рисунок 18 – Пиктограммы системной панели для создания спецификации

При создании спецификации используется прототип спецификации. Можно использовать прототипы стандартных спецификаций, либо прототипы, созданные самостоятельно (рисунок 19). Прототип является спецификацией, определяющей состав таблицы и правила форматирования её содержимого, но не содержащей ни одной записи.

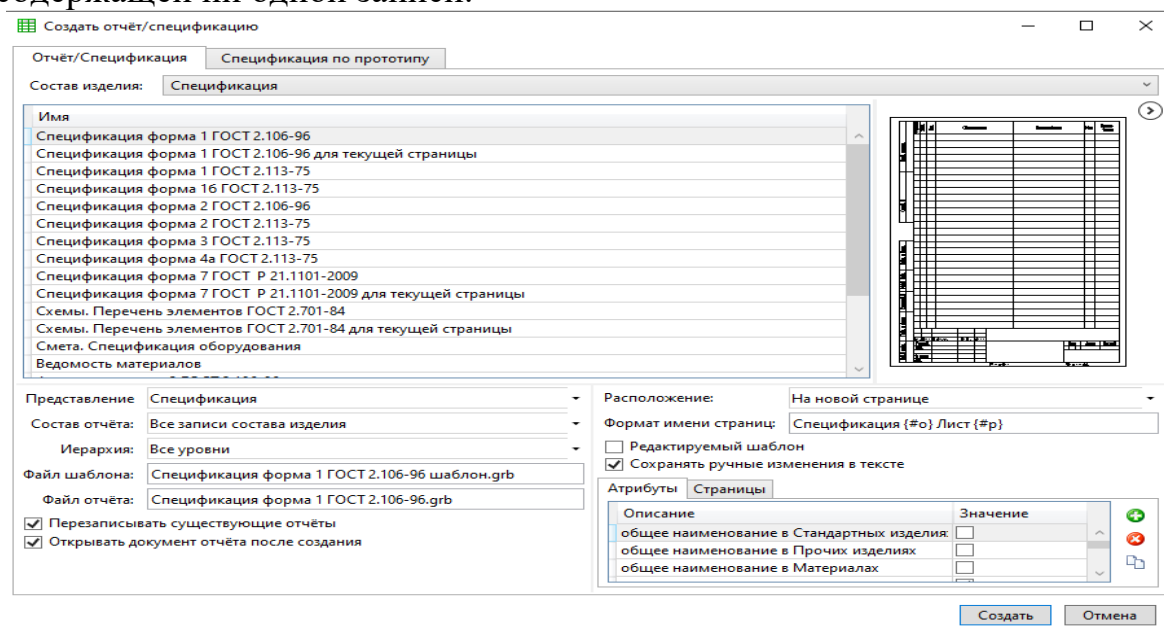


Рисунок 19 – Окно «Создать спецификацию»

Количество колонок и данные для их заполнения определяются пользователем в свойствах спецификации при помощи выбора из списка стандартных полей таблицы спецификации и создания необходимых дополнительных полей таблицы спецификации. Информация в таблицу берётся из файлов фрагментов или вводится пользователем вручную.

Таблицу спецификации можно разместить:

- в новом документе;
- на новой странице;
- на существующей странице.

Для автоматического заполнения таблицы спецификации необходимо чтобы в документе фрагмента были заполнены поля данных для спецификации в команде «Данные для спецификации» (иначе строка таблицы, соответствующая фрагменту с незаполненными данными будет пустой). При оформлении основной надписи в файле фрагмента эти данные заносятся автоматически. Также необходимо чтобы в параметрах фрагмента в разделе «Включать в спецификацию» было установлено одно из значений:

- без вложенных элементов – данные фрагмента заносятся в таблицу спецификации, а данные элементов, являющихся вложенными в документе чертежа-фрагмента – нет.

- с вложенными элементами – в спецификацию заносятся данные фрагмента и данные вложенных элементов.

- только вложенные элементы – в спецификацию заносятся только данные вложенных элементов.

- со спецификацией – в спецификацию заносятся данные фрагмента и данные спецификации, существующей в документе чертежа-фрагмента.

- только спецификацию – в спецификацию заносится только содержимое спецификации, существующей в документе чертежа-фрагмента.

- с параметрической спецификацией – в спецификацию заносятся данные фрагмента и данные спецификации, существующей в документе фрагмента. Если при изменении сборки изменяется спецификация входящих в неё подборок, то данный режим обеспечивает обновление вложенных спецификаций.

- только параметрическую спецификацию – в спецификацию заносится только содержимое спецификации, существующей в документе фрагмента. Если при изменении сборки изменяется спецификация входящих в неё подборок, то данный режим обеспечивает обновление вложенных спецификаций.

Значения в разделе «Включать в спецификацию» для нескольких фрагментов в сохраненной сборке для создаваемой или созданной спецификации можно задать с помощью команды «Сервис|Спецификация|Элементы». Элементы, включенные в спецификацию, отражаются в окне «Структура изделия», показанном на рисунке 20.

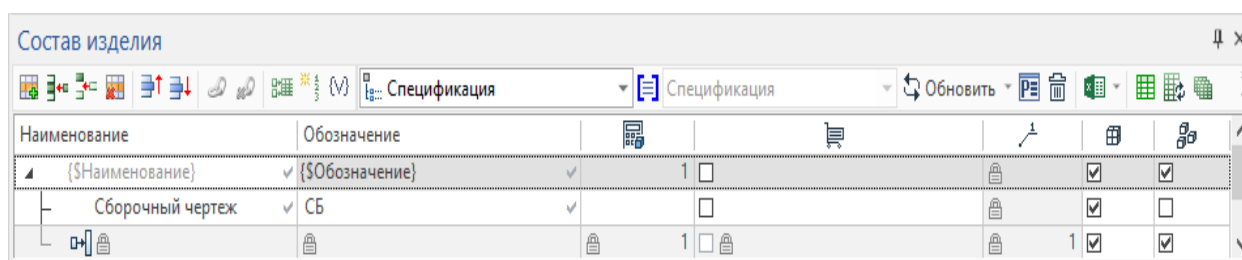




Рисунок 20 – Окно «Состав изделия»

При создании спецификации каждой записи таблицы соответствует фрагмент сборочного чертежа. Дополнительные строки таблицы вводятся вручную при редактировании спецификации. Для редактирования спецификации при пустом автоменю необходимо левой клавишей мыши щелкнуть на ее таблицу.

Для изменения информации в записи, созданной автоматически, необходимо при редактировании спецификации отменить опцию «» «Автоматическое поле» для ячейки/колонок/строки, в которую требуется ввести данные.

Чтобы проставить номера позиций, связывая их с записями в спецификации, необходимо вызвать команду «» («Сервис|Спецификация|Позиции»). После этого на экране появляется окно «Выбор записи спецификации». Необходимо указать курсором на запись, которая соответствует изображению детали на сборочном чертеже, затем расположить на чертеже полку-выносу для номера позиции данной детали (номер позиции ставится автоматически).


После каких-либо изменений, связанных со спецификацией, необходимо воспользоваться командой («Сервис|Спецификация|Обновить все») для обновления позиций и всех данных, входящих в спецификацию.

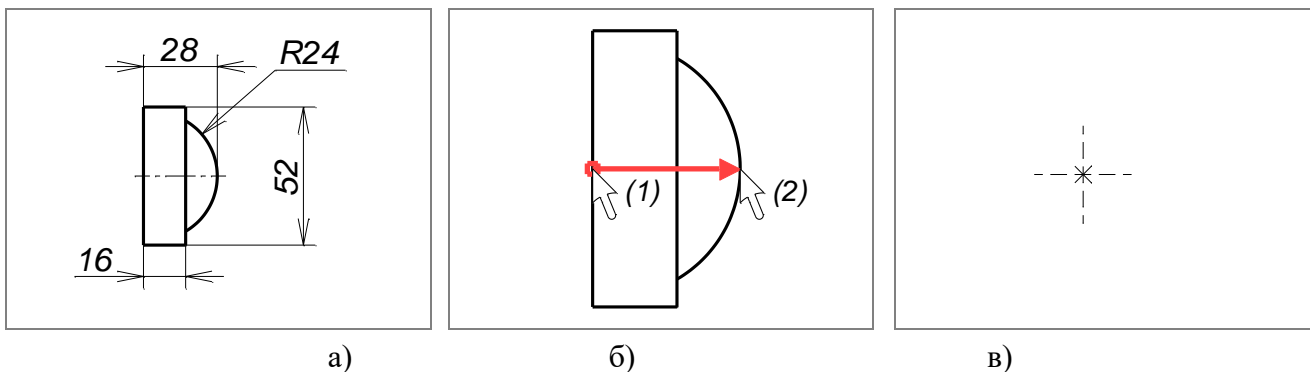
## 2 Типовые графические задания

### 2.1 Построение вектора привязки. Нанесение фрагмента на сборочный чертеж. Привязка фрагмента по одной точке и углу наклона







Необходимо создать файл фрагмента с вектором привязки. Нанести фрагмент на сборочный чертеж, используя способ привязки вектора по одной точке и углу наклона.

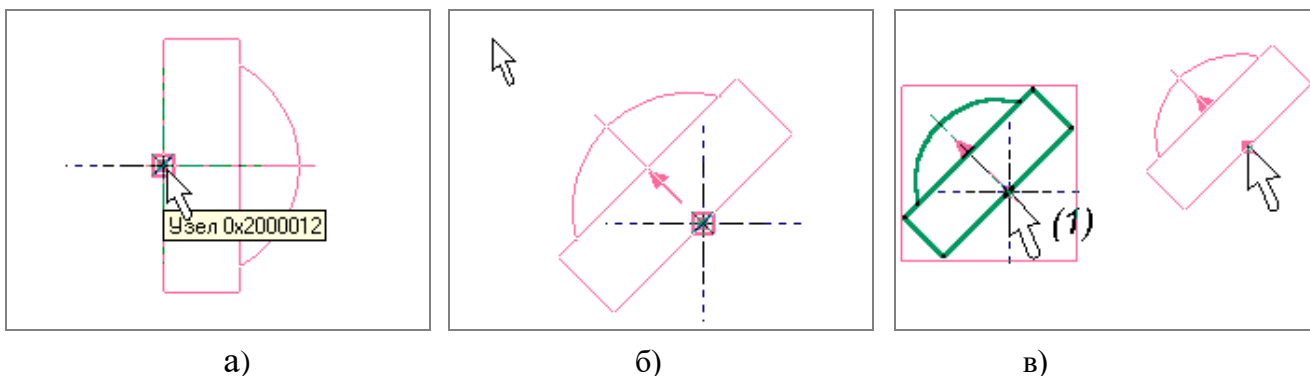
2.1.1 Подготовительный этап: в пустом документе создайте чертеж согласно рисунку 21а (размеры на изображении не проставлять).

2.1.2 Постройте вектор привязки с двумя точками. *Порядок построения:* вызвать команду «» («Построения|Вектор привязки»). Указать курсором на точку (1), по которой будет определяться положение фрагмента на сборочном чертеже, затем указать на точку (2), по которой будет задаваться поворот (рисунок 21б). После этого файл сохранить с именем «колпак» и закрыть.




а) б) в)  
Рисунок 21 – Порядок создания файла фрагмента и предварительные построения в файле сборки


2.1.3 Создайте новый документ (файл сборки). Нанесите линии построения при помощи команды «», опция «». Обновите выступание обрезанных линий построения при помощи опции «» в команде «» (рисунок 21в). Вызовите команду «» («Чертеж|Фрагмент»). Выберите опцию «», укажите в окне «Нанести фрагмент» файл с именем «колпак» и нажмите «ОК».




а) б) в)  
Рисунок 21 – Порядок нанесения фрагмента и его редактирования

2.1.4 Задайте положение первой точки привязки вектора по узлу сборочного чертежа. Для этого укажите курсором на узел чертежа, при этом узел должен подсветиться (рисунок 22а).

2.1.5 Задайте положение вектора привязки по одной точке и углу. Для этого установите режим «». В окне свойств в разделе «Угол поворота» в поле «Шаг» задайте шаг 45° дискретности угла наклона фрагмента. После этого при перемещении курсора по экрану изображение фрагмента будет вращаться вокруг первой точки вектора привязки, изменяя угол наклона на 45°. Для определения ориентации фрагмента указать курсором в нужное место экрана (рисунок 22б).

2.1.6 Выполните редактирование фрагмента, изменив его положение. Порядок построения: вызвать команду «» («Правка|Чертеж|Фрагмент»). Выбрать фрагмент в окне чертежа нажатием левой кнопки мыши. Фрагмент и его вектор привязки подсветятся. Для изменения положения фрагмента

необходимо указать курсором на первую точку привязки вектора, после чего фрагмент «привяжется» к курсору. Затем задать новое положение фрагмента, для этого переместить курсор в нужное место экрана и нажать левую кнопку мыши. При этом угол наклона фрагмента не изменится. Закончить редактирование фрагмента с помощью опции «» (рисунок 22в).

## 2.2 Создание на фрагменте контура для удаления невидимых линий. Работа со слоями. Редактирование файла фрагмента

Создайте чертежи деталей: пробки и втулки. Создайте на чертежах контуры для удаления невидимых линий. Нанесите их на сборочный чертёж в качестве фрагментов, учитывая, что на сборочном чертеже изображение пробки с резьбой должно перекрывать изображение отверстия.

2.2.1 Подготовительный этап: в пустом документе создайте чертёж части пробки с резьбой согласно рисунку 23а. Проставьте размеры.

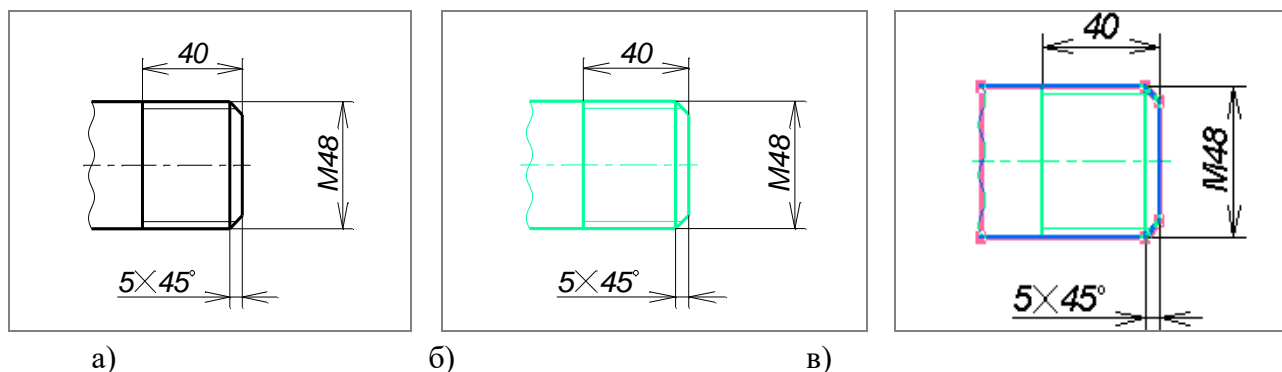







Рисунок 23 – Порядок создания файла детали пробка


2.2.2 Разбейте элементы чертежа по слоям. Порядок выполнения: вызвать окно редактора слоев из текстового меню («Настройка|Слои») или при помощи кнопки «» на системной панели. Создать новый слой при помощи кнопки «Новый», задать имя слоя, например, «1». Установить для элементов слоя «1» красный цвет. Закрыть окно при помощи кнопки «ОК». Затем поместить в слой «1» все линии изображения. Для этого в селекторе на системной панели оставить включенной опцию «» двойным щелчком левой кнопки мыши, выбрать все линии изображения, изменить для них параметр «Слой», выбрав слой «1» на системной панели. Все размеры, узлы и линии построения останутся в слое «Основной» и не изменят цвет (рисунок 23б).

2.2.3 Создайте контур для удаления невидимых линий. Порядок выполнения: вызвать команду «» («Чертеж|Штриховка»). В параметрах для автоматического поиска контура установить типы линий «Основная», «Волнистая». Выбрать контур для штриховки так, как показано на рисунке 23в. После выбора контура нужно установить следующие параметры штриховки (рисунок 26, часть 1) с помощью опции «»:

- «Метод заполнения» – «Невидимая»;

- Установить флаг – «Невидимые линии»;
- «Слой» задать равным – 1;
- «Приоритет» задать – 1.

После выхода из окна задания параметров подтвердить выбор при помощи опции «».

2.2.4 Постройте вектор привязки с двумя точками. Порядок построения: вызвать команду «» («Построения|Вектор привязки»). Выбрать две точки вектора привязки. Затем в окне параметров вектора привязки задать связь со слоями изображения: параметр «Связь со слоями» установить в значение «Рисовать только помеченное», в списке слоев отметить слой «1» (рисунок 24а). Полученный файл сохраните с именем «Пробка» и закройте.

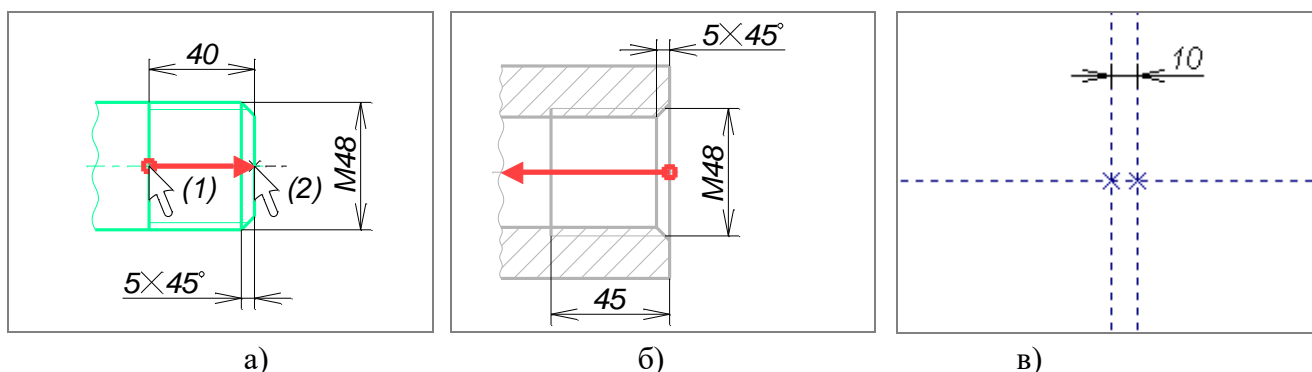





Рисунок 24 – Порядок создания фрагментов пробки и втулки предварительные построения на чертеже сборки

2.2.5 Создайте новый документ. В нем выполните чертеж части втулки с резьбой согласно рисунку 24б. Проставьте размеры. По аналогии с действиями с предыдущим файлом выполните разбивку по слоям, задайте контур для удаления невидимых линий, постройте вектор привязки, задайте для него связь со слоями. Полученный файл сохраните с именем «Втулка» и закройте.

2.2.6 Создайте новый документ – документ сборки. Нанесите линии построения, как показано на рисунке 24в.

2.2.7 Нанесите фрагмент «Втулка». Порядок построения: вызвать команду «» («Чертеж|Фрагмент»). Вызвать опцию «». Найти файл «Втулка» и открыть его. Задать привязку фрагмента по одной точке и углу наклона (рисунок 25а).

2.2.8 Нанесите фрагмент «Пробка». Порядок построения: вызвать опцию «», найти файл «Пробка» и открыть его. Задать привязку фрагмента по одной точке (рисунок 25б) и углу наклона (рисунок 25в).

2.2.9 Внесите изменения в исходный файл чертежа пробки. Порядок построения: указать мышью на фрагмент и нажать правую кнопку (рисунок 26а). В контекстном меню выбрать «Открыть», после чего система откроет файл «Пробка». Выполнить недостающие построения, нанести линии изображения, учитывая, что все изображение находится в слое «1». Изменить контур для удаления невидимых линий. Проставить размеры (рисунок 26б).

После этого файл сохранить и закрыть. Система выдаст запрос: «Один или несколько файлов, на который ссылается данный документ, были изменены. Обновить сборку?». Необходимо подтвердить этот запрос. После этого изменения будут внесены в сборочный чертеж (рисунок 26в).

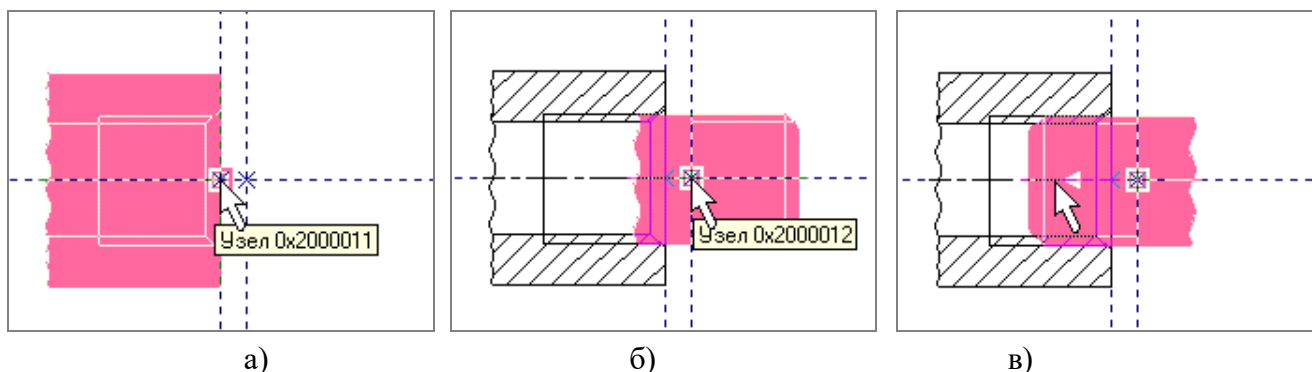


Рисунок 25 – Порядок нанесения фрагментов сборки

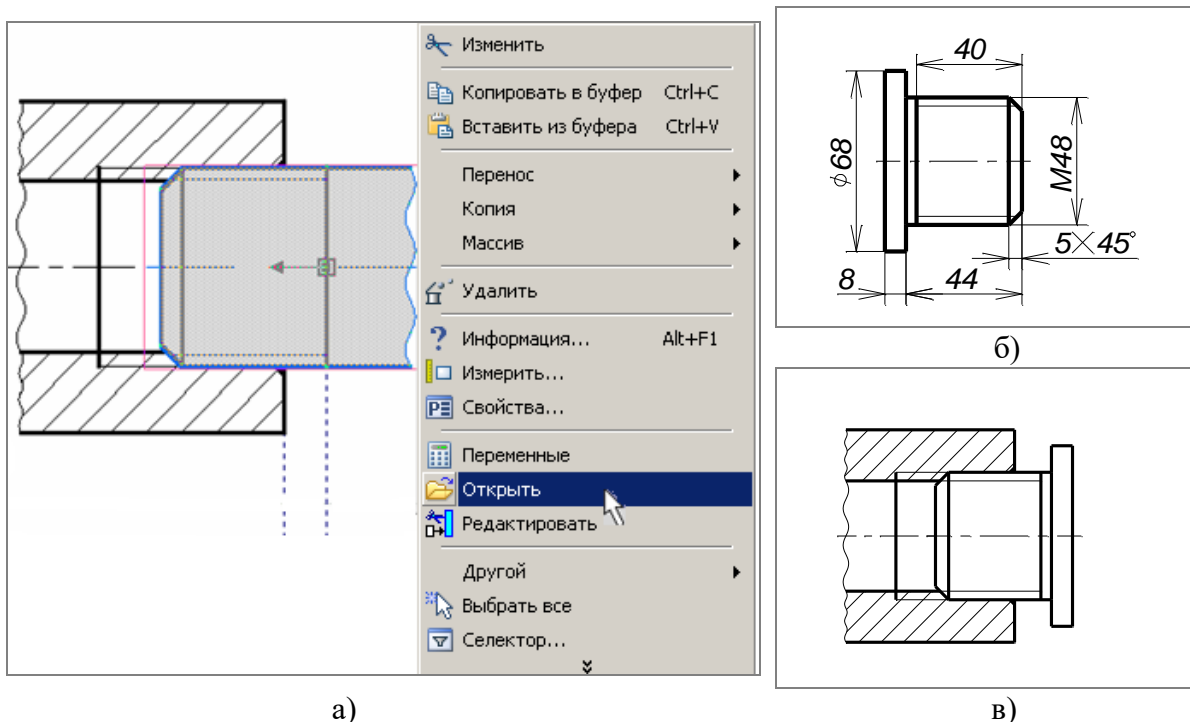



Рисунок 26 – Порядок редактирования чертежа пробки

### 2.3 Использование внешних переменных. Работа с библиотекой типовых элементов. Множественное нанесение фрагмента. Задание приоритетов фрагментов. Создание спецификации

Создайте чертеж вала, задайте размеры детали через внешние переменные. Нанесите на сборочный чертеж вал и два радиальных подшипника из библиотеки типовых элементов, связывая размеры фрагментов. Создайте спецификацию.

2.3.1 Подготовительный этап: в пустом документе создайте чертеж вала согласно рисунку 27а и 27б. Порядок построения: создать **внешнюю** переменную «d», которая будет задавать диаметр посадочного участка вала.

Для линии построения «а» назначить в качестве параметра расстояние « $d/2$ » от оси вала, для линии построения «б» – расстояние « $d \times 0,6$ » от оси вала. На чертеже проставить размеры. Создать основную надпись формата А4, с обозначением детали «Вал». По аналогии с предыдущим заданием выполнить разбивку по слоям, задать контур для удаления невидимых линий, построить вектор привязки, задать для него связь со слоями.

2.3.2 Создайте коннектор. Порядок построения: вызвать команду «» («Построения|Вектор привязки»). Указать первую точку коннектора в центре масс детали, а потом – вторую, как показано на рисунке 27в. В появившемся окне указать слой «1» и на закладке «Значения коннектора» нажать кнопку «Добавить». В появившемся окне «Значение коннектора» в поле «Имя:» ввести «b», в поле «Выражение:» – « $d \cdot 1,2$ » и нажать два раза «ОК». Полученный файл сохранить с именем «Вал» и закрыть.

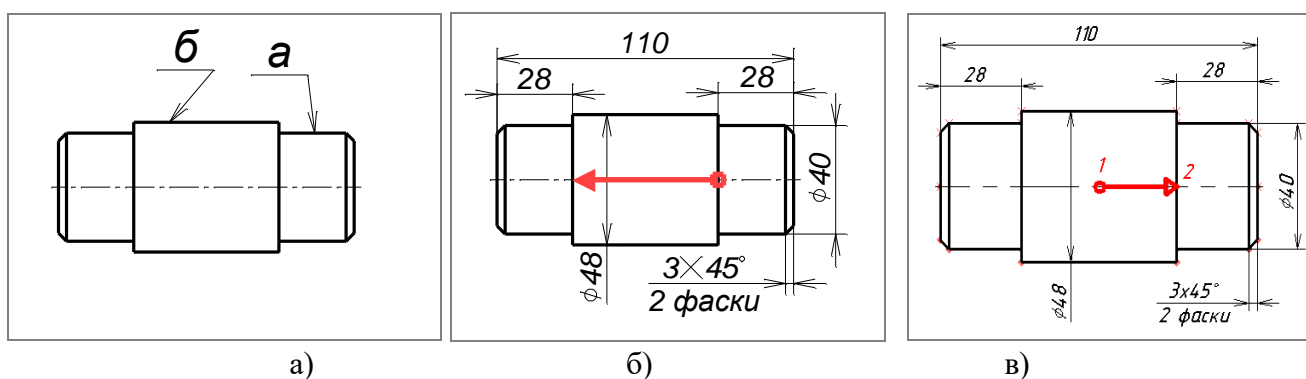



Рисунок 27 – Порядок создания фрагмента «Вал»

2.3.3 Создайте чертеж зубчатого колеса с модулем 4 и числом зубьев 32. Порядок построения: в новом документе создать **внешнюю** переменную «b» со значением 30 мм, которая будет привязываться к коннектору, созданному на детали «Вал». Построить изображение зубчатого колеса и вектор привязки, указав первую точку вектора в центре масс зубчатого колеса, а потом – вторую, как показано на рисунке 28а. На чертеже проставить размеры. Создать основную надпись формата А4, с обозначением детали «Зубчатое колесо». Создать таблицу для обозначения числа зубьев, модуля и делительного диаметра зубчатого колеса. По аналогии с предыдущим заданием выполнить разбивку по слоям, задать контур для удаления невидимых линий, для вектора привязки задать связь со слоями, сохранить.

2.3.4 Создайте новый документ. Нанесите базовые линии построения. При помощи команды «» создайте переменную  $D=30$ . Нанесите фрагмент «Вал», при этом в окне свойств фрагмента на закладке «Переменные» для внешней переменной фрагмента «d» задайте в качестве выражения переменную D.

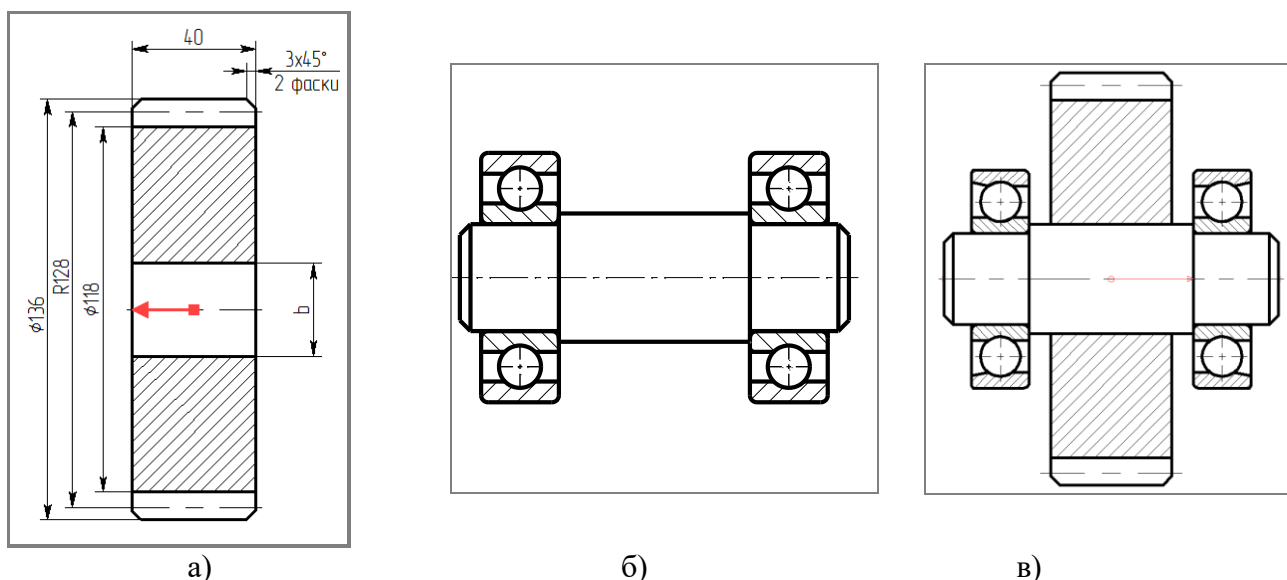







Рисунок 28 – Порядок создания фрагмента «Зубчатого колеса» и сборки

2.3.5 Нанесите фрагменты подшипников. *Порядок построения:* в меню документов в папке «Стандартные изделия» выбрать папку «Подшипники» в ней папку «Шариковые», далее папку «Радиально-упорные однорядные. ГОСТ 831–75», потом папку «Средняя серия (3,6) ГОСТ 831–75». В последней папке выбрать «Подшипник ГОСТ 831–75 46300» и, держа левую клавишу мыши, перетащить фрагмент подшипника в поле чертежа. В окне свойств подшипника на закладке «Переменные» в поле «Диаметр» ввести вместо числового значения переменную D. Установить подшипник как показано на рисунке 28б. Чтобы нанести второй подшипник, выбрать опцию «» («Повторить предыдущий фрагмент»). Система запросит только привязку нового фрагмента, а значения переменных будут те же, что и в предыдущем подшипнике.


2.3.6 Нанесите фрагмент «Зубчатое колесо». *Порядок построения:* вызвать команду «» («Чертеж|Фрагмент»). Вызвать опцию «». Найти файл «Зубчатое колесо» и открыть его. Задать привязку фрагмента по коннектору на фрагменте «Вал», включив опцию «». При этом, если подвести курсор мыши вместе с фрагментом к коннектору, диаметр отверстия зубчатого колеса подстраивается под диаметр отверстия вала.

2.3.7 На полученном чертеже изображение подшипника и зубчатого колеса перекрывает изображение вала. Чтобы устранить эту ошибку, необходимо задать для фрагмента вала значение приоритета равное 1. Для этого указать мышью на фрагмент и нажать правую кнопку. В контекстном меню выбрать «Свойства», в окне «Параметры фрагмента» в поле «Приоритет:» задать значение 1. После этого необходимо перерисовать чертеж при помощи опции «» (рисунок 28в).

2.3.8 Создайте спецификацию сборочного чертежа. *Порядок построения:* создать основную надпись формата А4, с обозначением детали «Передача». При этом из выпадающего списка «Наименование документа» выбрать





2.3.10 Измените значение переменной  $D = 40$  в редакторе переменных. Для обновления данных спецификации выполните команду «» («Сервис|Спецификация|Обновить все»). После выполнения работы, полученные файлы сохраните с именами, соответствующими заданию.

### **3 Содержание отчёта**

После выполнения работы полученный файл сохраните с именем, соответствующим номерам практического занятия и варианта.

#### **Вопросы для самоподготовки**

1. Зачем задается контур для удаления невидимых линий?
2. Как задать связь вектора привязки со слоем изображения?
3. Как изменить значение внешних переменных фрагмента?
4. Как изменить положение и ориентацию фрагмента?
5. Как работает коннектор?

## Библиографический список

1. Паршин, А.Н. Двухмерное параметрическое проектирование и черчение в T-Flex 2D v.12. Часть 1: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы новых компьютерных технологий в машиностроении» / А.Н. Паршин, О.В. Миловзоров. – Рязань : Рязанский институт (филиал) Московского государственного открытого университета имени В.С. Черномырдина, 2013. – 48 с.

2. Паршин, А.Н. Двухмерное параметрическое проектирование и черчение в T-Flex 2D v.12. Часть 2: Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы новых компьютерных технологий в машиностроении» / А.Н. Паршин, О.В. Миловзоров. – Рязань : Рязанский институт (филиал) Московского государственного открытого университета имени В.С. Черномырдина, 2013. – 44 с.

Учебное издание

**Паршин** Александр Николаевич  
**Татарников** Николай Николаевич  
**Чернышев** Алексей Дмитриевич

## **ДВУХМЕРНОЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЧЕРЧЕНИЕ В T-FLEX CAD ВЕРСИИ 17**

Часть 2

Методические указания к практическим занятиям

Подписано в печать \_\_\_\_\_. Тираж 5 экз.  
Рязанский институт (филиал) Московского политехнического университета  
390000, г. Рязань, ул. Право-Лыбедская, 26/53