

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Белгородский государственный технологический университет  
им. В. Г. Шухова  
Кафедра информационных технологий

Утверждено  
научно-методическим советом  
университета

**Методические указания  
к выполнению лабораторных работ по дисциплине  
"Средства визуализации деловой информации"  
для бакалавров направления 09.03.03 – Прикладная  
информатика**

Белгород  
2018

УДК 004.925(07)  
ББК 30.2-5-05  
М-54

Составитель канд. техн. наук, доц. *А.Ю. Стремнев*

**Методические** указания к выполнению лабораторных работ по М-54 дисциплине "Средства визуализации деловой информации" для бакалавров направления 09.03.03 – Прикладная информатика. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2018. – 96 с.

Методические указания ориентированы на выполнение лабораторных работ по дисциплине "Средства визуализации деловой информации" на базе программной среды Autodesk Inventor и охватывают вопросы создания проектов, 3d-моделирования, документирования, визуализации, инженерных возможностей.

**УДК 004.925(07)**  
**ББК 30.2-5-05**

© Белгородский государственный  
технологический университет  
(БГТУ) им. В. Г. Шухова, 2018

**СОДЕРЖАНИЕ**

Лабораторная работа № 1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В САПР AUTODESK INVENTOR .....	4
Лабораторная работа № 2. ЭСКИЗЫ В AUTODESK INVENTOR.....	9
Лабораторная работа № 3. ОБЪЕМНЫЕ И РАБОЧИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В AUTODESK INVENTOR .....	17
Лабораторная работа № 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В AUTODESK INVENTOR.....	32
Лабораторная работа № 5. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ В AUTODESK INVENTOR.....	43
Лабораторная работа № 6. СБОРКИ В AUTODESK INVENTOR.....	47
Лабораторная работа № 7. ИНЖЕНЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ AUTODESK INVENTOR .....	61
Лабораторная работа № 8. ПОДГОТОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTODESK INVENTOR .....	72
Лабораторная работа № 9. ФОТОРЕАЛИСТИЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В AUTODESK INVENTOR .....	81
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	96

## Лабораторная работа № 1. ОСНОВЫ РАБОТЫ В САПР AUTODESK INVENTOR

### Цель работы

Изучить структуру среды автоматизированного проектирования Autodesk Inventor (AI) ее настройку и основные принципы работы в ней, научиться создавать проекты AI.

### Ход работы

1. Откройте AI.
2. Выполните команду *Создать* или *Открыть* из ленты.
3. Перейдите в раздел *Проекты*, нажав кнопку *Проекты* окна *Открыть* или *Создать*.
4. Нажмите кнопку *Создать* в разделе *Проекты* и запустите *Мастер*; в первом окне *Мастера* выберите *Новый однопользовательский проект*.
5. В окне *Мастера* задайте имя проекта и путь к нему (н.п., *D:/Student/ИТ-51/Проект1*).
6. Сделайте созданный проект проектом *По умолчанию*. Изучите свойства созданного проекта в окне под перечнем проектов. Закройте окно проекта.
7. Перейдите в раздел *Создать* окна *Открыть* и выберите группу метрических шаблонов. Выберите шаблон детали *Обычный(мм).ipt* и нажмите *Создать*.
8. После загрузки среды проектирования откройте группу ленты: *Вид > Окна > Пользовательский интерфейс* и убедитесь в активированных панелях: *Видовой куб*, *Панель навигации*, *Браузер (объектов)*, *Строка состояния*. Установите их расположение в среде AI.
9. Выполните команду *Сохранить* панели быстрого доступа и в открывшемся окне убедитесь, что вы находитесь в папке вашего проекта. Создайте в папке проекта папку *Детали*, войдите в нее и сохраните деталь под любым именем (н.п., *Деталь1*).
10. Во вкладке ленты *3D-модель* выполните команду *Создать 2D-эскиз*. В *Браузере* разверните ветку *Начало* и выберите *Плоскость XY* для создания эскиза (замечайте выделение объекта в *Рабочей области*).

11. После указания плоскости создается новый эскиз и активируется режим его редактирования. Убедитесь, что открылась вкладка ленты *Эскиз* и затенились (сделались неактивными) все объекты *Браузера* кроме *Эскиза1*. По значку системы координат обратите внимание на изменение направления наблюдения в *Рабочей области*.

12. Выполните команду *Прямоугольник: По 2 точкам* из вкладки *Эскиз* и изобразите соответствующую фигуру в *Рабочей области*. Завершите команду, выбрав *Отмена* в контекстном меню рабочей области.

13. В *Рабочей области* выполните контекстную команду *Завершить 2D-эскиз* или команду *Принять эскиз* вкладки ленты *Эскиз*. Убедитесь, что на ленте открылась вкладка *3D-модель*, и снялось затенение всех элементов *Браузера*.

14. Выполните команду *Выдавливание* вкладки *3D-модель*. В открывшемся окне *Выдавливание* нажмите *ОК*. Обратите внимание на появление в структуре *Браузера* модели ветки *Выдавливание1* с находящимся в ее структуре эскизом. Сохраните файл.

15. Выполните команду *Свободная орбита* из *Панели навигации*. В *Рабочей области*, пользуясь внешней и внутренней областями компаса и его *ручками*, настройте точку наблюдения. Завершите работу с командой, выбрав команду *Завершить* в контекстном меню *Рабочей области*.

16. Изучите команду *Панорамировать* из *Панели навигации*.

17. Изучите команду *Зумирование* из *Панели навигации*.

18. Изучите команду *Показать рамкой* из *Панели навигации*.

19. Изучите команду *Показать выбранное* из *Панели навигации*. Попробуйте выбирать отдельные грани детали в форме параллелепипеда либо всю деталь, используя *Браузер*.

20. Изучите команду *Вид на объект* из *Панели навигации*. Попробуйте выбрать отдельные грани и ребра параллелепипеда. Используя ветку *Начало координат Браузера*, переберите все варианты координатных плоскостей для данной команды. При этом обратите внимание на изменение ориентации значка системы координат в *Рабочей области*.

21. Опробуйте действие команд *Предыдущий вид*, *Следующий вид*, *Исходный вид* из группы *Навигация* вкладки *Вид* ленты.

22. Выполните команду *Создать* из панели быстрого доступа и в метрических шаблонах выберите шаблон сборки *Обычный (мм).iam* и нажмите *ОК*.

23. После загрузки среды проектирования обратите внимание на активизацию вкладки *Сборка* на ленте, а в *Браузере* – на появление в корне объекта текущей сборки – *Сборка1*.

24. Сохраните создаваемую сборку в новой папке (н.п., *Сборки*) текущего проекта.

25. Выполните команду *Создать компонент* из вкладки *Сборка* ленты. В окне *Создание компонента по месту* укажите название детали (н.п., *Деталь2*), выберите шаблон (метрический *Обычный (мм).ipt* шаблон детали) и в качестве расположения укажите папку *Детали* текущего проекта. Нажмите *ОК*. В *Рабочей области* курсором (с символом детали) указать произвольную точку. Обратите внимание на появление в *Браузере* ветки с созданной деталью как элементом структуры модели сборки. Созданная деталь становится активным элементом *Браузера* модели.

26. Используя ветку *Начало* в структуре *Браузера* для новой детали, создайте эскиз на *Плоскости XY*. В созданном эскизе изобразите окружность с помощью команды *Окружность: центр* вкладки *Эскиз* ленты. Завершите команду, выбрав *Отмена* в контекстном меню *Рабочей области*.

27. В *Рабочей области* выполните контекстную команду *Завершить 2D-эскиз* или команду *Принять эскиз* вкладки ленты *Эскиз*. Выполните команду *Выдавливание* вкладки *3D-модель*, задав параметры по-умолчанию. После завершения команды обратите внимание на *Браузер*, где затененными являются все объекты, кроме создаваемой детали, в структуре которой появился элемент типа *Выдавливание*.

28. Выполните команду *Возврат* вкладки *3D-модель* ленты или выберите в контекстном меню рабочей области команду *Закончить редактирование*. Еще раз обратите внимание на структуру *Браузера*.

29. Выполните команду *Вставить компонент* из вкладки *Сборка*. В окне *Вставить компонент* выберите ранее созданную деталь (в форме параллелепипеда) и нажмите кнопку *Открыть*.

30. В *Рабочей области* щелкните в произвольном месте мышью для расположения детали в среде сборки, затем выполните контекстную команду *ОК* или *Отмена*. Обратитесь к структуре сборки в *Браузере*.

31. Опробуйте действие команд из группы *Представление модели* вкладки *Вид* для режимов отображения объектов (*Тонированный режим*, *Со скрытыми ребрами*, *Каркасный режим* и др.) и типа "камеры наблюдателя" (*Параллельный* и *Перспективный*).

32. Выполните команду *Зависимость* из группы *Позиция* вкладки *Сборка* ленты. После открытия окна *Зависимости в сборке* щелкните по одному из ребер детали-параллелепипеда, а затем, наведя указатель мыши на деталь-цилиндр, дождитесь появления меню вариантов, среди которых выберите *Ось*. Нажмите *Применить* в окне *Зависимости в сборке* и закройте его.

33. Обратите внимание на появление в *Браузере* модели сборки в структуре каждой из деталей нового объекта – сборочной зависимости типа *Совмещение*. Попробуйте буксировать деталь-параллелепипед в Рабочей области.

34. В *Браузере* для детали-параллелепипеда в контекстном меню установите флажок *Базовый*, а для детали-цилиндра снимите его. Обратите внимание на изменение значков деталей в *Браузере*. Попробуйте буксировать деталь-цилиндр в *Рабочей области*.

35. Сохраните файл сборки и закройте его. Откройте файл любой из созданных деталей.

36. В среде проектирования детали выполните контекстную команду ленты *Адаптация пользовательских команд*. Ознакомьтесь с назначением каждой из вкладок окна этой команды.

37. Выполните команду *Процесс моделирования* из группы *Настройки* вкладки *Инструменты* ленты. Ознакомьтесь с назначением каждой из вкладок окна этой команды. В закладке *Стандарт* выберите любой тип материала и проконтролируйте его отображение в модели, закрыв окно *Процесс моделирования*.

38. С помощью команды *Представление модели* из группы *Материал и представление* вкладки *Инструменты* ленты назначьте цвет детали, отличный от цвета назначенного материала.

39. Выполните команду *Параметры приложения* из группы *Настройки* вкладки *Инструменты* ленты. Ознакомьтесь с назначением каждой из вкладок окна этой команды. В закладке *Эскиз* попробуйте разрешить/запретить отображение сетки, осей координат, знака системы координат (результат можно увидеть, активировав эскиз в узле выдавливание текущей детали в *Браузере*). В закладке *Цвета* измените цветовую схему рабочей области, выбрав ее из списка.

### Состав отчета

1. Номер, название и цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы:
  - а) Перечислите основные типы моделей составных компонентов AI.

б) Назовите и охарактеризуйте два подхода к созданию моделей сборочных единиц.

в) Каким образом устанавливается текущий проект в АІ?

г) Опишите процесс создания нового проекта.

д) Каким образом в проект АІ добавляются компоненты?

е) Перечислите и охарактеризуйте основные составные части пользовательского интерфейса АІ?

ж) Поясните принцип работы с *Браузером*. Каким образом происходит переход между уровнями модели?

з) Каким образом устанавливаются связи-зависимости между деталями в сборке?

и) Опишите команды задания режимов отображения объектов и "камеры наблюдателя".

к) Поясните принципы настройки пользовательского интерфейса в АІ. Инструменты настройки.

л) Какие Вам известны настраиваемые параметры модели детали в АІ?

м) Охарактеризуйте группы настроек среды АІ.



## Лабораторная работа № 2. ЭСКИЗЫ В AUTODESK INVENTOR

### Цель работы

Научиться создавать плоские эскизы в АІ и фиксировать их форму и размеры.

### Ход работы

1. Выполнить эскиз в соответствии с вариантом (рис. 2), добившись фиксации формы и размеров с помощью геометрических и размерных зависимостей (незафиксированные степени свободы приводятся в варианте). Условные обозначения в эскизе: *мм*, *mm* – миллиметры, *град*, *deg* – градусы, *бр*, *ul* – безразмерная величина. Файл детали с построенным эскизом сохранить.

2. Поместить в отчет:

- а) готовый эскиз со всеми размерными зависимостями;
- б) для любых трех элементов эскиза привести сведения о геометрических зависимостях.

### Пример

Выполнить эскиз (рис. 1) и наложить необходимые зависимости

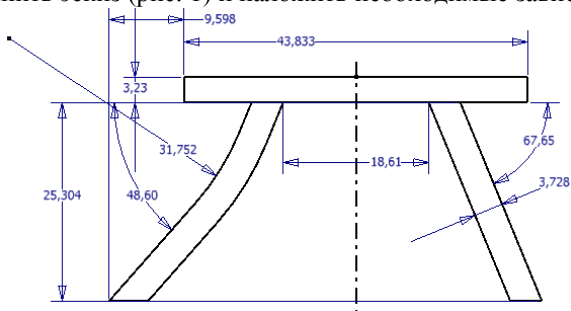




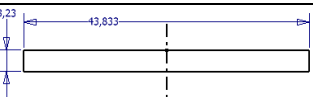




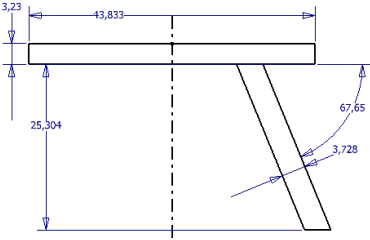





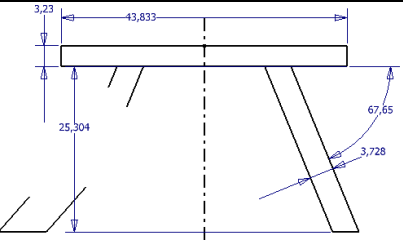







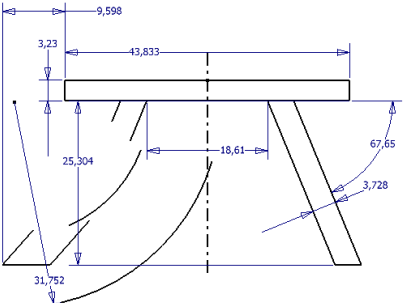



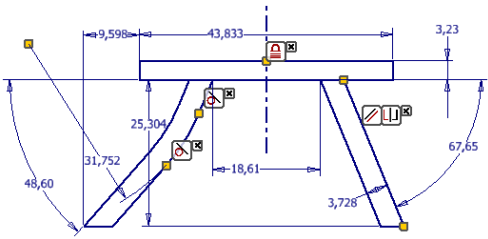



Рис. 1. Плоский эскиз ("стол") – 2 степени свободы (осевая линия)

Последовательность создания эскиза представлена в табл. 1.

Таблица 1

## Последовательность создания эскиза "стола"

№	Содержимое Рабочей области	Описание инструментов
1		Инструмент: <i>Отрезок</i>  Модификатор: <i>Осевая линия</i>  Зависимости: геометрическая – <i>Вертикальность</i>  .
2		Инструмент: Прямоугольник: 2 точки  Зависимости: геометрические – <i>Совмещение</i>  (середина верхней стороны прямоугольника и осевая линия), <i>Фиксация</i>  (середина верхней стороны прямоугольника); размерные – <i>Размеры</i>  (43,833 мм, 3,23 мм).
3		Инструмент: <i>Отрезок</i>  Зависимости: геометрические – <i>Совмещение</i>  (вершины образующих “ножки стола” между собой и “столешницей”), <i>Параллельность</i>  (боковые образующие “ножки стола” между собой), <i>Горизонтальность</i>  (основание “ножки”); размерные – <i>Размеры</i>  (3,728 мм, 25,304 мм, 67,65 град).
4		Инструмент: <i>Отрезок</i>  Зависимости: геометрические – <i>Совмещение</i>  (вершины нижних образующих “ножки стола” между собой и вершины верхних – со “столешницей”), <i>Параллельность</i>  (боковые образующие “ножки стола” между собой), <i>Симметричность</i>  (верхние образующие левой “ножки” относительно правой по осевой линии), <i>Коллинеарность</i>  (основания “ножек”)

1	2	3
5		<p>Инструмент: <i>Дуга: центр</i></p> <p> (образующие сгиба левой “ножки”).</p> <p>Зависимости: геометрические –</p> <p><i>Совмещение</i>  (центры дуг образующих сгиба “ножки”); размерные –</p> <p><i>Размеры</i>  (18,61 мм, 9,598 мм, 31,752 мм).</p>
6		<p>Зависимости: геометрические –</p> <p><i>Совмещение</i>  (вершины дуг образующих сгиба и прямолинейных образующих левой “ножки”), <i>Касательность</i>  (дуги образующих сгиба и прямолинейные образующие левой “ножки”); размерные –</p> <p><i>Размеры</i>  (48,60 град).</p>

Для отображения зависимостей, наложенных на отдельные элементы созданного эскиза (табл. 1), используется контекстная команда *Показать зависимости*. Контроль количества степеней свободы (две для последовательности из табл. 1) – команда *Автоматические размеры и зависимости* из группы *Зависимость* вкладки *Эскиз*.

### 1. 2 степени свободы (осевая линия)

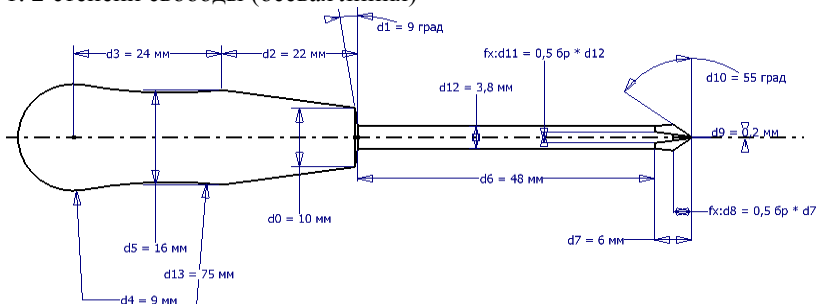
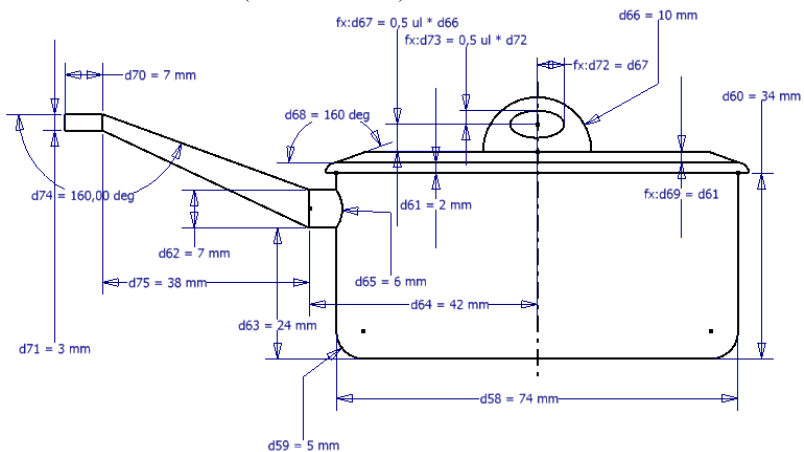


Рис. 2. Варианты плоских эскизов (начало)

## 2. 2 степени свободы (осевая линия)



## 3. 0 степеней свободы

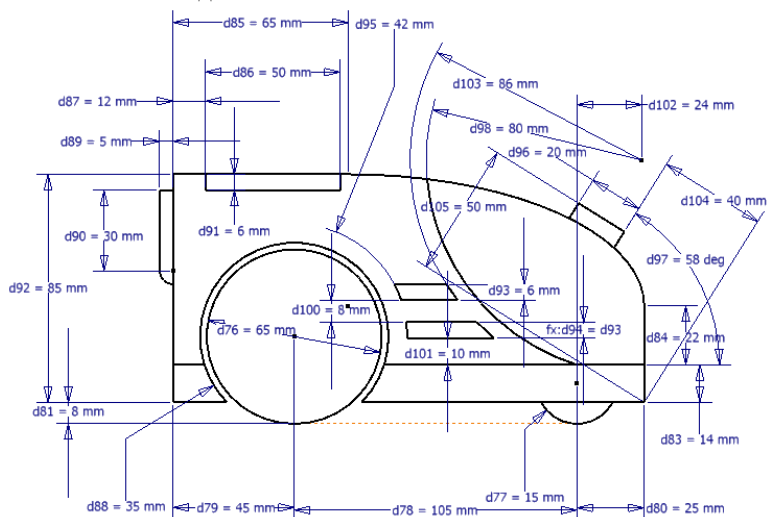
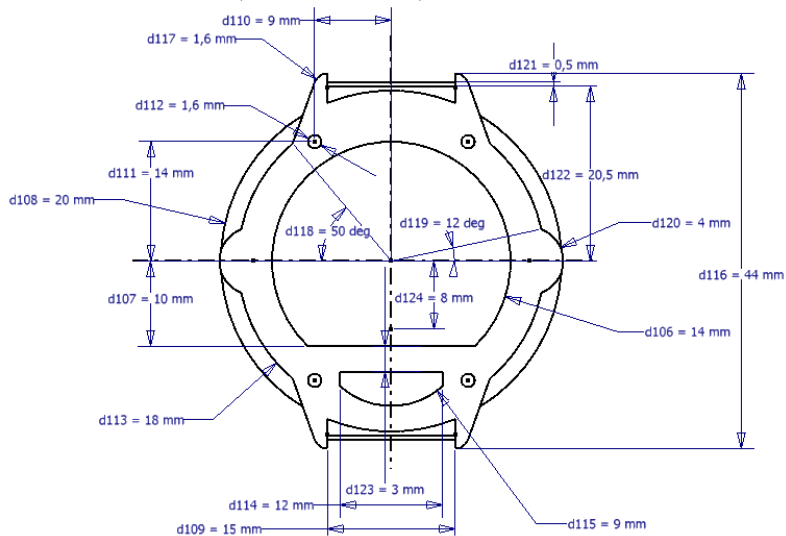


Рис. 2. Продолжение

## 4. 4 степени свободы (2 осевые линии)



## 5. 4 степени свободы (2 осевые линии)

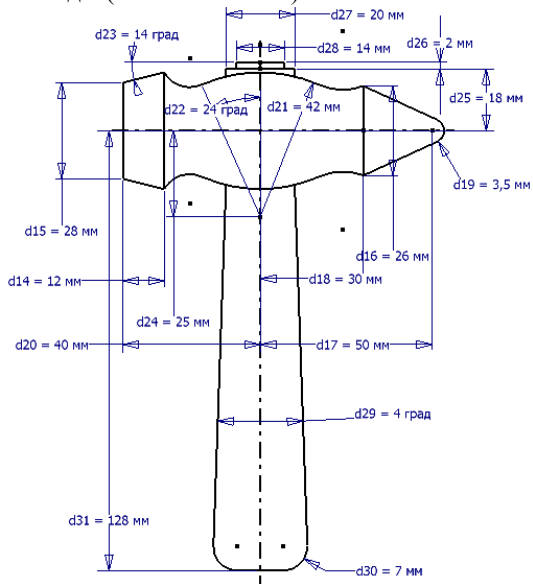
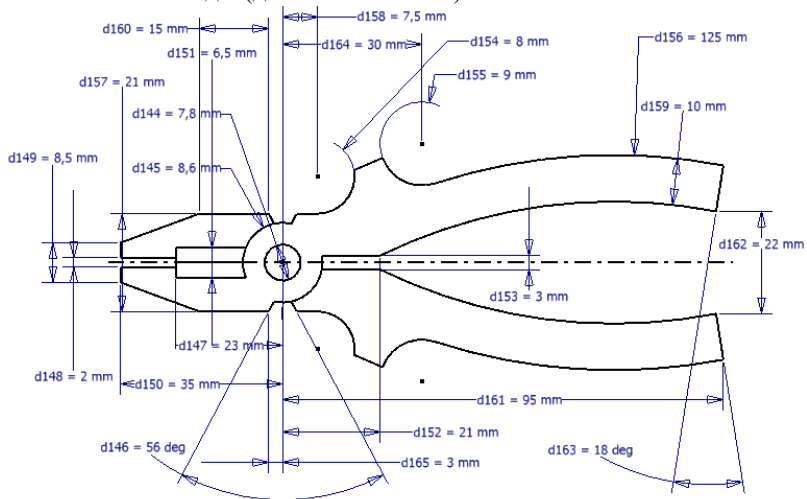


Рис. 2. Продолжение

## 6. 4 степени свободы (две осевые линии)



## 7. 4 степени свободы (2 оси симметрии)

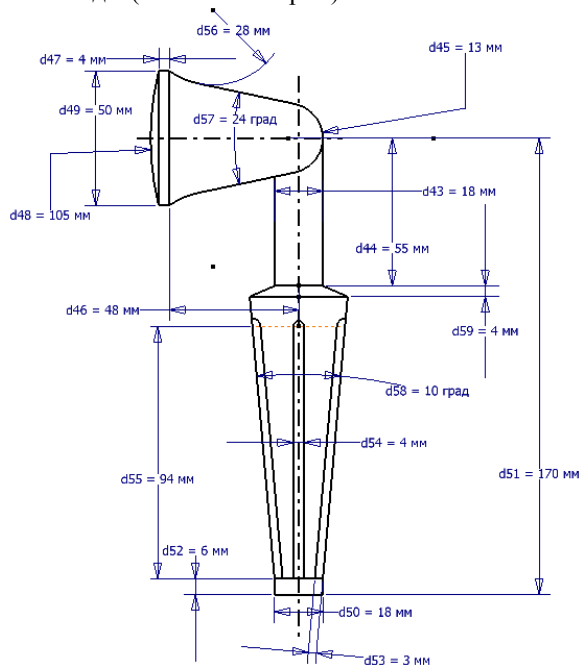
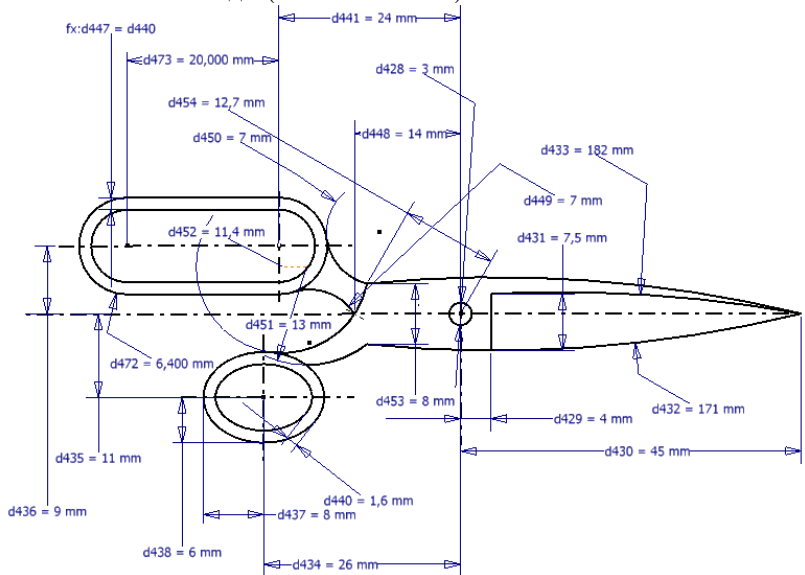


Рис. 2. Продолжение

## 8. 12 степеней свободы (6 осевых линий)



## 9. 8 степеней свободы (4 оси)

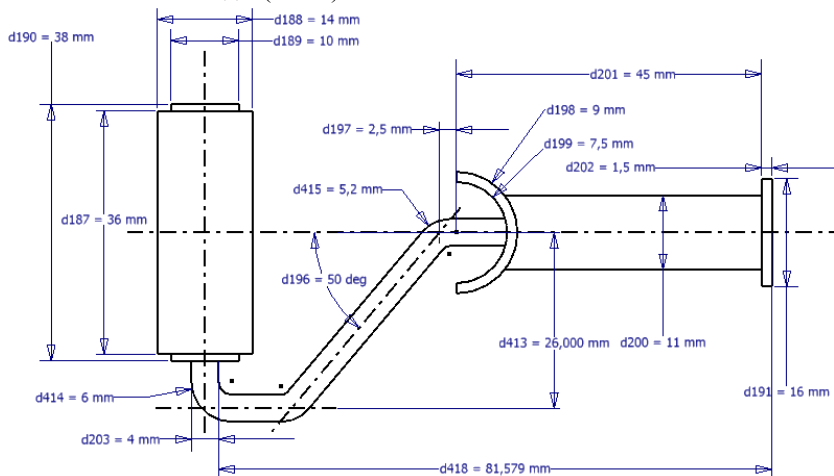


Рис. 2. Продолжение





### Лабораторная работа № 3. ОБЪЕМНЫЕ И РАБОЧИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В AUTODESK INVENTOR

#### Цель работы

Освоить способы создания рабочих элементов в АІ и научиться использовать рабочие элементы при создании моделей на основе объемных элементов *Выдавливания* и *Вращения*.

#### Ход работы

1. Выполнить вариант трехмерной детали (используемые рабочие элементы и размеры приведены в варианте на рис. 5). Файл детали сохранить.

2. Поместить в отчет:

- изображение готовой модели;
- последовательность выполнения построения.

#### Пример

Выполнить трехмерную модель по заданию (рис. 3).

Материалы отчета по выполнению представлены на рис. 4.

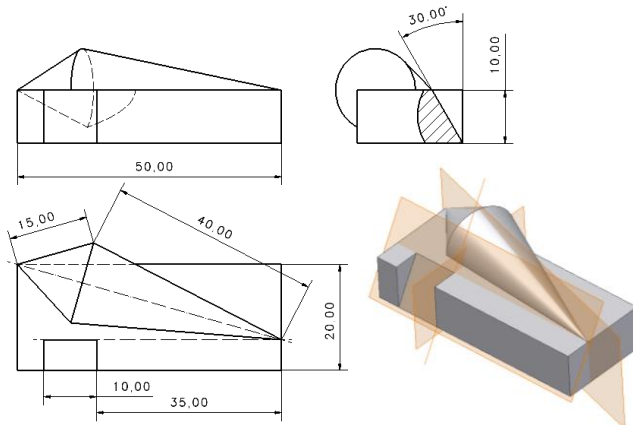
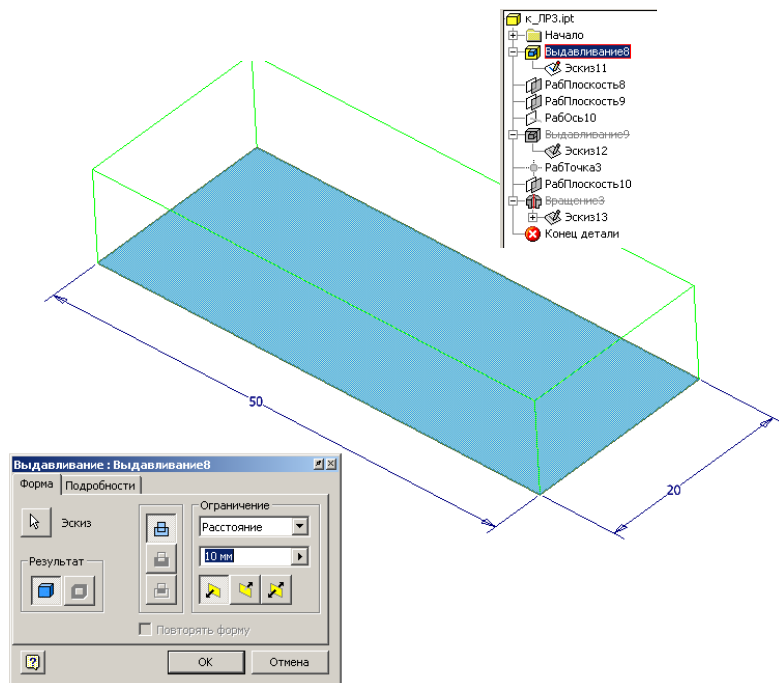


Рис. 3. Трехмерная модель

а



б

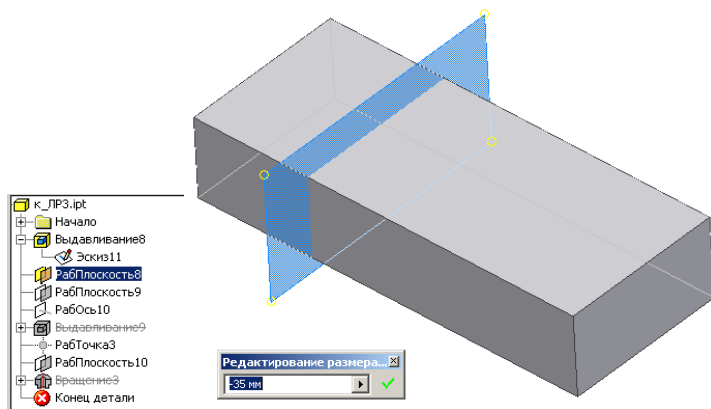
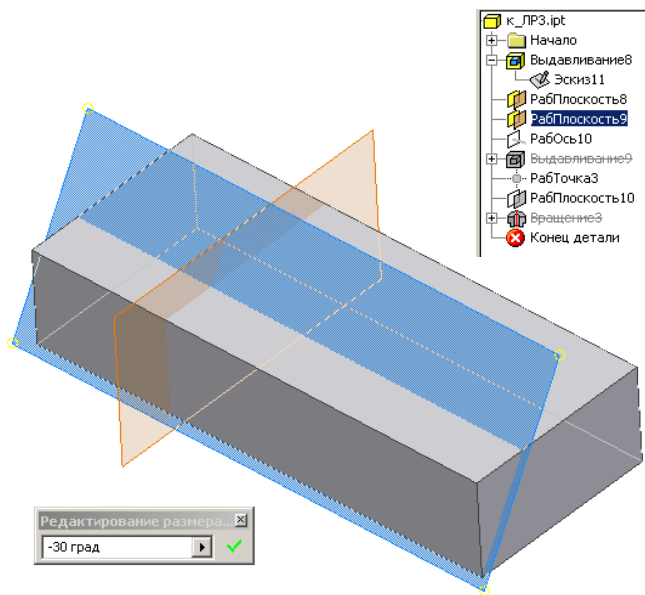


Рис. 4. Последовательность выполнения построения (начало)

6



2

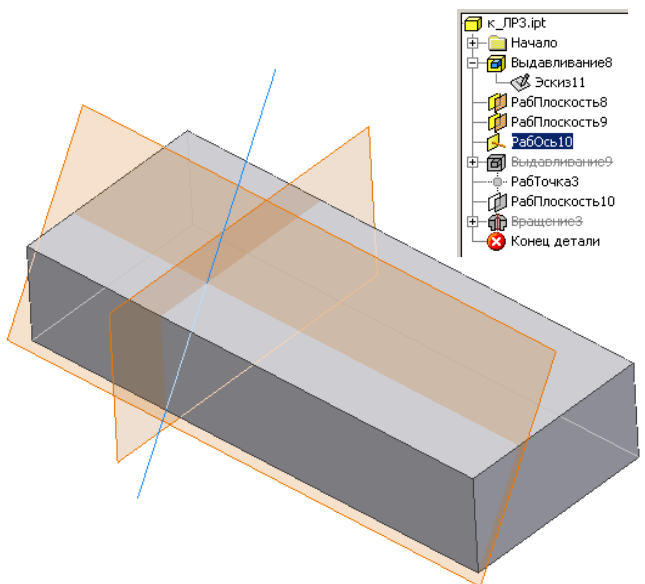
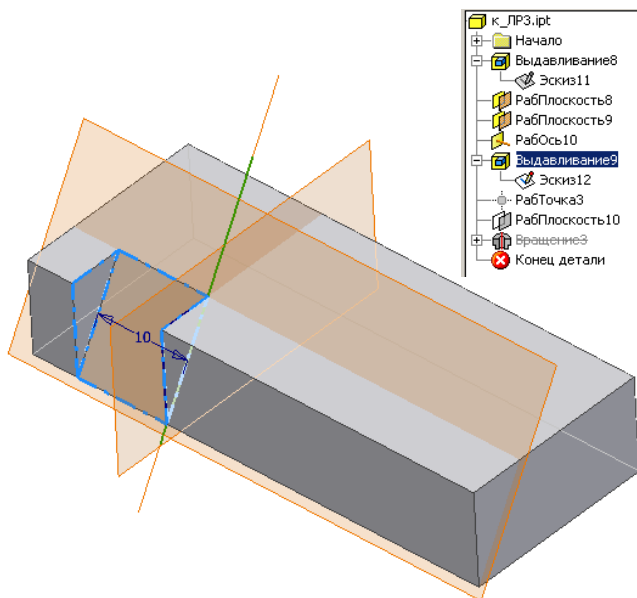


Рис. 4. Продолжение

д



е

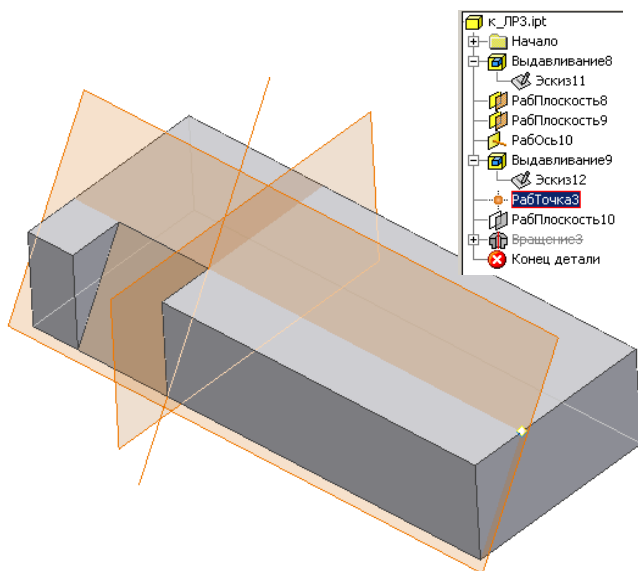
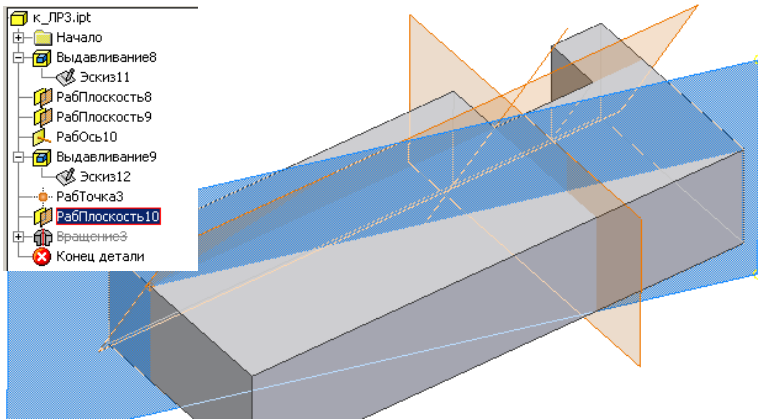


Рис. 4. Продолжение

Ж



З

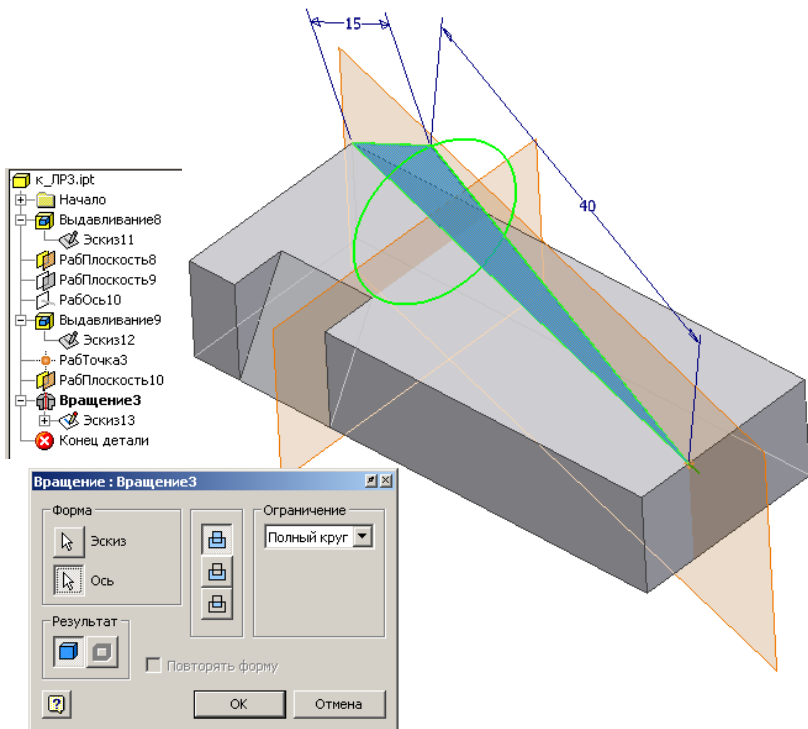


Рис. 4. Окончание

1.

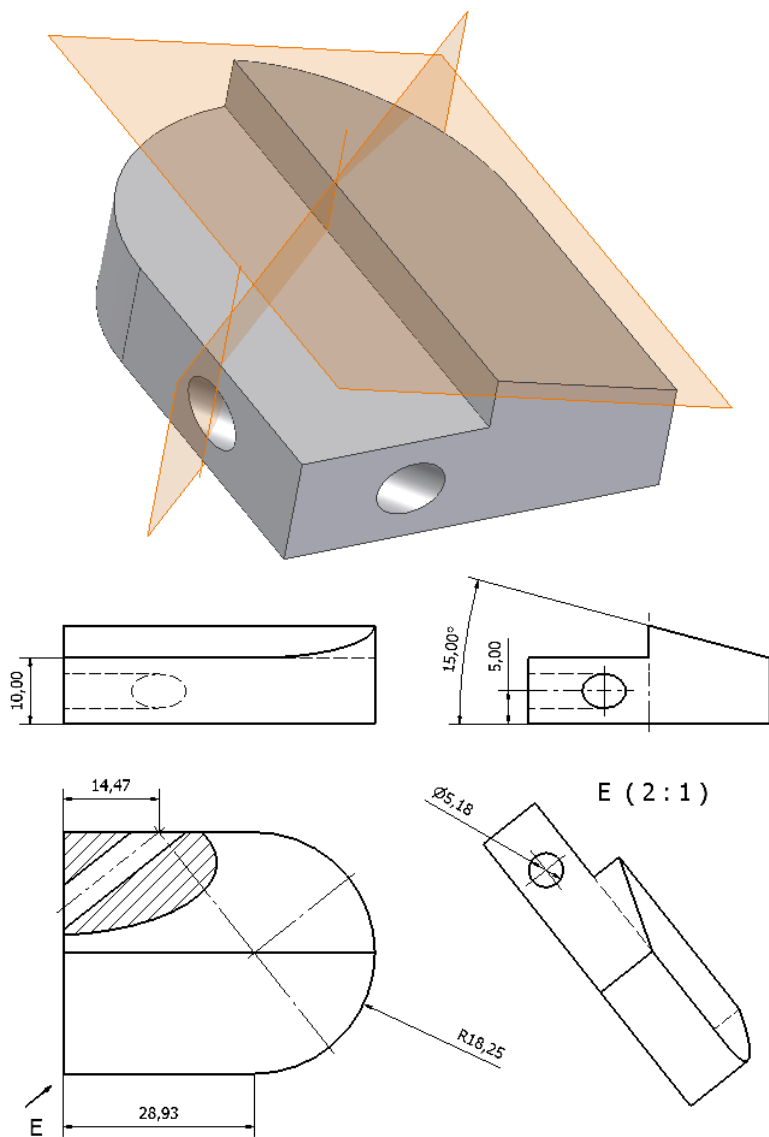


Рис. 5. Варианты трехмерных моделей (начало)

2.

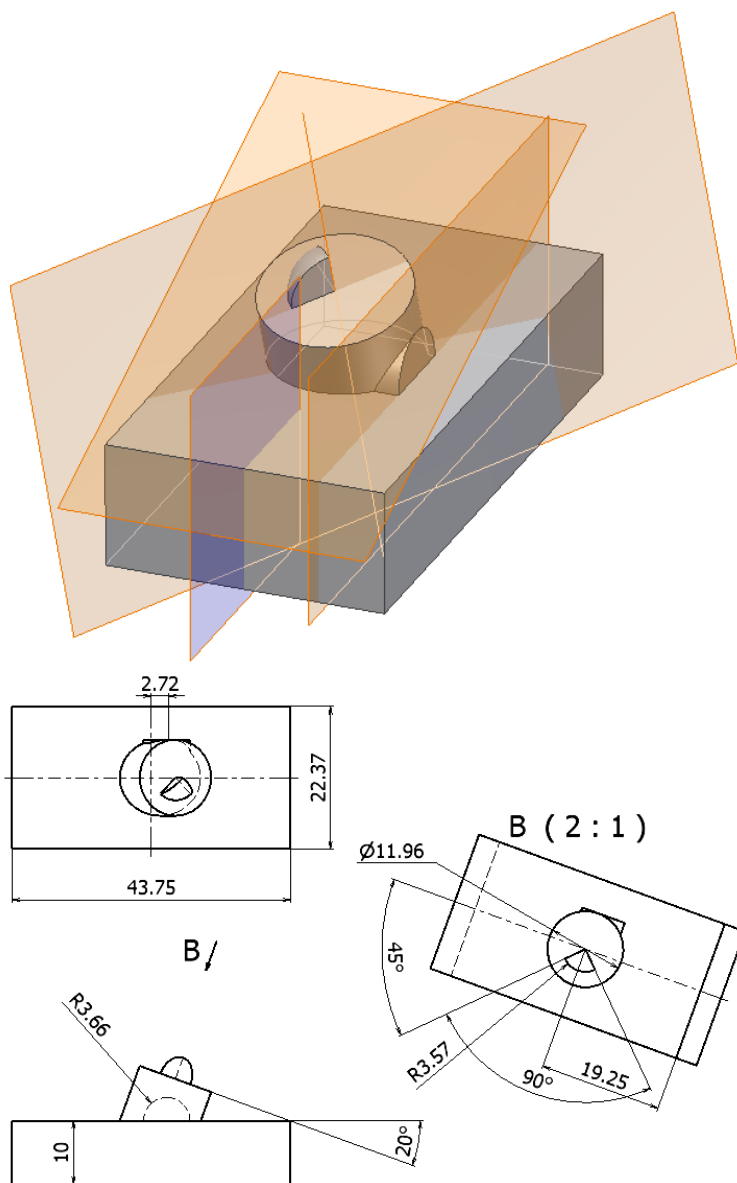


Рис. 5. Продолжение

3.

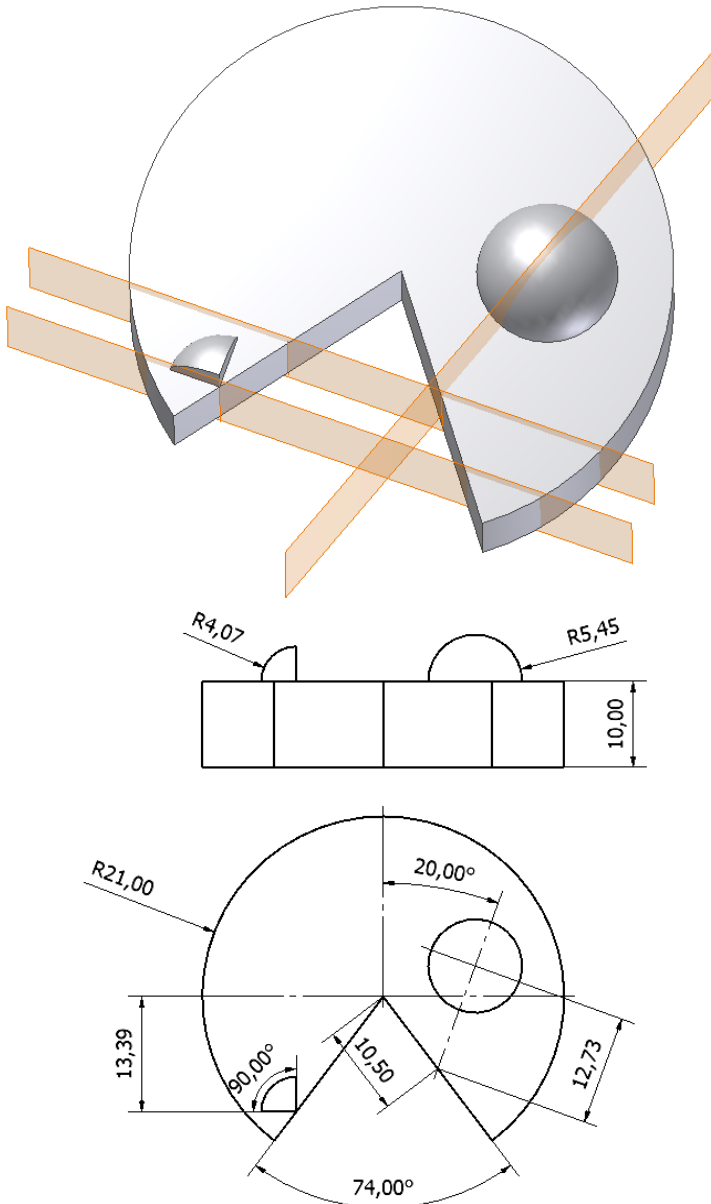


Рис. 5. Продолжение



4.

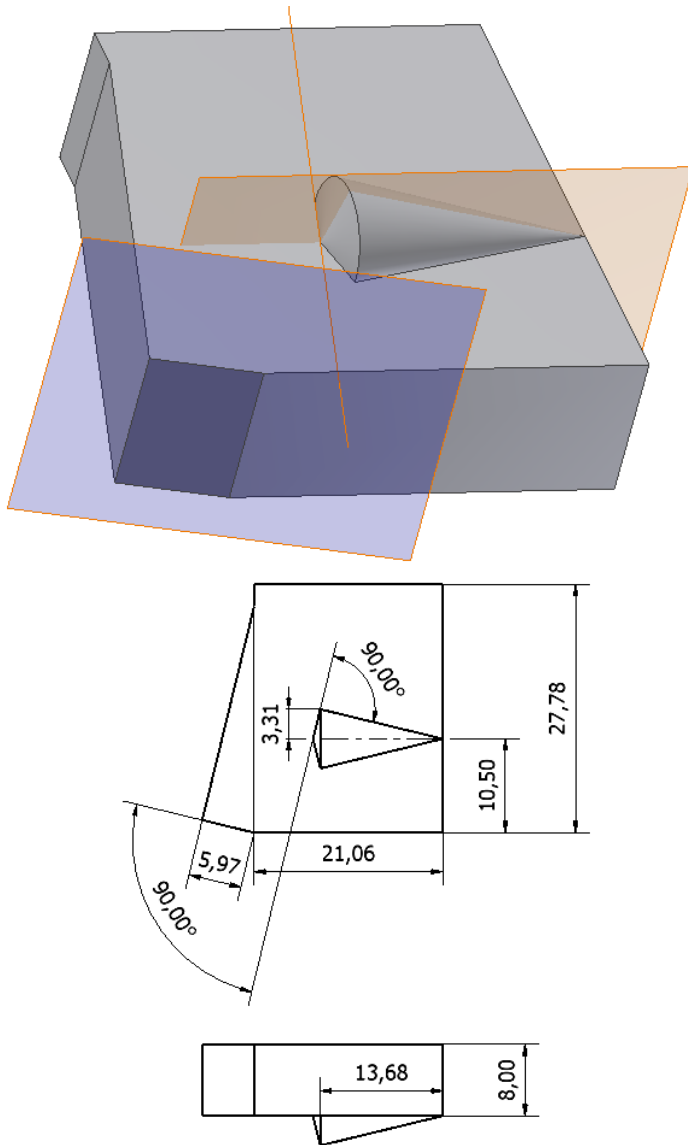


Рис. 5. Продолжение

5.

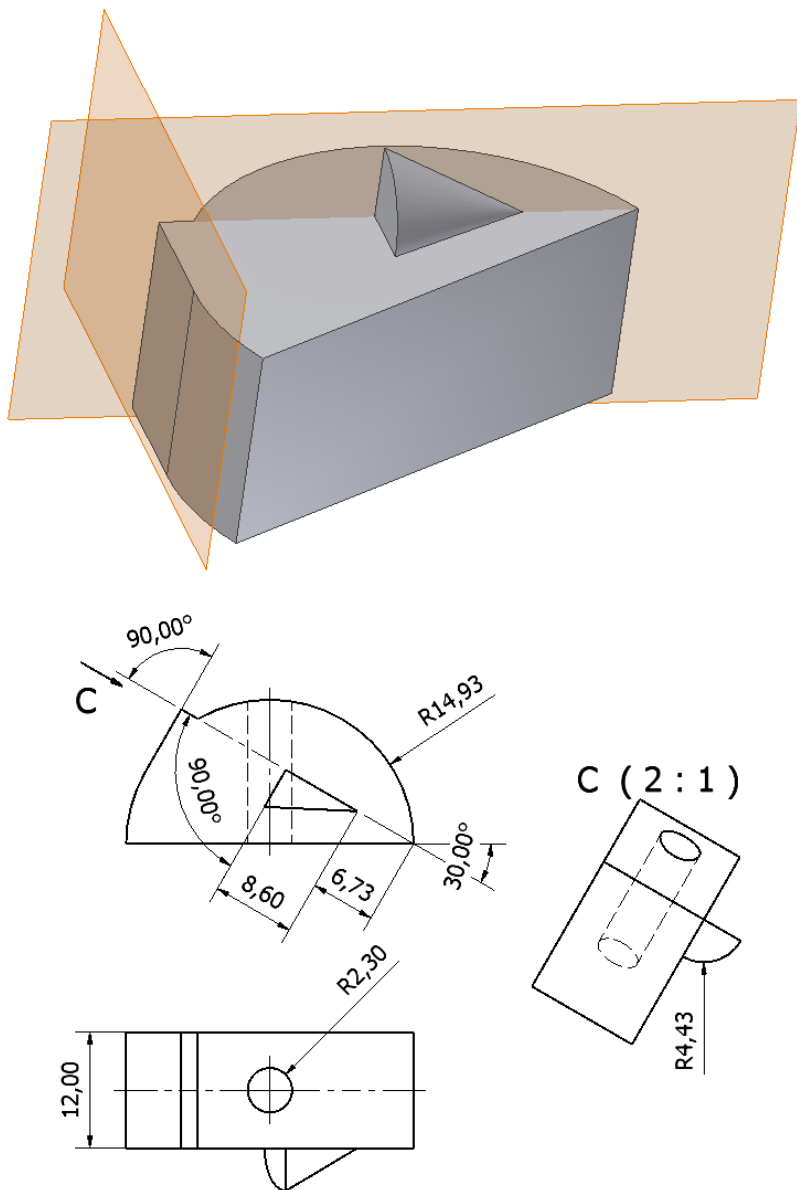


Рис. 5. Продолжение

6.

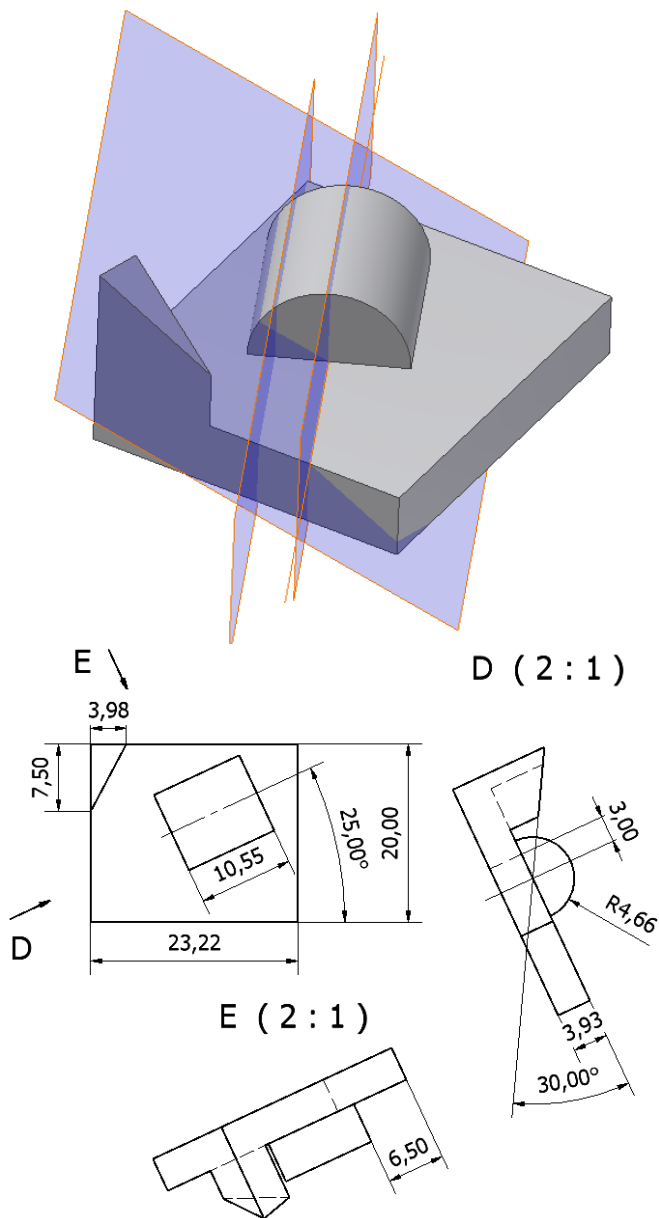


Рис. 5. Продолжение

7.

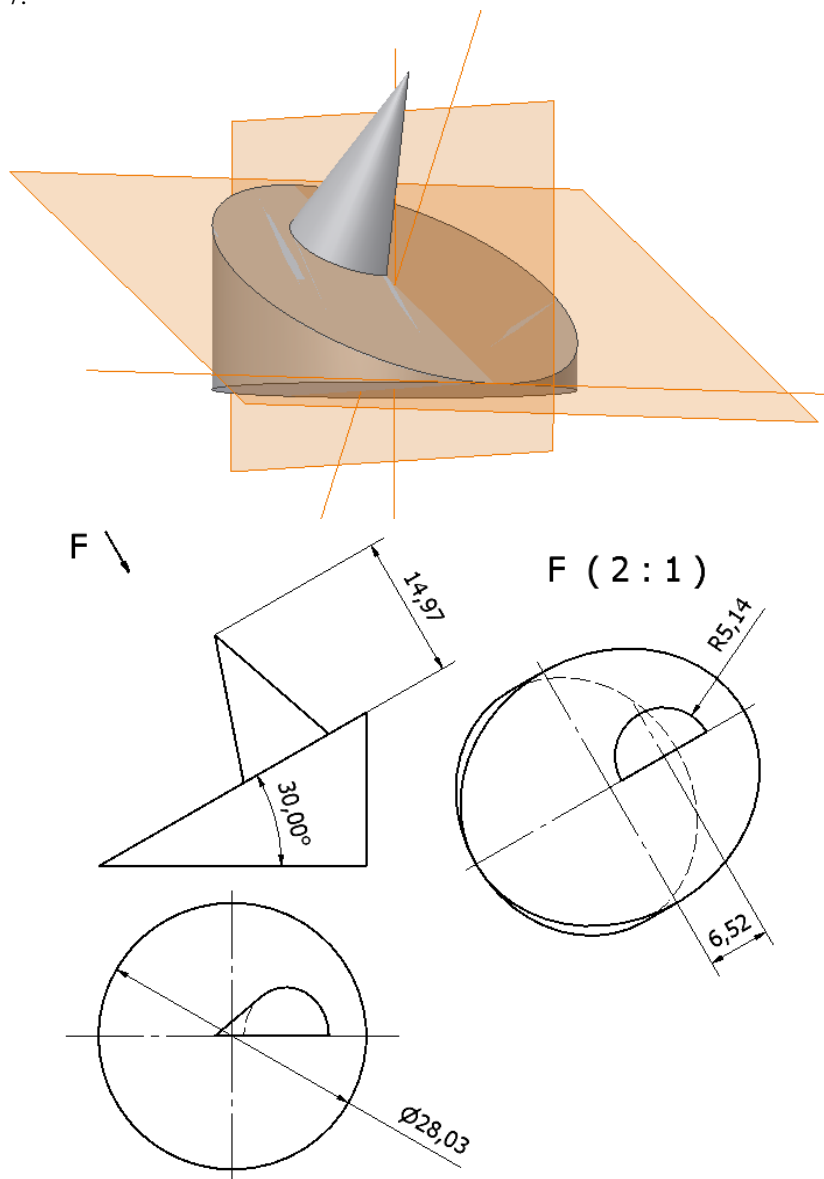
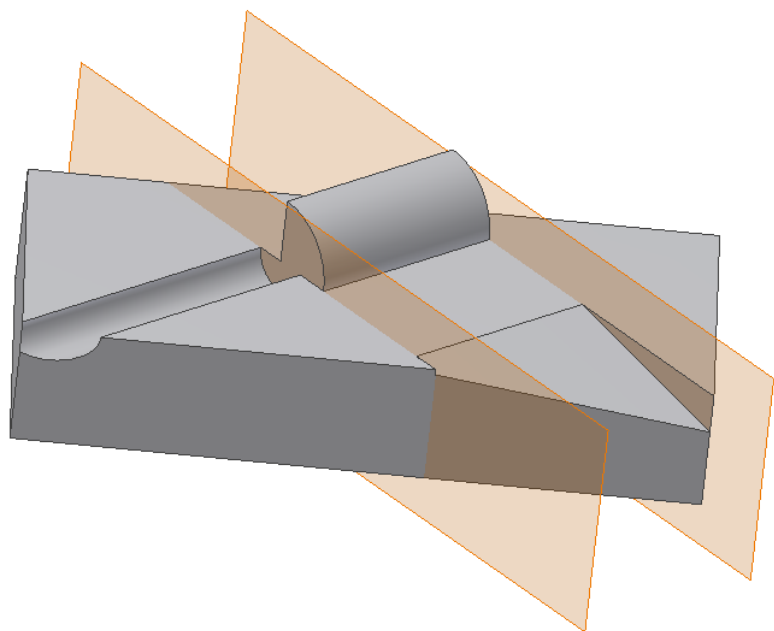


Рис. 5. Продолжение

8.



G (2 : 1)

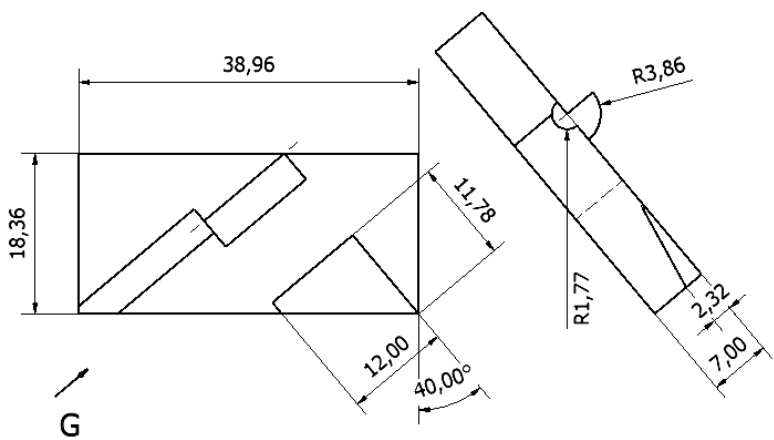


Рис. 5. Продолжение

9.

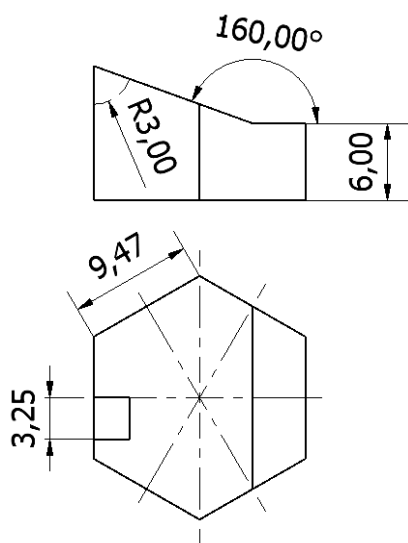
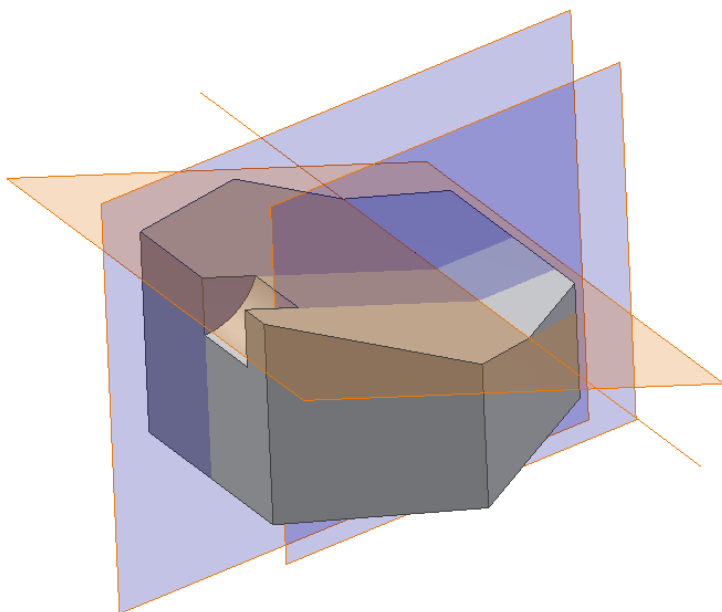


Рис. 5. Продолжение

10.

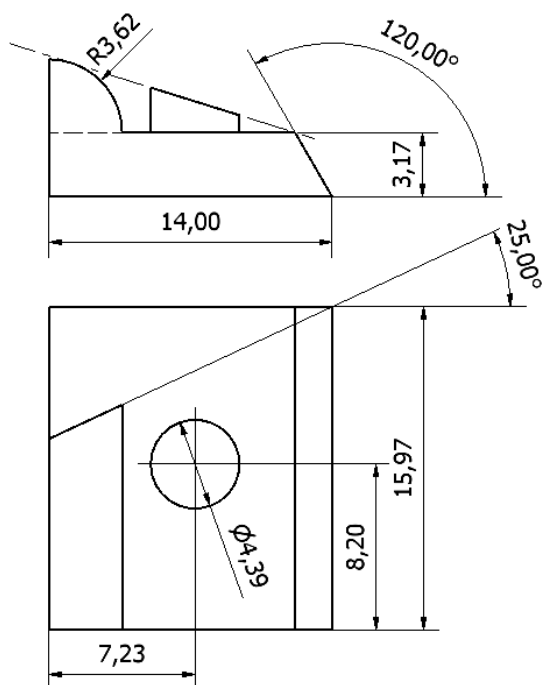
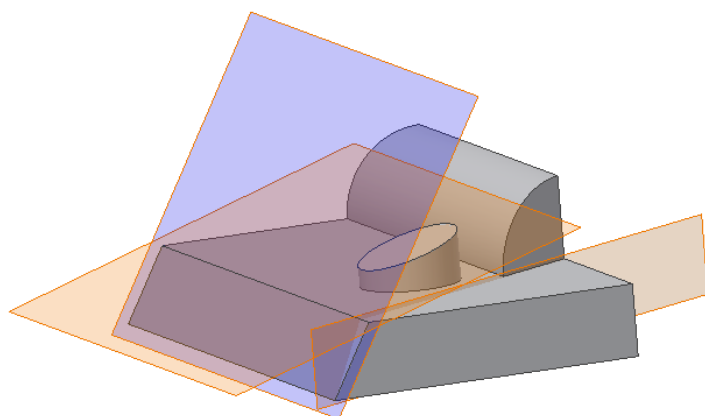


Рис. 5. Окончание

## Лабораторная работа № 4. КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ В AUTODESK INVENTOR

### Цель работы

Научиться использовать различные типы конструктивных объемных элементов при моделировании деталей в АІ.

### Ход работы

1. Выполнить вариант трехмерной детали (рис. 7). Файл детали сохранить.

2. Поместить в отчет:

а) изображение готовой модели с позициями-выносками объектов построения верхнего уровня *Браузера* (кроме группы рабочих элементов *Начало*);

б) структуру *Браузера* для модели.

### Пример

Образец изображения готовой модели и последовательности построения представлен на рис 6.

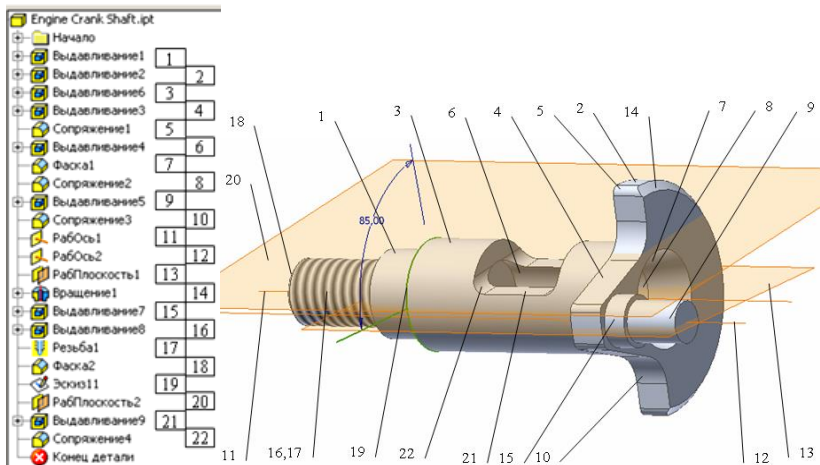


Рис. 6. Структура и последовательность создания модели



1.

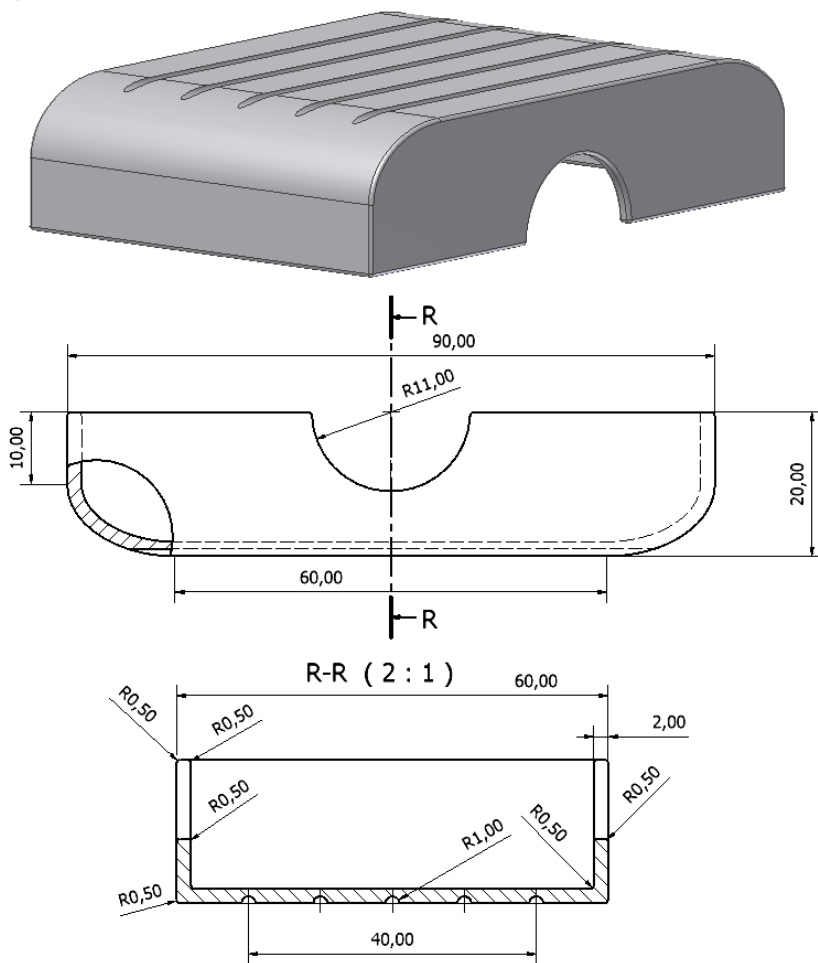


Рис. 7. Варианты трехмерных моделей (начало)

2.

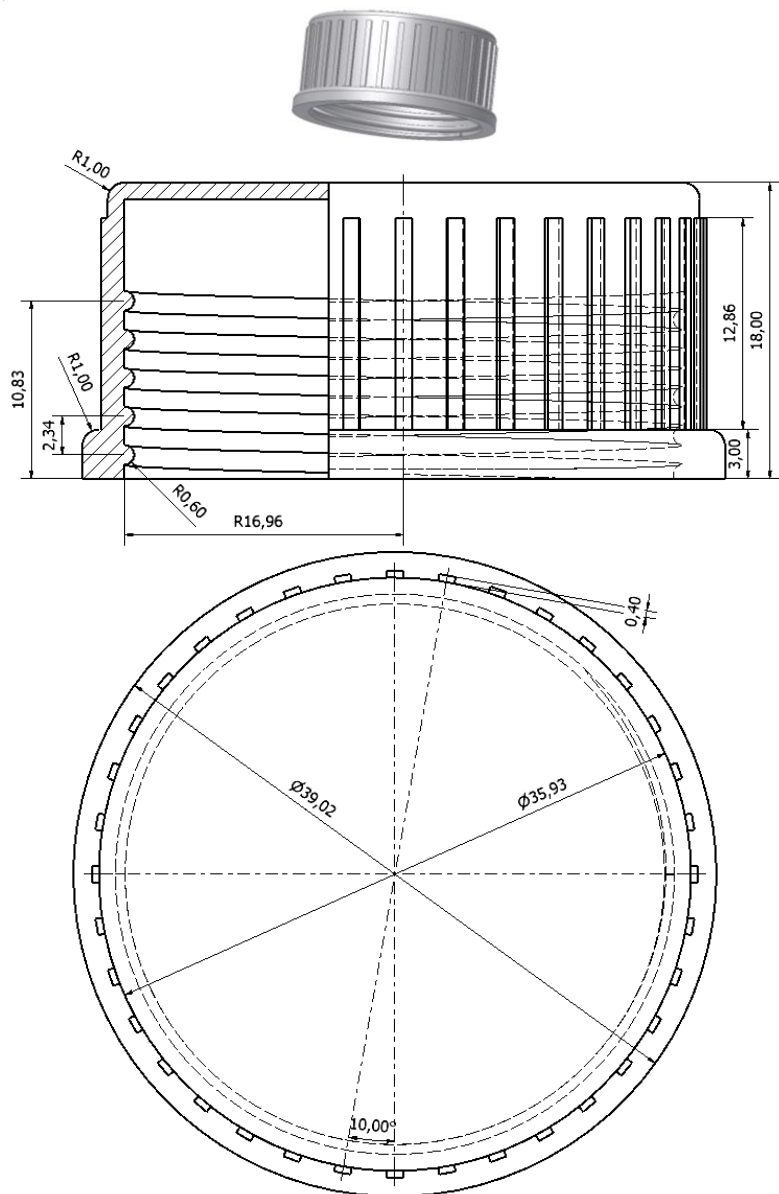


Рис. 7. Продолжение

3.

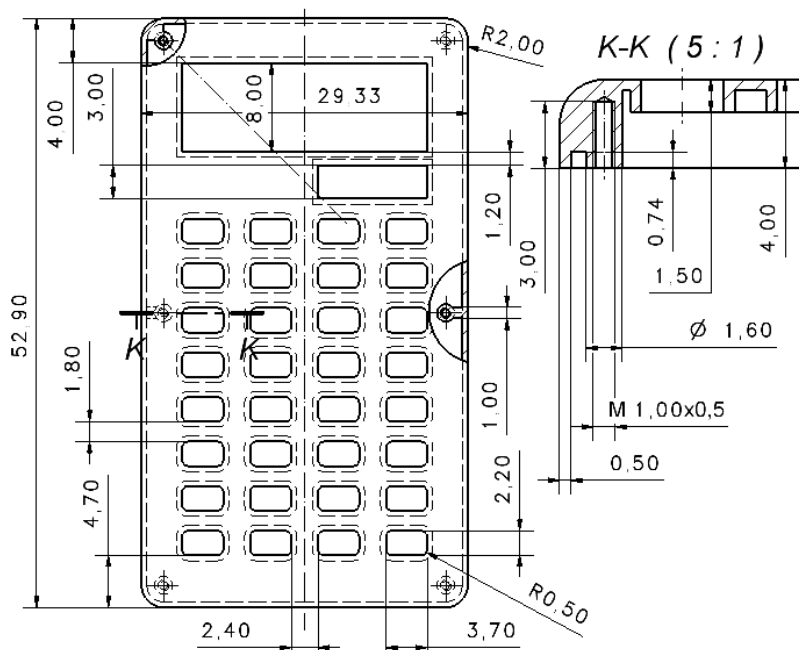
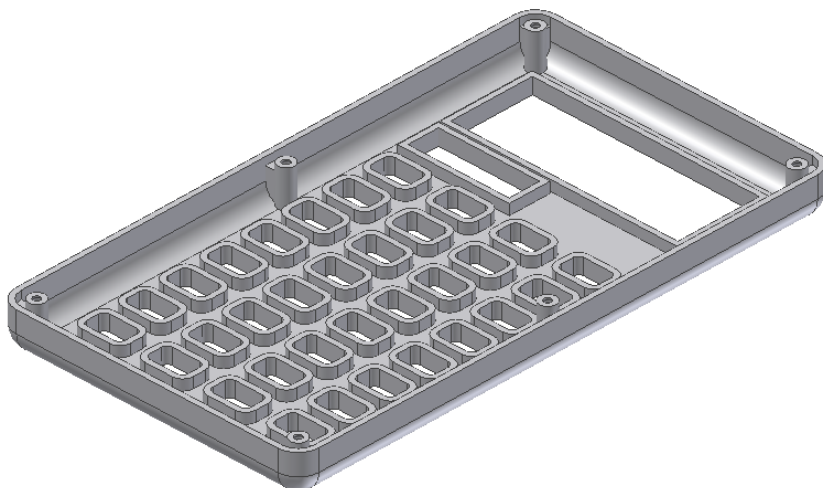
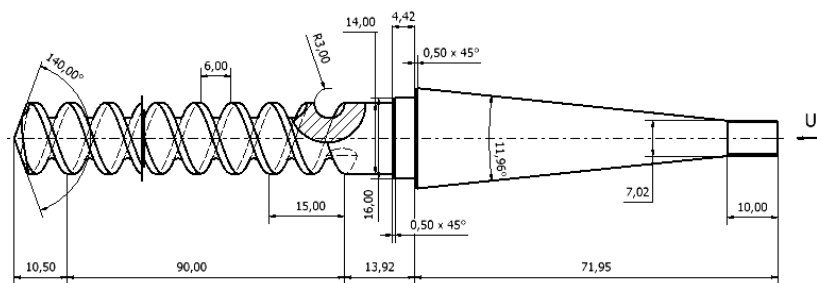
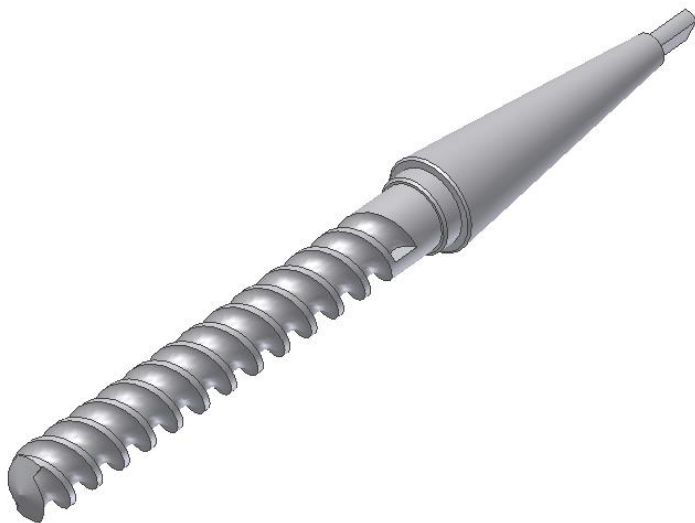


Рис. 7. Продолжение

4.



U (2 : 1)

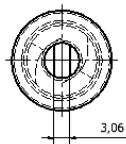


Рис. 7. Продолжение



6.

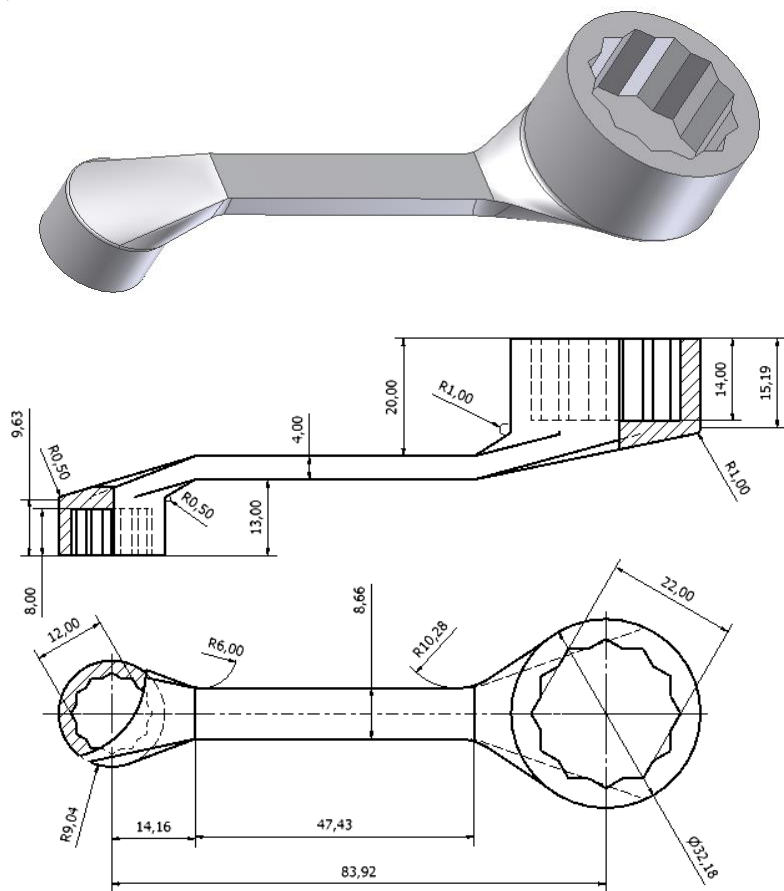


Рис. 7. Продолжение

7.

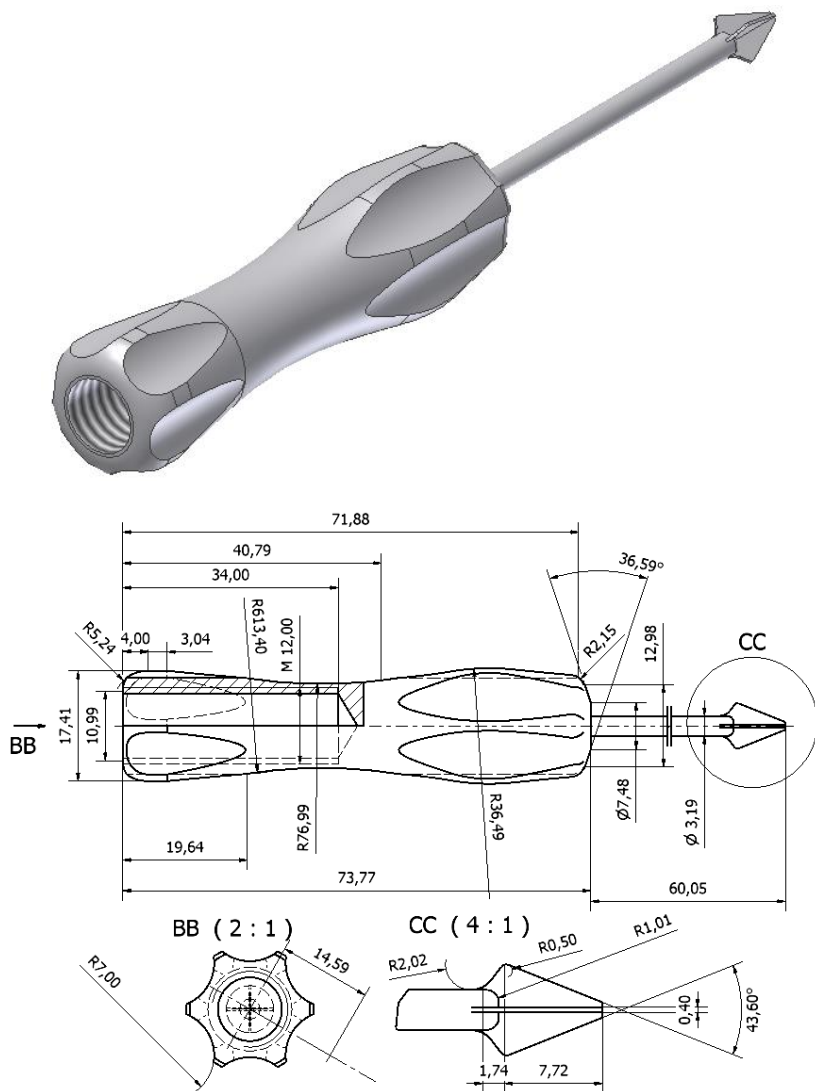


Рис. 7. Продолжение

8.

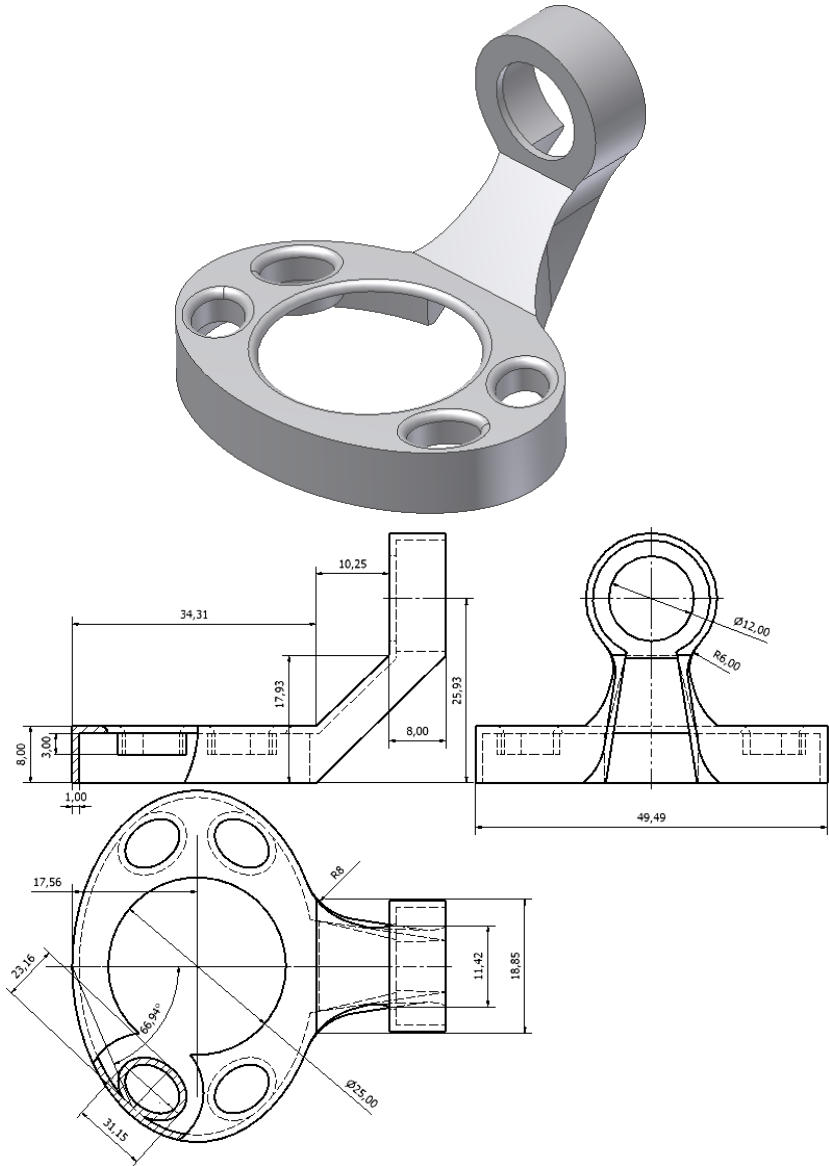


Рис. 7. Продолжение



9.

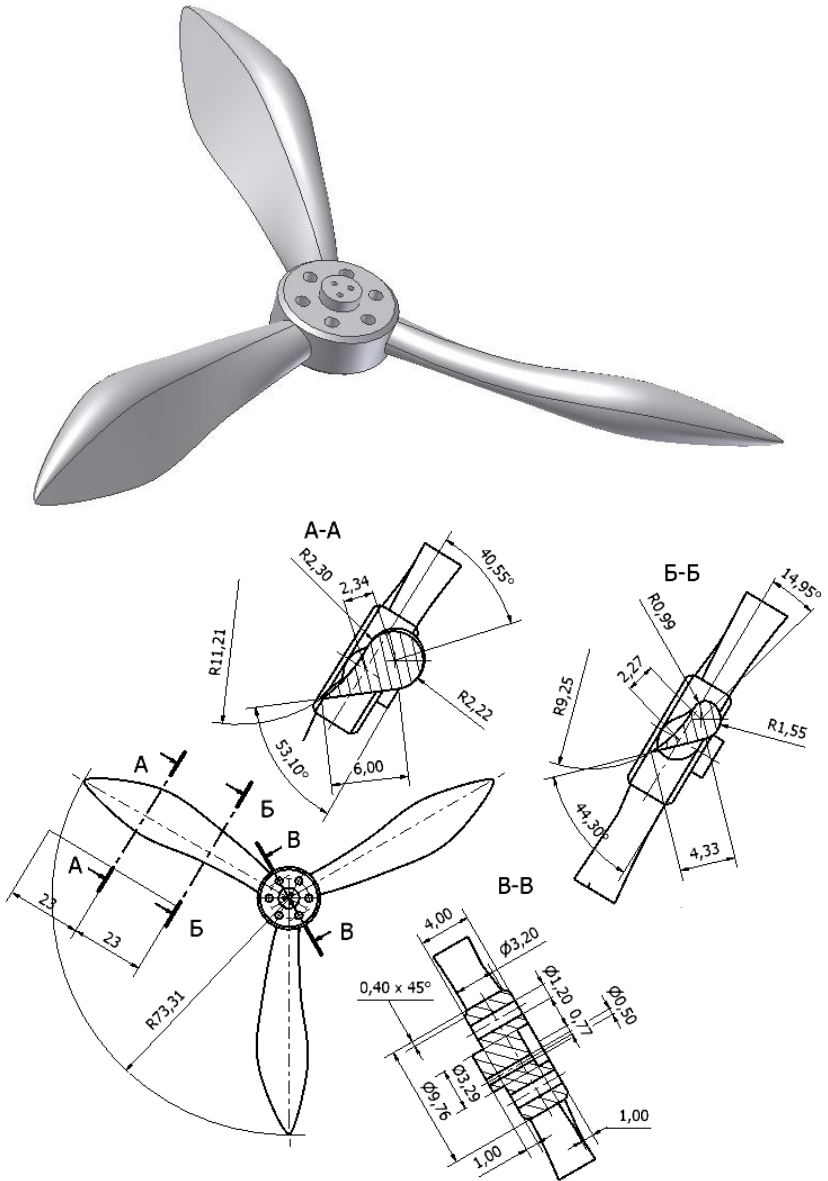


Рис. 7. Продолжение

10.

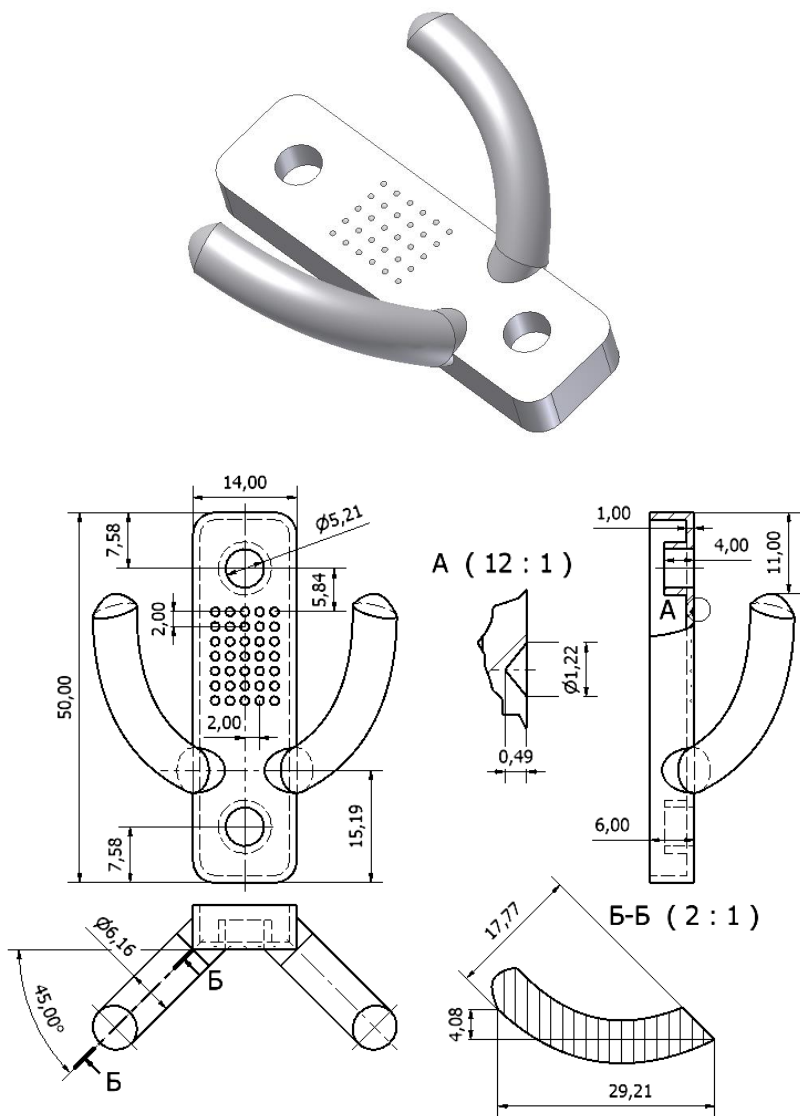


Рис. 7. Окончание

## **Лабораторная работа № 5. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ В AUTODESK INVENTOR**

### **Цель работы**

Научиться создавать параметры в среде АІ и использовать их при описании формы и размеров моделей, создании параметрических рядов деталей.

### **Ход работы**

1. Создать новый проект АІ и сохранить в нем модель, созданную в лабораторной работе № 3 "Рабочие элементы моделирования в АІ".

2. В файле модели создать один пользовательский параметр.

3. Для файла модели в проекте создать связанную таблицу MS Excel с двумя пользовательскими параметрами, один из которых имеет угловую размерность, другой – линейную.

4. Связать три размера (параметра) модели с созданными пользовательскими параметрами.

5. Создать параметрическую зависимость между двумя размерами (параметрами) модели, один из которых связан с пользовательским параметром.

6. Сохранить копию файла детали и на ее основе создать табличную деталь. В качестве параметров использовать три любые параметра детали. Предусмотреть три конфигурации детали.

7. Создать в проекте файл сборки и поместить в него один экземпляр параметризованной детали (п. 1-5) и три конфигурации табличной (п. 6). Проверить возможность редактирования параметров всех деталей сборки.

8. Представить к защите работы:

а) проект АІ, содержащий (рис. 8):

– файл детали, имеющий связь с таблицей параметров из MS Excel (п. 1-5);

– таблицу параметров MS Excel (п. 3);

– файл табличной детали с вариантами конфигурации (п. 6);

– файл сборки с параметризованной и табличными деталями (п. 7);

б) отчет, содержащий:

– таблицу параметров для файла детали, имеющей связь с таблицей параметров из MS Excel (рис. 9);

- изображение модели детали с эскизами, содержащими размеры с заданными пользовательскими параметрами и параметрами из таблицы MS Excel (рис. 10);
- окно редактирования параметрического ряда файла табличной детали (рис. 11);
- структуру (браузер) модели сборки со всеми добавленными компонентами (рис. 12).

### Пример

Структура файлов проекта лабораторной работы представлена на рис.8. Элементы состава отчета приведены на рис. 9 – 12.

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
OldVersions	05.09.2012 18:10	Папка с файлами	
Деталь2табл	05.09.2012 18:11	Папка с файлами	
Ip6	04.09.2012 19:44	Autodesk Inventor Project	6 КБ
Деталь2	05.09.2012 18:00	Деталь Autodesk Inventor	120 КБ
Деталь2табл	05.09.2012 18:10	Деталь Autodesk Inventor	116 КБ
Параметры	04.09.2012 21:43	Лист Microsoft Office Excel	11 КБ
Сборка1	05.09.2012 18:16	Сборка Autodesk Inventor	70 КБ

Рис. 8. Структура файлов проекта

Имя параметра	Единиц	Формула	Номин. знач.	Доп.	Значение в модели	Кл	Примечание
Параметры модели							
d2	мм	par2	50,000000	●	50,000000		
d4	мм	par 1	25,000000	●	25,000000		
d5	мм	10 мм	10,000000	●	10,000000		
d6	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000		
d7	мм	-35 мм	-35,000000	●	-35,000000		
d8	град	par3	-20,000000	●	-20,000000		
d9	мм	0,25 бр * par2	12,500000	●	12,500000		
d10	град	0,0 град	0,000000	●	0,000000		
d11	мм	25 мм	25,000000	●	25,000000		
d12	мм	40 мм	40,000000	●	40,000000		
Пользовательские							
par 1	мм	25 мм	25,000000	●	25,000000		
I:\Work\Work_2\Kurs_SAPR\...							
par 2	мм	50 мм	50,000000	●	50,000000		
par3	град	-20 град	-20,000000	●	-20,000000		

Рис. 9. Таблица параметров файла детали

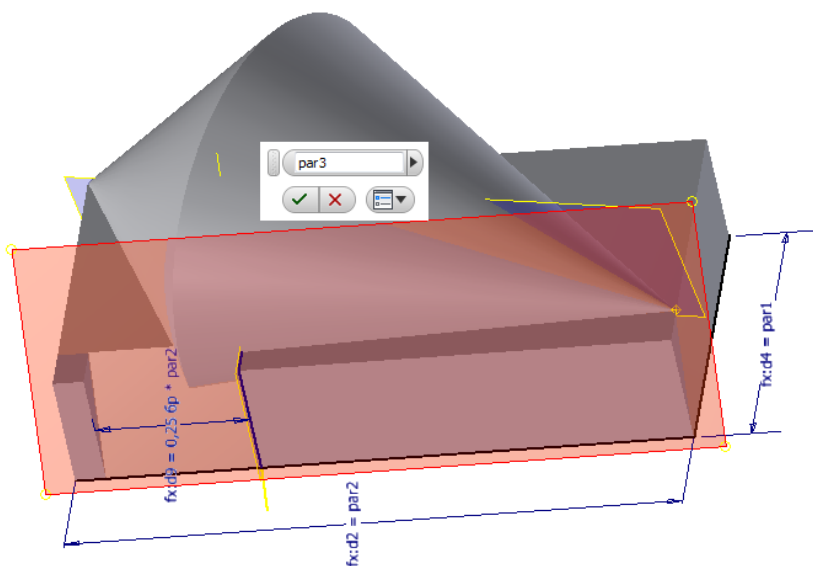


Рис. 10. Модель с указанием используемых параметров

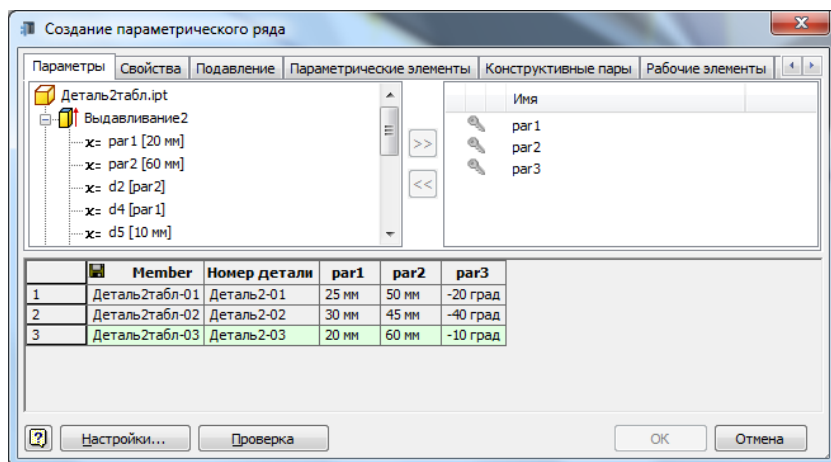


Рис. 11. Окно редактирования параметрического ряда табличного файла детали

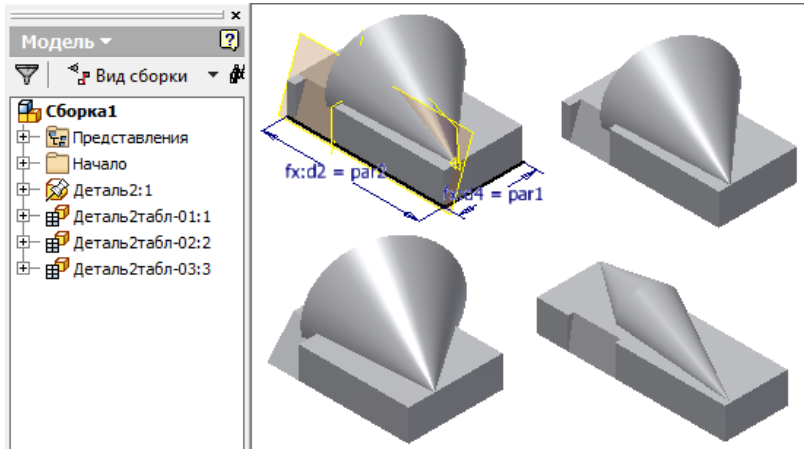


Рис. 12. Структура модели сборки с параметризованными компонентами

## Лабораторная работа № 6. СБОРКИ В AUTODESK INVENTOR

### Цель работы

Научиться создавать модели сборок в среде АІ и использовать при их описании конструктивные параметры и различные типы сборочных зависимостей.

### Ход работы

1. Используя схему сборочной единицы (рис. 19) с указанными независимыми размерами создать ее модель в отдельном проекте АІ. Для модели:

а) указанные независимые размеры объявить пользовательскими параметрами;

б) неуказанные размеры связать параметрически с указанными независимыми размерами;

в) предусмотреть корректное изменение сборки при варьировании пользовательских параметров.

2. Для одной из ключевых сборочных зависимостей предусмотреть варьирование. Создать для него демонстрационный видеоролик.

3. Поместить в отчет:

а) изображение модели сборки и состав *Браузера* для нее (рис. 14);

б) таблицу параметров и схему размерных параметров (параметров модели) для всех деталей сборки и самой сборки (рис. 15-17);

в) перечень сборочных зависимостей (рис. 18) с указанием связываемых элементов (варьируемую зависимость выделить).

### Пример

Схема сборочной единицы для моделирования представлена на рис. 13.

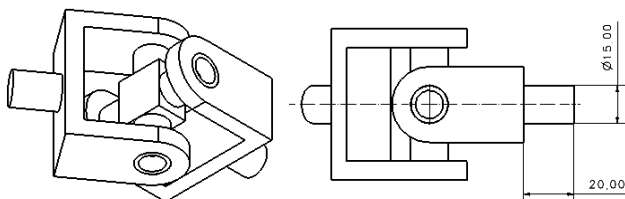


Рис. 13. Схема сборочной единицы

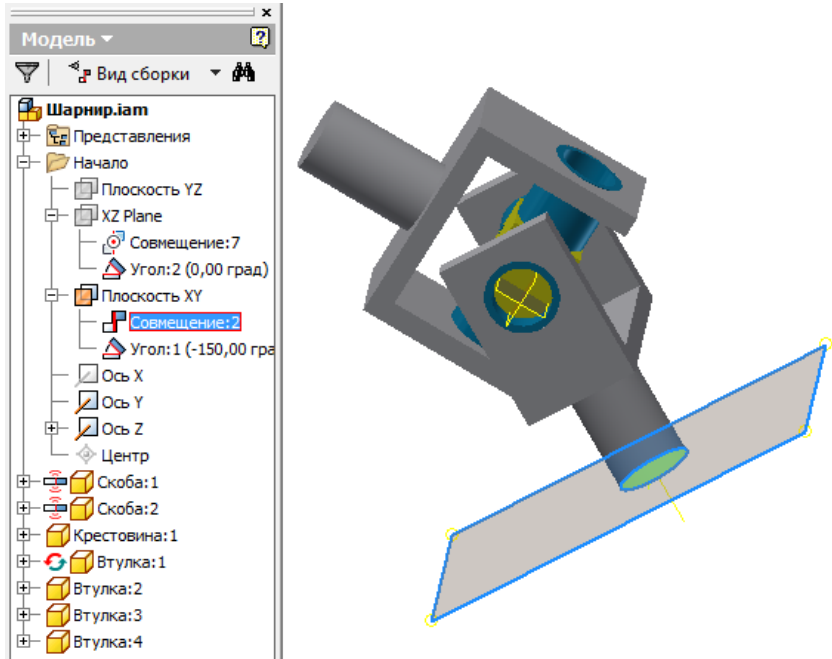


Рис. 14. Модель и структура Браузера для нее



The image displays a CAD software interface. On the left, a tree view shows the model structure: **Скоба** (Bracket) containing **Твердые тела(1)** (Solids(1)), **Вид: Главный** (View: Main), **Начало** (Start), and four **Выдавливание** (Extrude) features, followed by **Эскиз5** (Sketch5) and **Конец детали** (End of part).

On the right, a 3D isometric view of the bracket is shown. It consists of a central horizontal plate with a vertical flange on the left and a vertical plate on the right. Both vertical plates have circular holes. The central plate has a cylindrical protrusion at its bottom center.

Below the model is the **Параметры** (Parameters) dialog box, which contains a table of model parameters:

Имя параметра	Еди	Формула	Номин. зна	Доп	Значение в модел	Клю	Примечание
<b>Параметры модели</b>							
d0	мм	diametr	12,000000	●	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
d1	мм	dlna	20,000000	●	20,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d2	г...	0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d3	мм	d0 * 1,6 бр	19,200000	●	19,200000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d4	мм	d0 * 3 бр	36,000000	●	36,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d5	мм	d0 * 0,3 бр	3,600000	●	3,600000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d6	г...	0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d7	мм	d5	3,600000	●	3,600000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d8	мм	d7	3,600000	●	3,600000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d9	мм	d4 * 0,7 бр	25,200000	●	25,200000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d10	г...	0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d11	мм	d0	12,000000	●	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d13	г...	0 град	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Ссылочные параметры</b>							
d14	мм	28,800 мм	28,800000	●	28,800000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Пользовательские</b>							
dlna	мм	20 мм	20,000000	●	20,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
I:\Work\Work_2\Kurs_SAPR\2012\p...							
diametr	мм	12,000 мм	12,000000	●	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the dialog, there are controls for adding digits, refreshing, and viewing the model's tolerance. The tolerance view is set to **±**. There are also buttons for **Связь** (Link), **Немедленное обновление** (Immediate update), **Меньше** (Less), and **Закрыть** (Close).

Рис. 15. Таблица и схема размерных параметров для детали *Скоба* (начало)

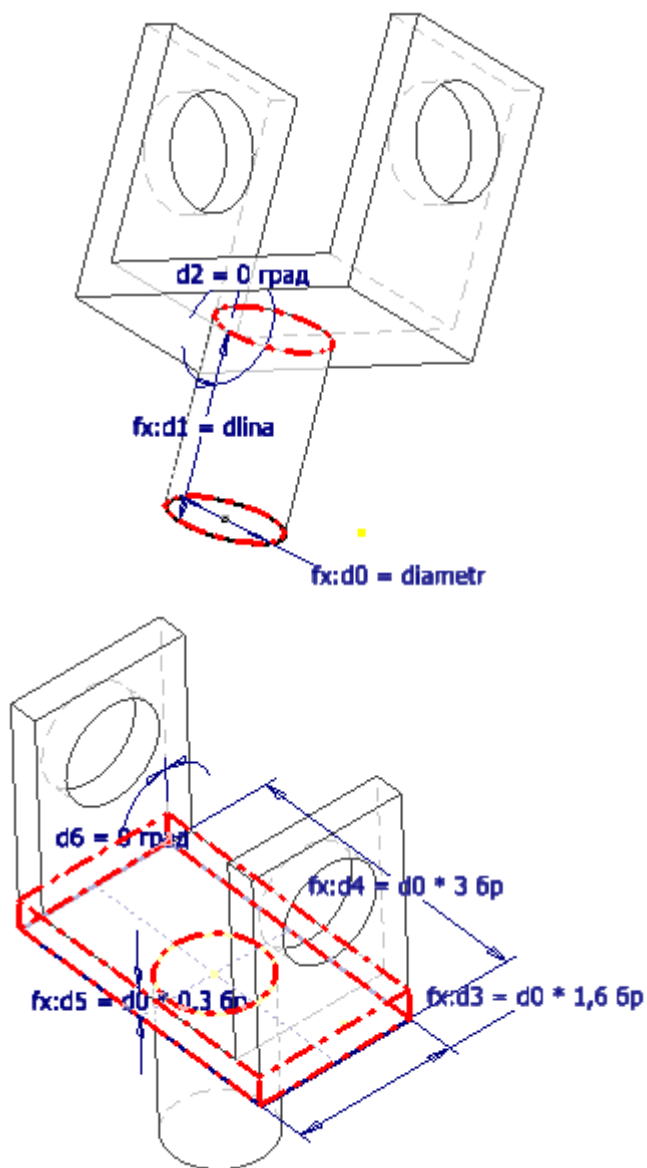


Рис. 15. Продолжение

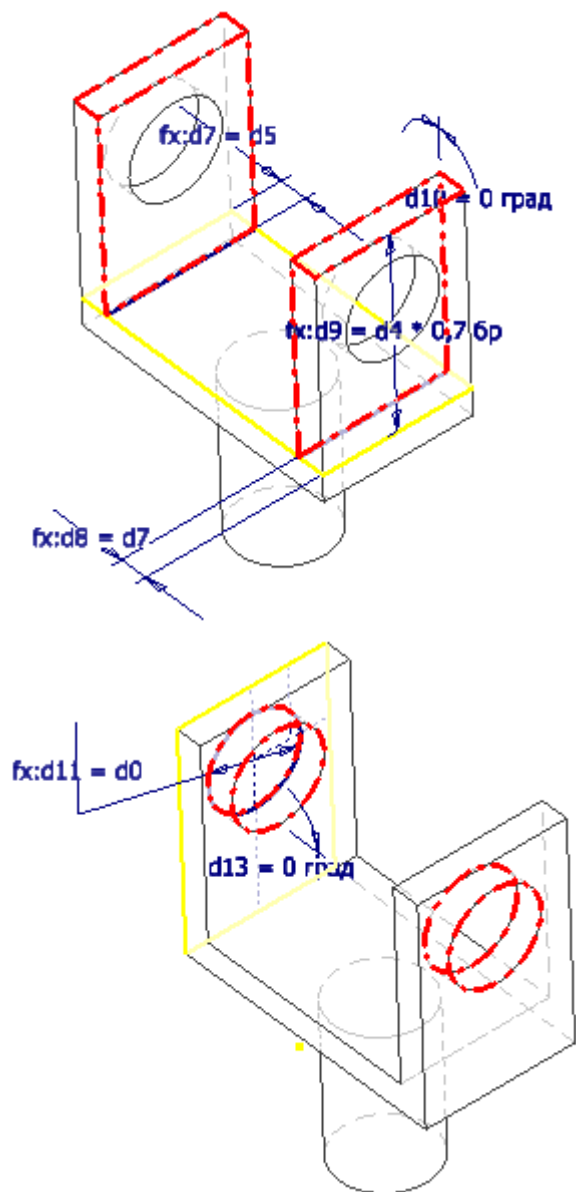


Рис. 15. Окончание

The image displays a CAD software interface. On the left is a 'Модель' (Model) tree with the following items: Крестовина, Твердые тела(1), Вид: Главный, Начало, Скоба.ipt, Выдавливание 1, РабПлоскость 1, РабОсь 1, РабОсь 2, Круговой массив 1, Выдавливание 2, and Конец детали. To the right is a 3D isometric view of a yellow cross-shaped part with a purple plane cutting through its top. Below these is a 'Параметры' (Parameters) dialog box containing a table of model parameters.

Имя параметра	Един.	Формула	Номин. зна	Доп	Значение в модел	Ключ	Примечание
<b>Параметры модели</b>							
d0	бр	1,0000 бр	1,000000	☺	1,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d1	мм	$d0\_1 * 0,8$ бр	9,600000	☺	9,600000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d2	мм	d14	28,800000	☺	28,800000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d3	град	0 град	0,000000	☺	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d4	град	90 град	90,000000	☺	90,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d5	град	90 град	90,000000	☺	90,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d6	бр	2 бр	2,000000	☺	2,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d7	град	90 град	90,000000	☺	90,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d9	мм	d0_1	12,000000	☺	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d10	мм	d0_1	12,000000	☺	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d11	град	0 град	0,000000	☺	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>Пользовательские</b>							
I:\Work\Work_2\Kurs_SAPR\2012\p...							
d0_1	мм	12,000 мм	12,000000	☺	12,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d14	мм	28,800 мм	28,800000	☺	28,800000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

At the bottom of the dialog box, there are controls for 'Добавить цифры' (Add numbers), 'Обновить' (Update), 'Связь' (Link), 'Немедленное обновление' (Immediate update), 'Вид допуска для модели' (Model tolerance view) with icons for plus, green triangle, yellow circle, and minus, and buttons for '<< Меньше' (Less) and 'Закреть' (Close).

Рис. 16. Таблица и схема размерных параметров для детали *Крестовина* (начало)

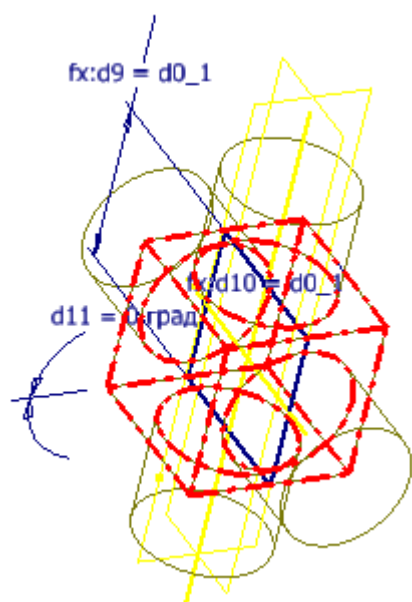
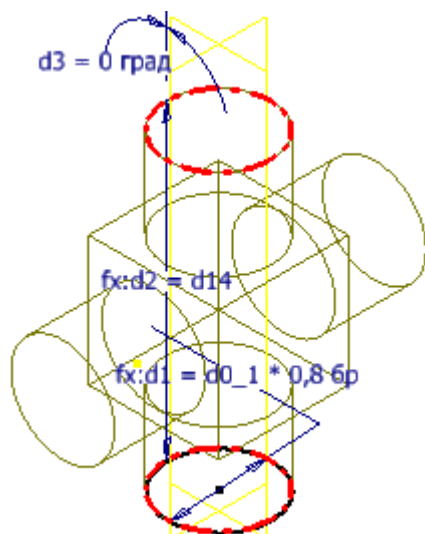


Рис. 16. Окончание

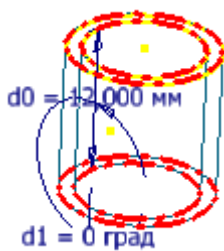
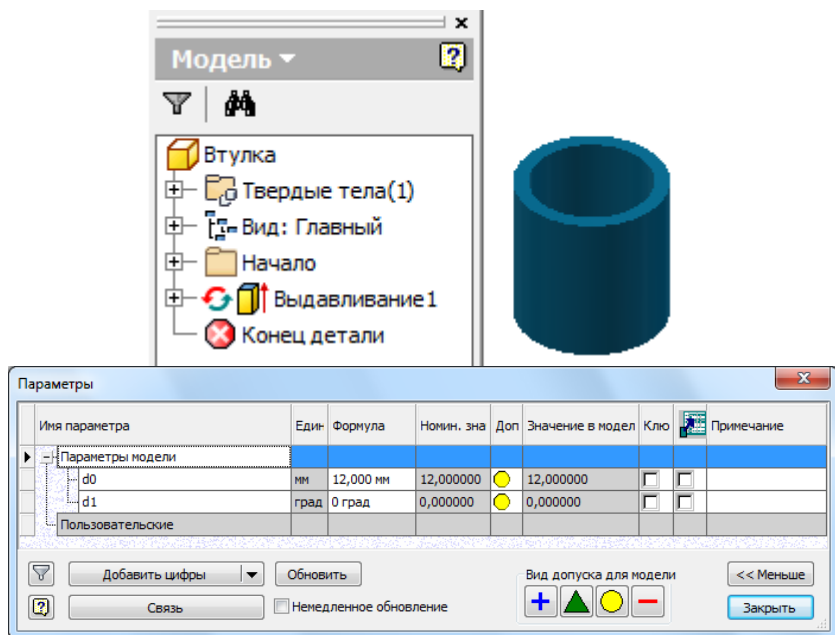


Рис. 17. Таблица и схема размерных параметров для детали *Втулка*

Зависимости		
	Совмещение:1	Скоба:2 – Ось Z
	Совмещение:2	Скоба:2 – Плоскость XY
	Совмещение:3	Крестовина:1 – Скоба:2
	Совмещение:4	Крестовина:1 – Скоба:2
	Совмещение:5	Крестовина:1 – Скоба:1
	Совмещение:6	Крестовина:1 – Скоба:1
	Совмещение:7	Скоба:1 – Плоскость XZ
	Угол:1 (-150,00 град)	Скоба:1 – Плоскость XY
	Угол:2 (0,00 град)	Скоба:2 – Плоскость XZ
	Заподлицо:1	Скоба:2 – Втулка:1
	Совмещение:8	Крестовина:1 – Втулка:1
	Вставка:1	Скоба:1 – Втулка:2
	Вставка:2	Скоба:2 – Втулка:4
	Вставка:3	Скоба:1 – Втулка:3

Рис. 18. Сборочные зависимости модели

1.

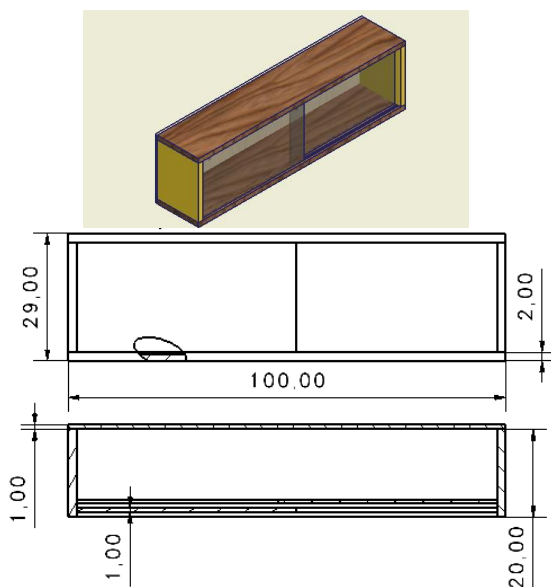
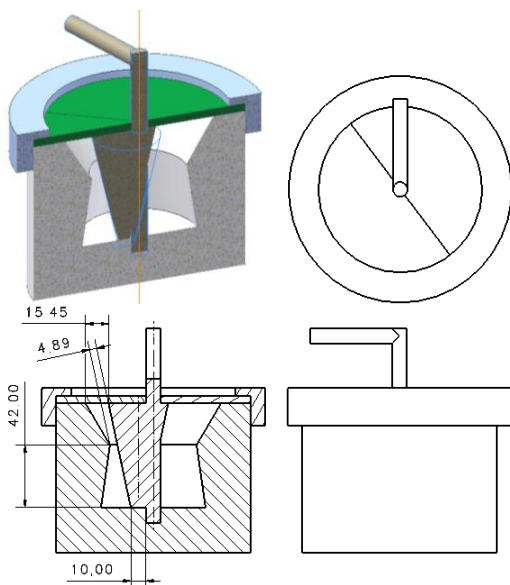


Рис. 19. Варианты моделей сборочных единиц (начало)

2.



3.

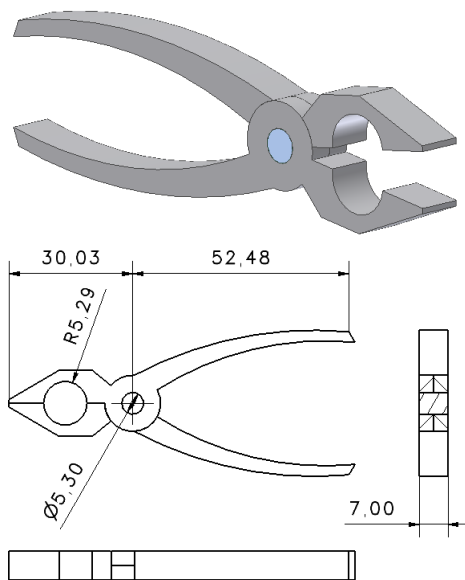
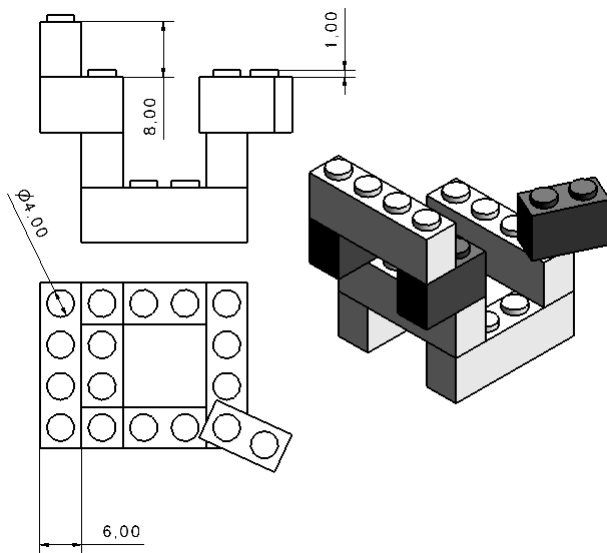


Рис. 19. Продолжение



4.



5.

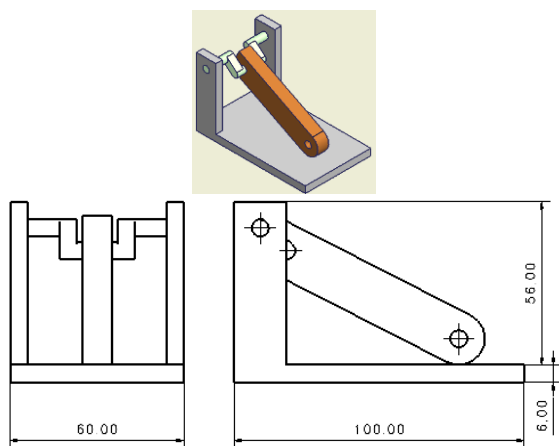


Рис. 19. Продолжение

6.

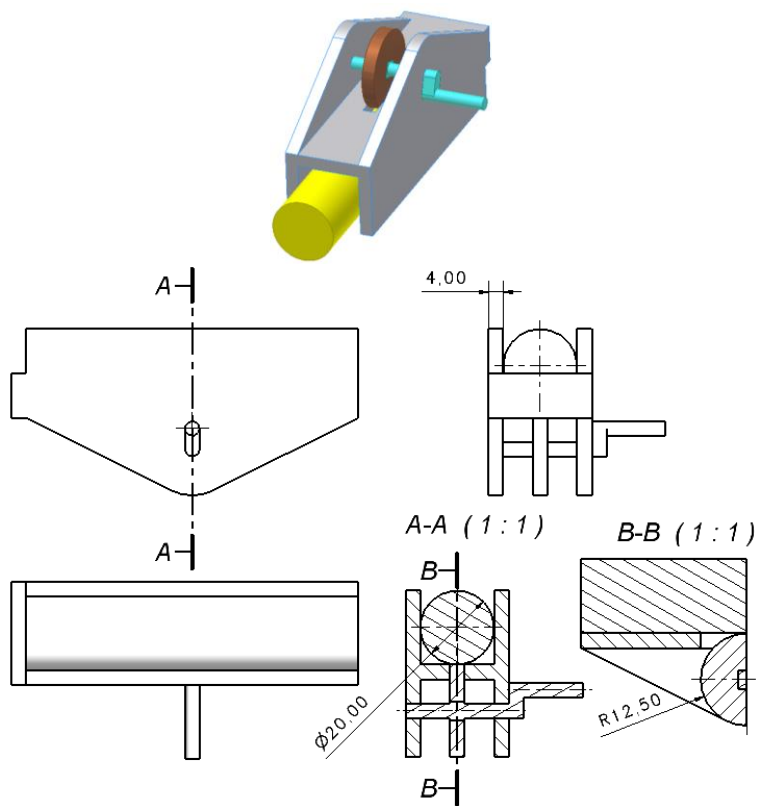
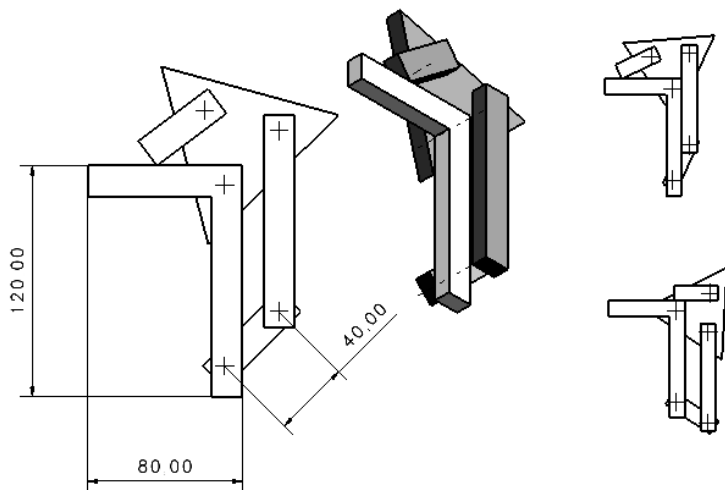


Рис. 19. Продолжение

7.



8.

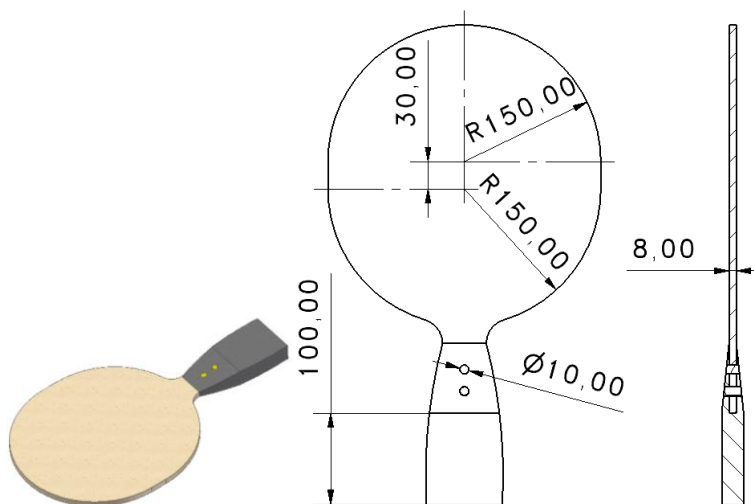
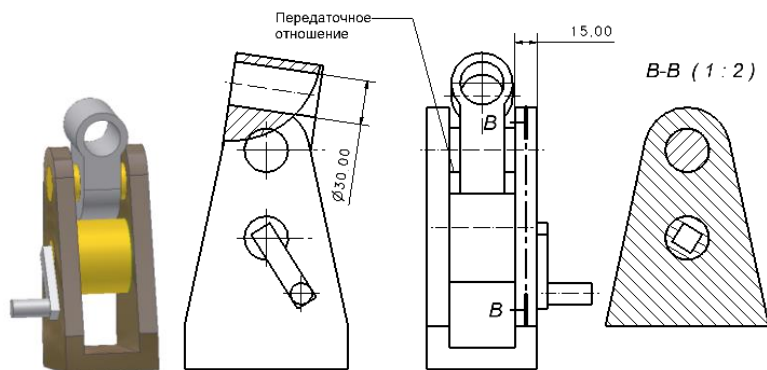


Рис. 19. Продолжение

9.



10.

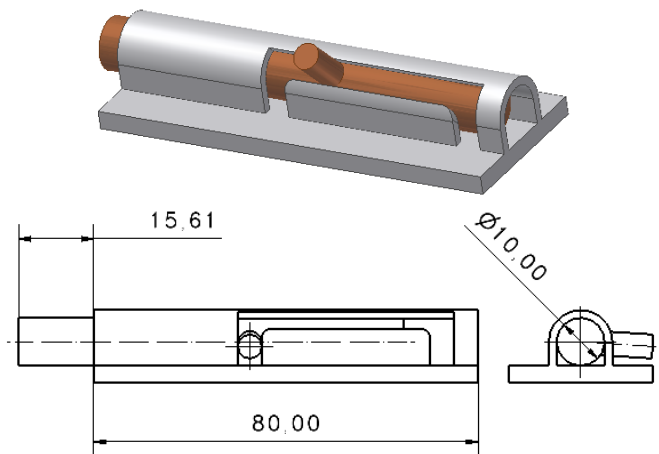


Рис. 19. Окончание

**Лабораторная работа № 7.**  
**ИНЖЕНЕРНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ AUTODESK INVENTOR**

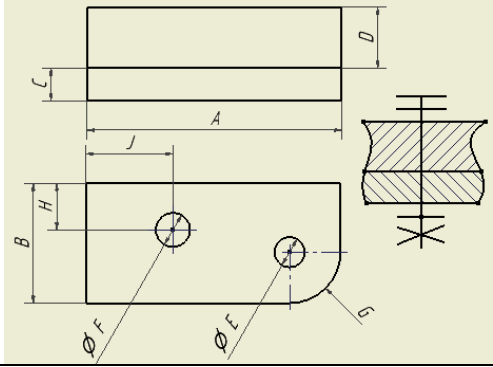
**Цель работы:**

Научиться использовать при моделировании средства функционального проектирования САПР AI: генераторов компонент типовых конструкций (разъемных соединений и механических передач) и расчетных модулей (допусков и посадок).

**Ход работы:**

1. В соответствии с вариантом создать проект AI, включающий четыре сборки.
2. Представить к защите:
  - Отчет, содержащий задание, структуру браузера каждой из сборок и окна генераторов.
  - Проект AI, включающий сборку с генерированными компонентами.

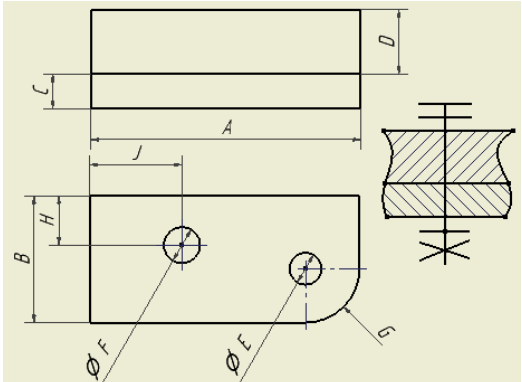
## Вариант 1

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=160 мм B=50 мм C=40 мм D=20 мм E=18 мм F=28 мм G=35 мм H=18 мм J=48 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Межосевое расстояние</td> <td>150 мм</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>1,5 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	2	Межосевое расстояние	150 мм	Модуль	1,5 мм				
Передаточное отношение	2												
Межосевое расстояние	150 мм												
Модуль	1,5 мм												
3	Шпоночное соединение (Key)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>30 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	30 мм								
Диаметр вала	30 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>16 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система отверстия</td> </tr> <tr> <td>Максимальный зазор</td> <td>0,15 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	16 мм	Квалитет вала	9	Квалитет отверстия	7	Допуск	Система отверстия	Максимальный зазор	0,15 мм
Номинал	16 мм												
Квалитет вала	9												
Квалитет отверстия	7												
Допуск	Система отверстия												
Максимальный зазор	0,15 мм												

## Вариант 2

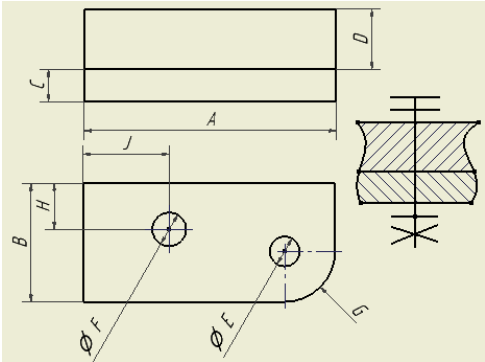
1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=105 мм B=80 мм C=27 мм D=18 мм E=32 мм F=15 мм G=20 мм H=50 мм J=16 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p> <table border="1" data-bbox="365 850 824 930"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Межосевое расстояние</td> <td>170 мм</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>1,75 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	2,5	Межосевое расстояние	170 мм	Модуль	1,75 мм					
Передаточное отношение	2,5												
Межосевое расстояние	170 мм												
Модуль	1,75 мм												
3	Прямобочное шлицевое соединение (Parallel Splines)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p> <table border="1" data-bbox="365 1078 824 1110"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>34 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	34 мм									
Диаметр вала	34 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p> <table border="1" data-bbox="365 1222 824 1350"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>10 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система вала</td> </tr> <tr> <td>Максимальный натяг</td> <td>0,2 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	10 мм	Квалитет вала	14	Квалитет отверстия	12	Допуск	Система вала	Максимальный натяг	0,2 мм	
Номинал	10 мм												
Квалитет вала	14												
Квалитет отверстия	12												
Допуск	Система вала												
Максимальный натяг	0,2 мм												

## Вариант 3

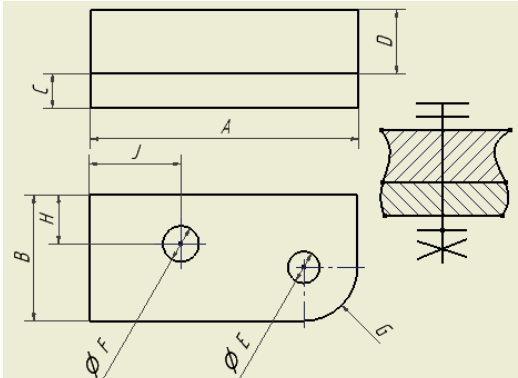
1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=150 мм B=42 мм C=32 мм D=20 мм E=18 мм F=11 мм G=18 мм H=10 мм J=52 мм</p>									
2	Коническое зубчатое зацепление (Bevel Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p> <table border="1" data-bbox="370 858 978 935"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Межосевой угол</td> <td>30 градусов</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>3 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	2	Межосевой угол	30 градусов	Модуль	3 мм				
Передаточное отношение	2											
Межосевой угол	30 градусов											
Модуль	3 мм											
3	Шпоночное соединение (Key)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p> <table border="1" data-bbox="370 1090 978 1118"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>36 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	36 мм								
Диаметр вала	36 мм											
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p> <table border="1" data-bbox="370 1230 978 1358"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>8 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система вала</td> </tr> <tr> <td>Максимальный натяг</td> <td>0,05 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	8 мм	Квалитет вала	7	Квалитет отверстия	6	Допуск	Система вала	Максимальный натяг	0,05 мм
Номинал	8 мм											
Квалитет вала	7											
Квалитет отверстия	6											
Допуск	Система вала											
Максимальный натяг	0,05 мм											



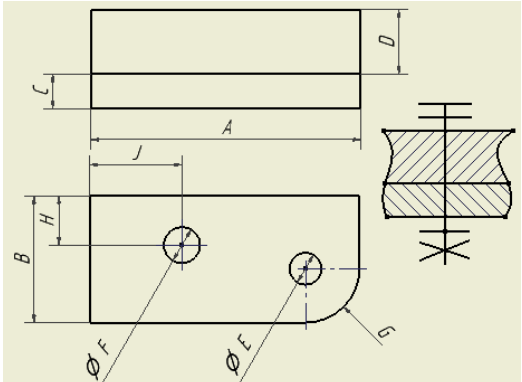
## Вариант 4

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=114 мм          B=90 мм          C=18 мм          D=40 мм          E=30 мм          F=20 мм          G=50 мм          H=24 мм          J=12 мм</p>									
2	Коническое зубчатое зацепление (Bevel Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p> <table border="1" data-bbox="370 831 983 911"> <tbody> <tr> <td>Передачное отношение</td> <td>2,5</td> </tr> <tr> <td>Межосевой угол</td> <td>60 градусов</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>3 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передачное отношение	2,5	Межосевой угол	60 градусов	Модуль	3 мм				
Передачное отношение	2,5											
Межосевой угол	60 градусов											
Модуль	3 мм											
3	Прямобочное шлицевое соединение (Parallel Splines)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p> <table border="1" data-bbox="370 1062 983 1091"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>38 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	38 мм								
Диаметр вала	38 мм											
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p> <table border="1" data-bbox="370 1206 983 1334"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>73 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система отверстия</td> </tr> <tr> <td>Максимальный зазор</td> <td>0,83 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	73 мм	Квалитет вала	12	Квалитет отверстия	13	Допуск	Система отверстия	Максимальный зазор	0,83 мм
Номинал	73 мм											
Квалитет вала	12											
Квалитет отверстия	13											
Допуск	Система отверстия											
Максимальный зазор	0,83 мм											

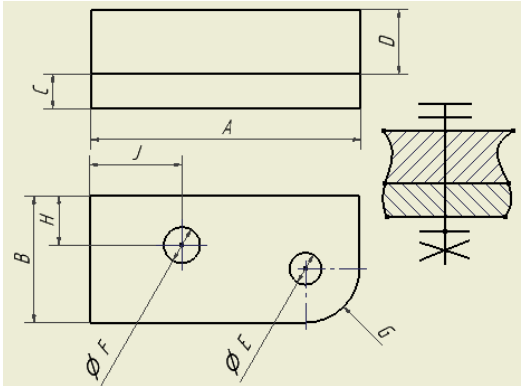
## Вариант 5

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=98 мм B=74 мм C=10 мм D=24 мм E=35 мм F=10 мм G=38 мм H=40 мм J=15 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>3,15</td> </tr> <tr> <td>Межосевое расстояние</td> <td>210 мм</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>2 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	3,15	Межосевое расстояние	210 мм	Модуль	2 мм				
Передаточное отношение	3,15												
Межосевое расстояние	210 мм												
Модуль	2 мм												
3	Шпоночное соединение (Key)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>40 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	40 мм								
Диаметр вала	40 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>27 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>9</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система отверстия</td> </tr> <tr> <td>Максимальный натяг</td> <td>0,16 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	27 мм	Квалитет вала	9	Квалитет отверстия	10	Допуск	Система отверстия	Максимальный натяг	0,16 мм
Номинал	27 мм												
Квалитет вала	9												
Квалитет отверстия	10												
Допуск	Система отверстия												
Максимальный натяг	0,16 мм												

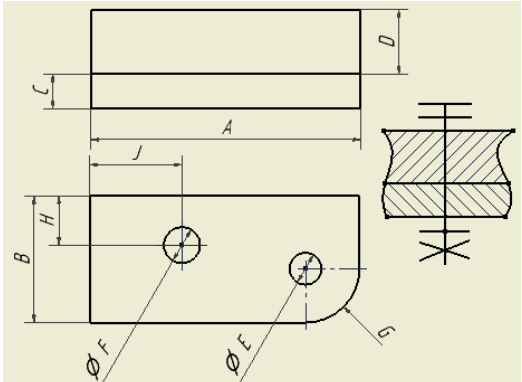
## Вариант 6

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=156 мм B=62 мм C=31 мм D=23 мм E=21 мм F=30 мм G=15 мм H=18 мм J=30 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 858 826 884">Передаточное отношение</td> <td data-bbox="826 858 983 884">3,55</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 884 826 909">Межосевое расстояние</td> <td data-bbox="826 884 983 909">250 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 909 826 938">Модуль</td> <td data-bbox="826 909 983 938">2,25 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	3,55	Межосевое расстояние	250 мм	Модуль	2,25 мм				
Передаточное отношение	3,55												
Межосевое расстояние	250 мм												
Модуль	2,25 мм												
3	Прямобочное шлицевое соединение (Parallel Splines)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 1093 759 1118">Диаметр вала</td> <td data-bbox="759 1093 983 1118">42 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	42 мм								
Диаметр вала	42 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 1230 759 1256">Номинал</td> <td data-bbox="759 1230 983 1256">17 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1256 759 1281">Квалитет вала</td> <td data-bbox="759 1256 983 1281">5</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1281 759 1307">Квалитет отверстия</td> <td data-bbox="759 1281 983 1307">6</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1307 759 1332">Допуск</td> <td data-bbox="759 1307 983 1332">Система вала</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1332 759 1358">Максимальный натяг</td> <td data-bbox="759 1332 983 1358">0,055 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	17 мм	Квалитет вала	5	Квалитет отверстия	6	Допуск	Система вала	Максимальный натяг	0,055 мм
Номинал	17 мм												
Квалитет вала	5												
Квалитет отверстия	6												
Допуск	Система вала												
Максимальный натяг	0,055 мм												

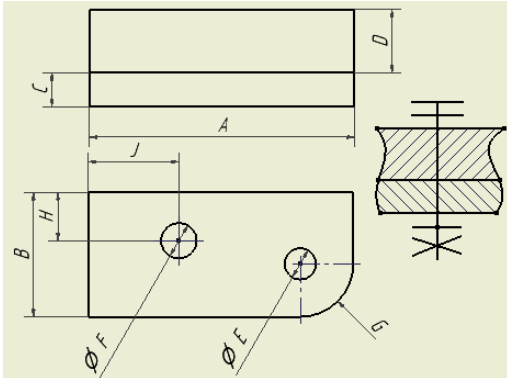
## Вариант 7

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=210 мм B=160 мм C=20 мм D=53 мм E=23 мм F=40 мм G=115 мм H=110 мм J=32 мм</p>									
2	Коническое зубчатое зацепление (Bevel Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p> <table border="1" data-bbox="370 858 978 938"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td>Межосевой угол</td> <td>90 градусов</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>3 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	2,8	Межосевой угол	90 градусов	Модуль	3 мм				
Передаточное отношение	2,8											
Межосевой угол	90 градусов											
Модуль	3 мм											
3	Шпоночное соединение (Key)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p> <table border="1" data-bbox="370 1086 978 1118"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>44 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	44 мм								
Диаметр вала	44 мм											
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p> <table border="1" data-bbox="370 1230 978 1359"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>14 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>13</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система отверстия</td> </tr> <tr> <td>Максимальный зазор</td> <td>0,86 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	14 мм	Квалитет вала	13	Квалитет отверстия	14	Допуск	Система отверстия	Максимальный зазор	0,86 мм
Номинал	14 мм											
Квалитет вала	13											
Квалитет отверстия	14											
Допуск	Система отверстия											
Максимальный зазор	0,86 мм											

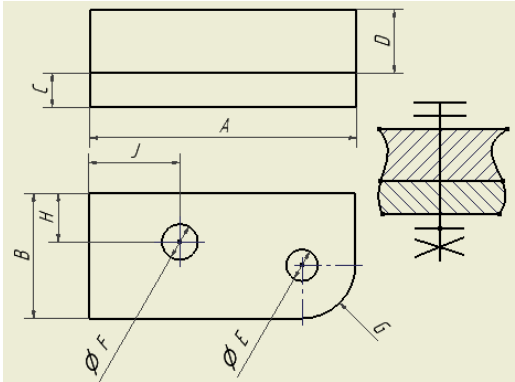
## Вариант 8

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=142 мм B=84 мм C=15 мм D=14 мм E=33 мм F=17 мм G=60 мм H=30 мм J=42 мм</p>										
2	Коническое зубчатое зацепление (Bevel Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 858 822 884">Передаточное отношение</td> <td data-bbox="822 858 975 884">3,15</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 884 822 909">Межосевой угол</td> <td data-bbox="822 884 975 909">30 градусов</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 909 822 935">Модуль</td> <td data-bbox="822 909 975 935">3 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	3,15	Межосевой угол	30 градусов	Модуль	3 мм				
Передаточное отношение	3,15												
Межосевой угол	30 градусов												
Модуль	3 мм												
3	Прямобочное шлицевое соединение (Parallel Splines)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 1093 754 1118">Диаметр вала</td> <td data-bbox="754 1093 975 1118">46 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	46 мм								
Диаметр вала	46 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td data-bbox="370 1233 754 1259">Номинал</td> <td data-bbox="754 1233 975 1259">40 мм</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1259 754 1284">Квалитет вала</td> <td data-bbox="754 1259 975 1284">10</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1284 754 1310">Квалитет отверстия</td> <td data-bbox="754 1284 975 1310">9</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1310 754 1335">Допуск</td> <td data-bbox="754 1310 975 1335">Система вала</td> </tr> <tr> <td data-bbox="370 1335 754 1358">Максимальный натяг</td> <td data-bbox="754 1335 975 1358">0,086 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	40 мм	Квалитет вала	10	Квалитет отверстия	9	Допуск	Система вала	Максимальный натяг	0,086 мм
Номинал	40 мм												
Квалитет вала	10												
Квалитет отверстия	9												
Допуск	Система вала												
Максимальный натяг	0,086 мм												

## Вариант 9

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=170 мм B=100 мм C=18 мм D=20 мм E=23 мм F=30 мм G=18 мм H=60 мм J=20 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>4,5</td> </tr> <tr> <td>Межосевое расстояние</td> <td>280 мм</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>2,5 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	4,5	Межосевое расстояние	280 мм	Модуль	2,5 мм				
Передаточное отношение	4,5												
Межосевое расстояние	280 мм												
Модуль	2,5 мм												
3	Шпоночное соединение (Key)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>48 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	48 мм								
Диаметр вала	48 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>34 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система вала</td> </tr> <tr> <td>Максимальный зазор</td> <td>0,12 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	34 мм	Квалитет вала	8	Квалитет отверстия	7	Допуск	Система вала	Максимальный зазор	0,12 мм
Номинал	34 мм												
Квалитет вала	8												
Квалитет отверстия	7												
Допуск	Система вала												
Максимальный зазор	0,12 мм												

## Вариант 10

1	Болтовое соединение (Bolted Connection)	<p>Создать сборку из двух деталей и двух резьбовых соединений (сквозного – по отверстию F и глухого – по отверстию E)</p> 	<p>A=185 мм B=180 мм C=30 мм D=41 мм E=35 мм F=20 мм G=42 мм H=100 мм J=70 мм</p>										
2	Цилиндрическое зубчатое зацепление (Spur Gear)	<p>Создать сборку из узла (подсборки) зацепления и базовой детали. Оси зубчатых колес в модели сборки совместить с базовой деталью. С помощью вариации зависимости привести передачу в движение</p> <table border="1" data-bbox="367 852 822 932"> <tbody> <tr> <td>Передаточное отношение</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Межосевое расстояние</td> <td>320 мм</td> </tr> <tr> <td>Модуль</td> <td>2,75 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Передаточное отношение	5	Межосевое расстояние	320 мм	Модуль	2,75 мм					
Передаточное отношение	5												
Межосевое расстояние	320 мм												
Модуль	2,75 мм												
3	Прямобочное шлицевое соединение (Parallel Splines)	<p>Создать сборку из двух цилиндрических деталей ("вала" и "колеса"). Совместить детали, используя сборочные зависимости и добавить к ним указанное соединение. С помощью вариации зависимости привести сборку в движение.</p> <table border="1" data-bbox="367 1082 822 1114"> <tbody> <tr> <td>Диаметр вала</td> <td>50 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Диаметр вала	50 мм									
Диаметр вала	50 мм												
4	Допуски и посадки (Limits/Fits Calculator)	<p>Создать сборку и в ней с помощью калькулятора допусков и посадок выполнить подбор посадки, отвечающей приведенным ниже условиям.</p> <table border="1" data-bbox="367 1225 822 1353"> <tbody> <tr> <td>Номинал</td> <td>12 мм</td> </tr> <tr> <td>Квалитет вала</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>Квалитет отверстия</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Допуск</td> <td>Система отверстия</td> </tr> <tr> <td>Максимальный зазор</td> <td>0,08 мм</td> </tr> </tbody> </table>	Номинал	12 мм	Квалитет вала	7	Квалитет отверстия	8	Допуск	Система отверстия	Максимальный зазор	0,08 мм	
Номинал	12 мм												
Квалитет вала	7												
Квалитет отверстия	8												
Допуск	Система отверстия												
Максимальный зазор	0,08 мм												

## **Лабораторная работа № 8. ПОДГОТОВКА ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTODESK INVENTOR**

### **Цель работы:**

Научиться создавать сборочные, рабочие чертежи и спецификации, используя среду создания чертежей AI, включая инструменты импортирования данных о моделях деталей и сборок, создания видов и их аннотирования.

### **Ход работы:**

1) В проекте, содержащем сборку из лабораторной работы № 6 (Сборки в Autodesk Inventor (AI)), создать файл чертежа на основе метрического шаблона ГОСТ.idw (рис. 21). В свойствах проекта свойству Библиотека стилей присвоить значение Да. Для всех текстовых элементов чертежей использовать шрифт GOST Common, установив его в Редакторе стилей.

В созданном файле чертежа создать сборочный чертеж изделия, соблюдая следующие указания (по ЕСКД ГОСТ 2.109-73):

1.1. Сборочный чертеж должен содержать:

а) изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей, соединяемых по данному чертежу, и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы.

Допускается на сборочных чертежах помещать дополнительные схематические изображения соединения и расположения составных частей изделия;

б) размеры, предельные отклонения и другие параметры и требования, которые должны быть выполнены или проконтролированы по данному сборочному чертежу.

Допускается указывать в качестве справочных размеры деталей, определяющие характер сопряжения;

в) указания о характере сопряжения и методах его осуществления, если точность сопряжения обеспечивается не заданными предельными отклонениями размеров, а подбором, пригонкой и т. п., а также указания о выполнении неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);

г) номера позиций составных частей, входящих в изделие;

д) габаритные размеры изделия;

е) установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры:



– координаты расположения, размеры с предельными отклонениями элементов, служащих для соединения с сопрягаемыми изделиями;

– другие параметры, например, для зубчатых колес, служащих элементами внешней связи, модуль, количество и направление зубьев;

ж) техническую характеристику изделия (при необходимости);

з) координаты центра масс (при необходимости).

1.2. На сборочном чертеже допускается изображать перемещающиеся части изделия в крайнем или промежуточном положении с соответствующими размерами. Если при изображении перемещающихся частей затрудняется чтение чертежа, то эти части допускается изображать на дополнительных видах с соответствующими надписями, например: "Крайнее положение каретки поз. 5".

1.3. На сборочном чертеже изделия допускается помещать изображение пограничных (соседних) изделий ("обстановки") и размеры, определяющие их взаимное расположение.

Составные части изделия, расположенные за "обстановкой", изображают как видимые. При необходимости допускается изображать их как невидимые.

Предметы "обстановки" выполняют упрощенно и приводят необходимые данные для определения места установки, методов крепления и присоединения изделия.

1.4. Если на сборочном чертеже необходимо указать наименования или обозначения изделий, составляющих "обстановку", или их элементов, то эти указания помещают непосредственно на изображении "обстановки", или на полке линии-выноски, проведенной от соответствующего изображения, например: "Автомат давления (обозначение)"; "Патрубок маслоохладителя (обозначение)" и т. п.

1.5. Сборочные чертежи следует выполнять, как правило, с упрощениями, соответствующими требованиям стандартов Единой системы конструкторской документации. На сборочных чертежах допускается не показывать:

а) фаски, скругления, проточки, углубления, выступы, накатки, насечки, оплетки и другие мелкие элементы;

б) зазоры между стержнем и отверстием;

в) крышки, щиты, кожухи, перегородки и т. п., если необходимо показать закрытые ими составные части изделия. При этом над изображением делают соответствующую надпись, например: "Крышка поз. 3 не показана";

г) видимые составные части изделий или их элементы,

расположенные за сеткой, а также частично закрытые впереди расположенными составными частями;

д) надписи на табличках, фирменных планках, шкалах и других подобных деталях, изображая только их контур.

1.6. Изделия из прозрачного материала изображают как непрозрачные.

1.7. Изделия, расположенные за винтовой пружиной, изображенной лишь сечениями витков, изображают до зоны, условно закрывающей эти изделия и определяемой осевыми линиями сечений витков.

1.8. На сборочных чертежах применяют следующие способы упрощенного изображения составных частей изделий:

а) на разрезах изображают нерассеченными составные части, на которые оформлены самостоятельные сборочные чертежи;

б) типовые, покупные и другие широко применяемые изделия изображают внешними очертаниями.

1.9. На сборочных чертежах, включающих изображения нескольких одинаковых составных частей (колес, опорных катков и т. п.), допускается выполнять полное изображение одной составной части, а изображения остальных частей - упрощенно в виде внешних очертаний.

1.10. Если необходимо указать положение центра масс изделия, то на чертеже приводят соответствующие размеры и на полке линии-выноски помещают надпись: "Ц. М."

Линии центров масс составных частей изделия наносят штрихпунктирной линией, а на полке линии-выноски делают надпись: "Линия Ц. М."

1.11. На сборочном чертеже все составные части сборочной единицы нумеруют в соответствии с номерами позиций, указанными в спецификации этой сборочной единицы. Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображений составных частей.

1.12. Номера позиций указывают на тех изображениях, на которых соответствующие составные части проецируются как видимые, как правило, на основных видах и заменяющих их разрезах.

1.13. Номер позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют в колонку или строчку по возможности на одной линии.

1.14. Номер позиций наносят на чертеже, как правило, один раз. Допускается повторно указывать номера позиций одинаковых составных частей.

1.15. Размер шрифта номеров позиций должен быть на один-два номера больше (7 мм), чем размер шрифта, принятого для размерных чисел на том же чертеже (5 мм).

1.16. Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением номеров позиций:

а) для группы крепежных деталей, относящихся к одному и тому же месту крепления. Если крепежных деталей две и более и при этом разные составные части крепятся одинаковыми крепежными деталями, то количество их допускается проставлять в скобках после номера соответствующей позиции и указывать только для одной единицы закрепляемой составной части, независимо от количества этих составных частей в изделии;

б) для группы деталей с отчетливо выраженной взаимосвязью, исключающей различное понимание, при невозможности подвести линию-выноску к каждой составной части.

1.17. На присоединительные поверхности необходимо нанести обозначение качества обработки (знак шероховатости с величиной микронеровностей в мкм)

1.18. На листе сборочного чертежа в области, примыкающей к штампу, создать спецификацию (ширина 185 мм) с полями: позиция, количество, обозначение, наименование (рис. 20).

Спецификация									
ПОЗ.	КОЛ	ОБОЗНАЧЕНИЕ			НАИМЕНОВАНИЕ				
1	2	РГЭС 12.345.00.00.01			Вилка				
2	4	РГЭС 12.345.00.00.02			Втулка				
3	1	РГЭС 12.345.00.00.03			Крестовина				
				РГЭС 12.345.00.00.00 СБ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Механизм карданный	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.		Фамилия		мм/гг		ч		1:1	
Пров.		Стремнев							
Т. контр.						Лист	1	Листов	1
Нач. отд.						БГТУ им. В.Г. Шухова			
Н. контр.									
Чтв.									

Рис. 20. Пример спецификации и основной надписи

Элементы спецификации номеруются в соответствии с алфавитным порядком наименований (стандартные компоненты располагаются за нестандартными в списке). Обозначение компонентов формируется по схеме, н.п.: РГЭС 12.345.01.02.03, где 12 – последние две цифры года, 345 – последние 3 цифры зачетной

книжки, 01 – сборочный узел номер 1 изделия, имеющего обозначение РГЗС 12.345.00.00.00 СБ, 02 – подсборка (сборочный узел) номер 2 из сборочного узла номер 1, 03 – деталь номер 3 из сборочного узла номер 2 сборочного узла 1.

1.19. В штампе заполнить значениями поля, используя команду Редактировать текст в поле (Свойства Inventor) для объекта Основная надпись листа в Браузере чертежей.

2) Создать рабочие чертежи нестандартных деталей (рис. 22), входящих в сборку, соблюдая следующие указания (по ЕСКД ГОСТ 2.109-73):

2.1. На рабочих чертежах не допускается помещать технологические указания.

2.2. На чертежах применяют условные обозначения (знаки, линии, буквенные и буквенно-цифровые обозначения), установленные в государственных стандартах.

2.3. Размеры условных знаков, не установленные в стандартах, определяют с учетом наглядности и ясности чертежа и выдерживают одинаковыми при многократном повторении.

2.4. На рабочем чертеже изделия указывают размеры, предельные отклонения, шероховатость поверхностей и другие данные, которым оно должно соответствовать перед сборкой.

Размеры, предельные отклонения и шероховатость поверхностей элементов изделия, получающиеся в результате обработки в процессе сборки или после нее, указывают на сборочном чертеже.

2.5. Изделие, при изготовлении которого предусматривается припуск на последующую обработку отдельных элементов в процессе сборки, изображают на чертеже с размерами, предельными отклонениями и другими данными, которым оно должно соответствовать после окончательной обработки. Такие размеры заключают в круглые скобки, а в технических требованиях делают запись типа: "Размеры в скобках - после сборки".

2.6. На рабочих чертежах изделий, подвергаемых покрытию, указывают размеры и шероховатость поверхности до покрытия. Допускается указывать одновременно размеры и шероховатость поверхности до и после покрытия. При этом размерные линии и обозначения шероховатости поверхностей до покрытия и после покрытия наносят.

Если необходимо указать размеры и шероховатость поверхности только после покрытия, то соответствующие размеры и обозначения шероховатости поверхности отмечают знаком "\*" и в технических требованиях чертежа делают запись типа: "\*Размеры и шероховатость

поверхности после покрытия"

2.7. На каждое изделие выполняют отдельный чертеж.

2.8. На каждом чертеже помещают основную надпись и дополнительные графы к ней.

2.9. Графы основной надписи заполняют аналогично сборочному чертежу (массу изделия указывают в килограммах без указания единицы измерения).

2.10. В основной надписи чертежа наименование изделия должно соответствовать принятой терминологии и быть по возможности кратким.

Наименование изделия записывают в именительном падеже единственного числа.

В наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное, например: "Колесо зубчатое". В наименование изделия не включают, как правило, сведения о назначении изделия и его местоположении.

2.11. Если ребро (кромку) необходимо изготовить острым или скруглить, то на чертеже помещают соответствующее указание. Если на чертеже нет никаких указаний о форме кромок или ребер, то они должны быть притуплены.

2.12. Технические требования, относящиеся к поверхностям, обрабатываемым совместно, помещают в том чертеже, где изображены все совместно обрабатываемые изделия. Указания о совместной обработке помещают на всех чертежах совместно обрабатываемых изделий.

Все необходимые данные для обработки таких отверстий (изображения, размеры, шероховатость поверхностей, координаты расположения, количество отверстий) помещают на сборочном чертеже изделия, в которое данное изделие входит составной частью.

2.13. Надписи и знаки, наносимые на плоскую поверхность изделия, изображают, как правило, на соответствующем виде полностью, независимо от способа их нанесения. Расположение и начертание их должно соответствовать требованиям, предъявляемым к готовому изделию.

2.14. На чертеже должен быть указан способ нанесения надписей и знаков (гравирование, штемпелевание, чеканка, фотографирование и т. п.), покрытие всех поверхностей изделия, покрытие фона лицевой поверхности и покрытие наносимых надписей и знаков.

2.15. На чертежах деталей и в спецификации условные обозначения материала должны соответствовать обозначениям, установленным стандартами на материал. При отсутствии стандарта на

материал его обозначают по техническим условиям.

2.16. Обозначение материала детали по стандарту на сортамент записывают на чертеже только в тех случаях, когда деталь в зависимости от предъявляемых к ней конструктивных и эксплуатационных требований должна быть изготовлена из сортового материала определенного профиля и размера.

Допускается в условном обозначении материала не указывать группу точности, плоскостность, вытяжку, обрезку кромок, длину к ширину листа, ширину ленты и другие параметры, если они не влияют на эксплуатационные качества изделия (детали). При этом общая последовательность записи данных, установленных стандартами или техническими условиями на материалы, должна сохраняться.

2.17. В основной надписи чертежа детали указывают не более одного вида материала. Если для изготовления детали предусматривается использование заменителей материала, то их указывают в технических требованиях чертежа или технических условиях на изделие.

2.18. Если форма и размеры всех элементов определены на чертеже готовой детали, развертку (изображение, длину развертки) не приводят.

2.19. Развертку изображают сплошными основными линиями, толщина которых должна быть равна толщине линий видимого контура на изображении детали.

При необходимости, на изображении развертки наносят линии сгибов, выполняемые штрихпунктирной тонкой линией с двумя точками, с указанием на полке линии-выноски "Линия сгиба".

2.20. Детали, у которых отдельные элементы должны быть измерены после изменения (в пределах упругих деформаций) первоначальной формы, соответствующей свободному состоянию детали, изображают сплошными основными линиями в свободном состоянии и штрихпунктирными тонкими линиями с двумя точками - после изменения первоначальной формы детали.

2.21. Детали из прозрачных материалов изображают как непрозрачные. Нанесенные на детали с обратной стороны от наблюдателя надписи, цифры, знаки и другие подобные данные, которые у готовой детали должны быть видны с лицевой стороны, изображают на чертеже как видимые и помещают соответствующее указание в технических требованиях.

3) Представить к защите:

– отчет, содержащий созданную техническую документацию (чертеж сборки со спецификацией и чертеж одной любой детали);

– файлы технической документации и проект А1, содержащий спроектированное изделие.

### Пример:

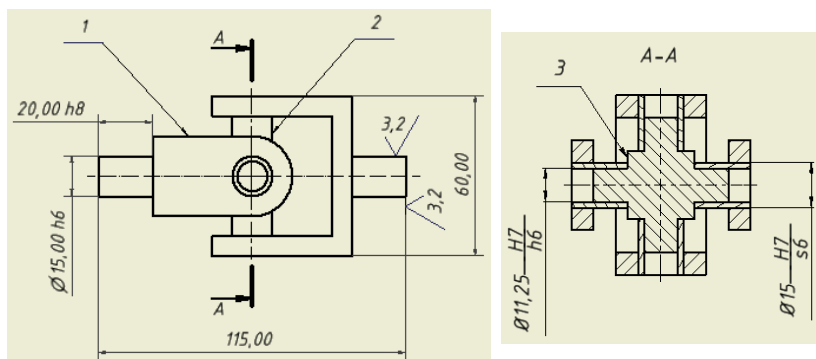
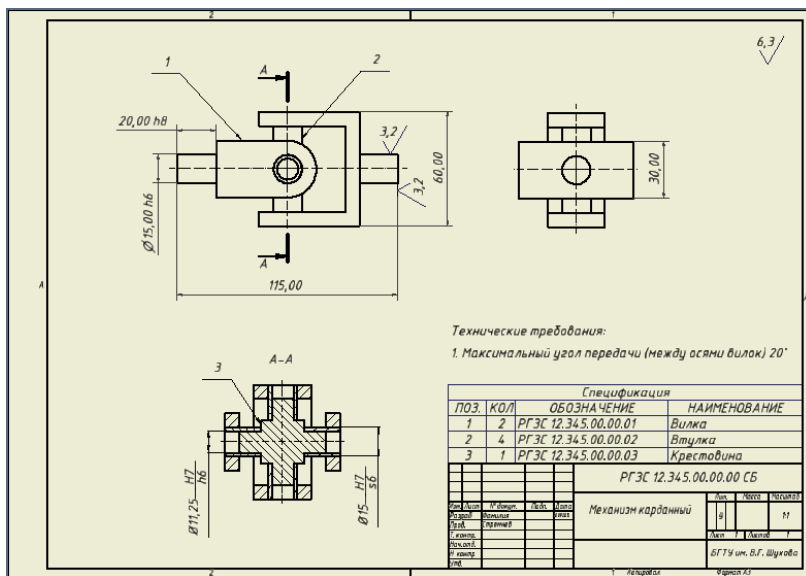


Рис. 21. Сборочный чертеж

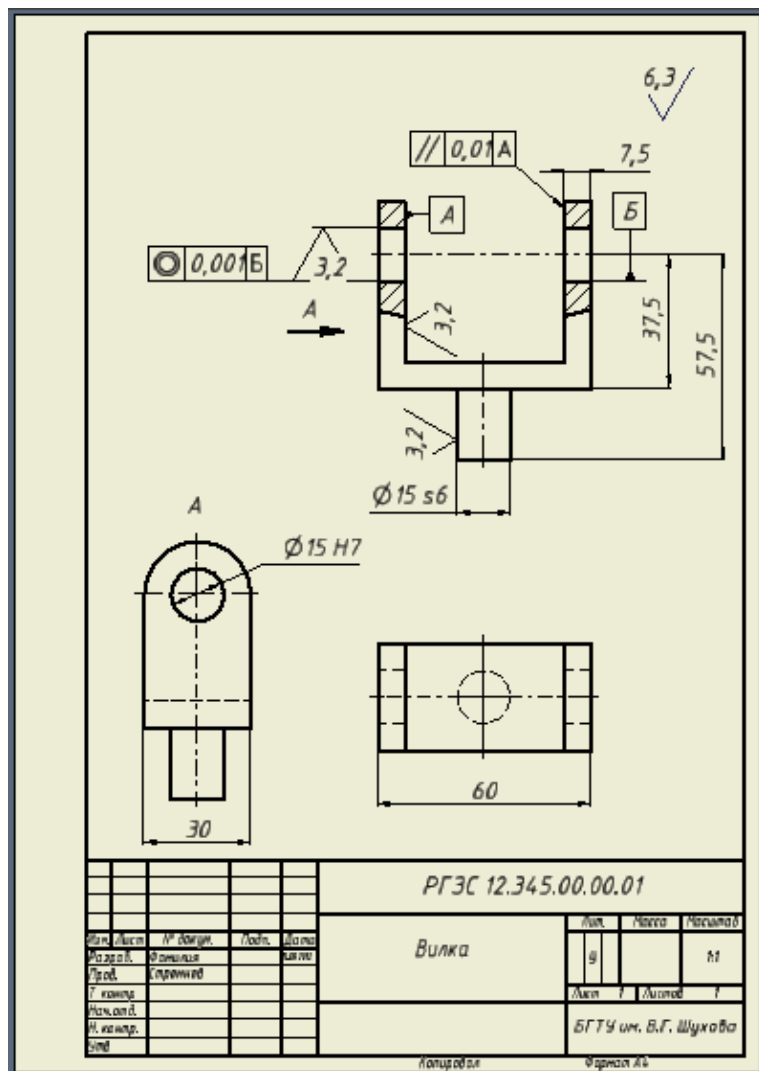


Рис. 22. Рабочий чертеж детали



## Лабораторная работа № 9. ФОТОРЕАЛИСТИЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ В AUTODESK INVENTOR

### Цель работы:

Научиться создавать средствами AI фотореалистичные изображения и видеоролики трехмерных моделей, используя настройки материалов, освещения, параметров сцены и анимации.

### Теоретические сведения

#### *1. Среда визуализации в Autodesk Inventor*

Реализация статической и динамической фотореалистичной визуализации моделей в AI может выполняться посредством специальной среды Inventor Studio (IS). Эта среда имеет набор команд (рис. 23) для задания текстур поверхностей, условий освещения, фона, камер, создания анимаций различного типа (для несвязанных зависимостями компонент, прозрачности, сборочных зависимостей, пользовательских параметров, камер), а также команды для генерации изображений и видеофрагментов.

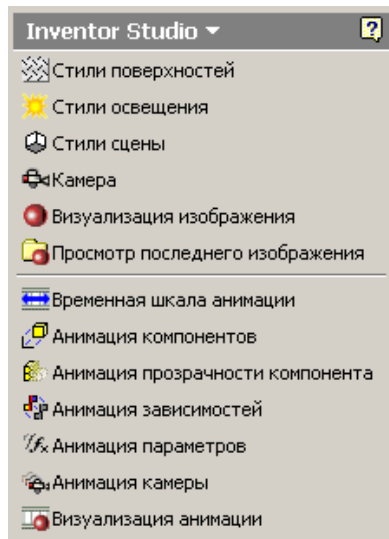


Рис. 23. Команды среды IS

Среда IS (рис. 24) состоит из следующих частей: области панели с набором команд (см. рис. 23), браузера, рабочей области, шкалы настройки анимации, панели инструментов и меню.

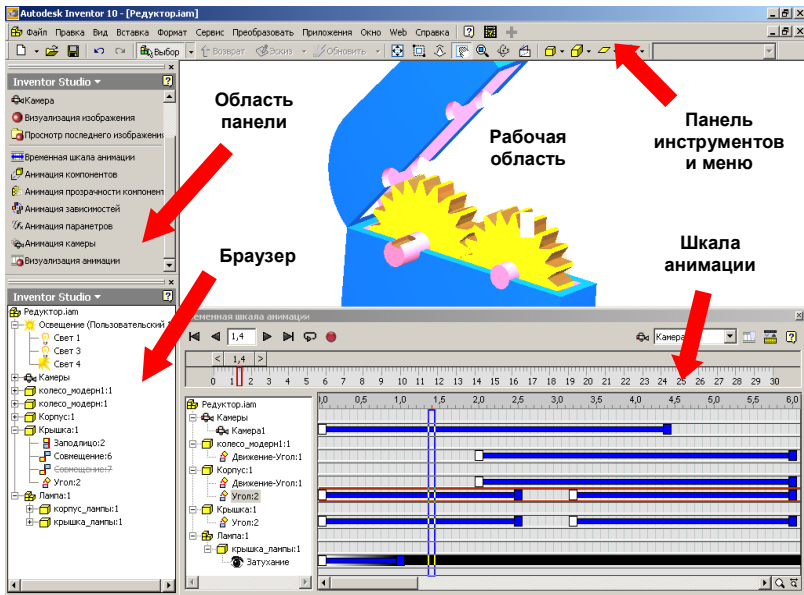


Рис. 24. Среда IS

Элементы настройки визуализации (источники освещения, камеры) и структурные элементы модели (детали, зависимости) отображаются в браузере объектов.

С помощью шкалы анимации пользователь контролирует размещение элементов анимации на временной шкале и может изменять их параметры. Отображение шкалы производится соответствующей командой области панели (см. рис. 23).

В рабочей области окна IS отображается модель в соответствии с параметрами анимации, заданными на шкале. С помощью рабочей области пользователь также имеет возможность задавать положение камеры (точки наблюдения). Для этого используются команды панели инструментов (зуммирование, панорамирование, свободное вращение).

Переход между средой IS и AI осуществляется командой меню *Приложения > Inventor Studio/Изделие*.

## 2. Общие настройки визуализации

Наиболее простой способ создать и сохранить камеру (точку наблюдения):

- 1) установить с помощью команд панели инструментов необходимый вид в рабочей области;
- 2) в контекстном меню браузера в группе *Камеры* выполнить команду *Создать камеру из вида* (рис. 25).

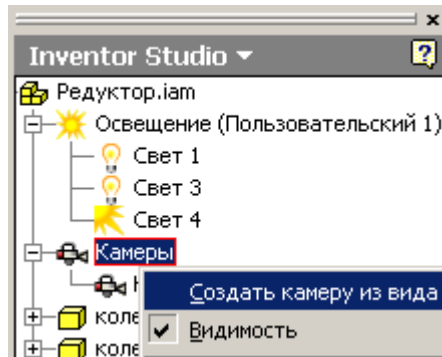


Рис. 25. Создание камеры (точки наблюдения)

Созданные камеры можно использовать как для создания статичных изображений, так и видеороликов.

**Добавление нового  
стиля освещения**

**Добавление  
источника света**

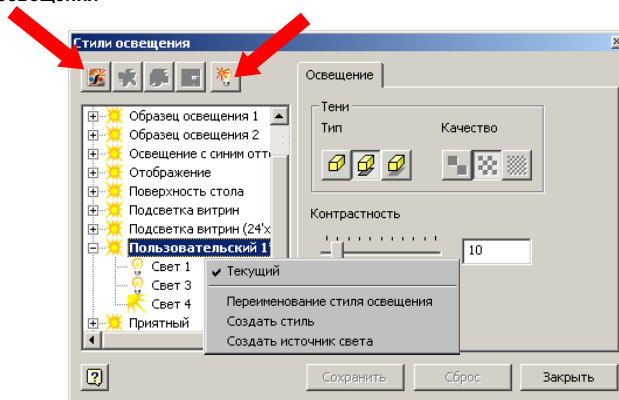


Рис. 26. Окно настройки стиля освещения

Настройка освещения в IS производится командой *Стили*

освещения области панели. Окно *Стили освещения* позволяет выбрать одну из схем (стилей) освещения или создать свою собственную (рис. 4). Контекстная команда *Текущий* (см. рис. 26) применяет выбранный стиль для визуализации объекта моделирования.

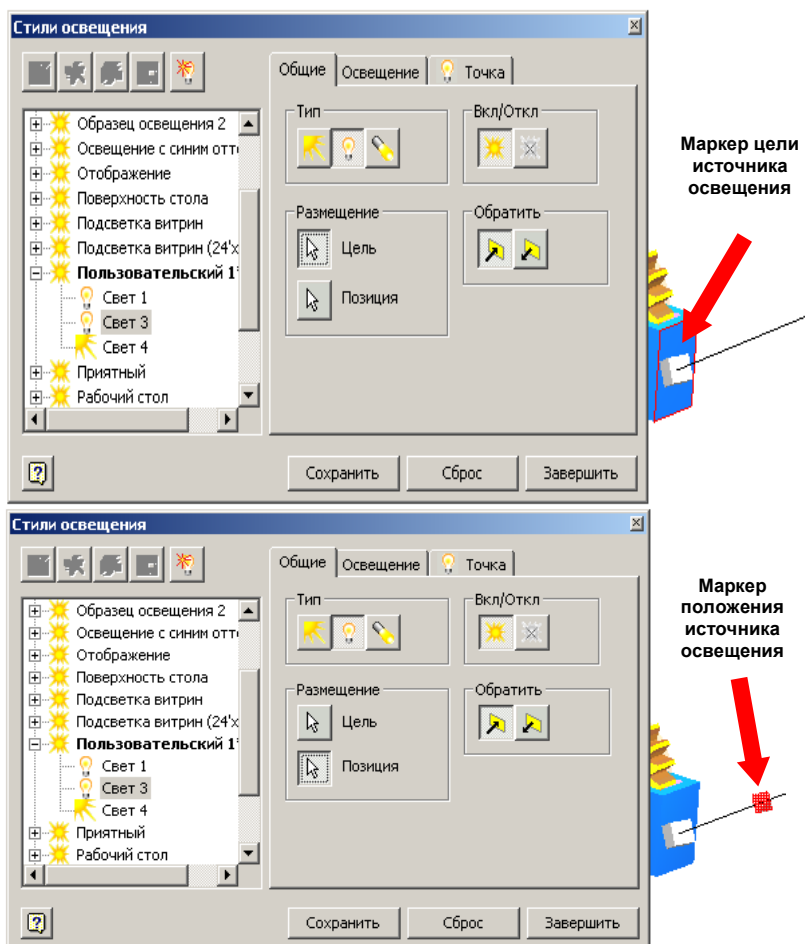


Рис. 27. Определение ориентации источника света

В общем случае настройка освещения в IS сводится к созданию (см. рис. 26) и настройке источников освещения. Для источника освещения необходимо определить тип (направленный или точечный) и расположение в трехмерном пространстве модели. Например, для

направленного источника света (рис. 27) необходимо указать объект в модели (*Цель*) на который направлен источник света и расположение (*Позиция*) самого источника. При необходимости уточнения расположения источника освещения щелчком на маркере (см. рис. 27) можно вызвать окно настройки перемещения маркера вдоль осей локальной системы координат, связанной с его текущим положением (рис. 28). Во вкладке *Освещение* окна *Стили освещения* для источника света можно определить его интенсивность, цвет испускаемого света, а также наличие и тип теней от объектов модели (рис. 29).

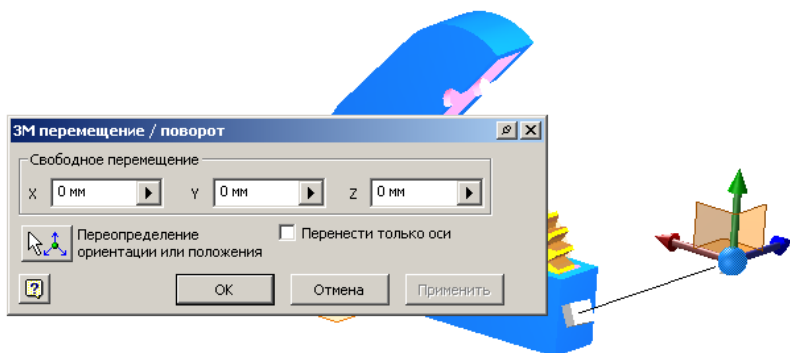


Рис. 28. Настройка расположения источника света в пространстве модели

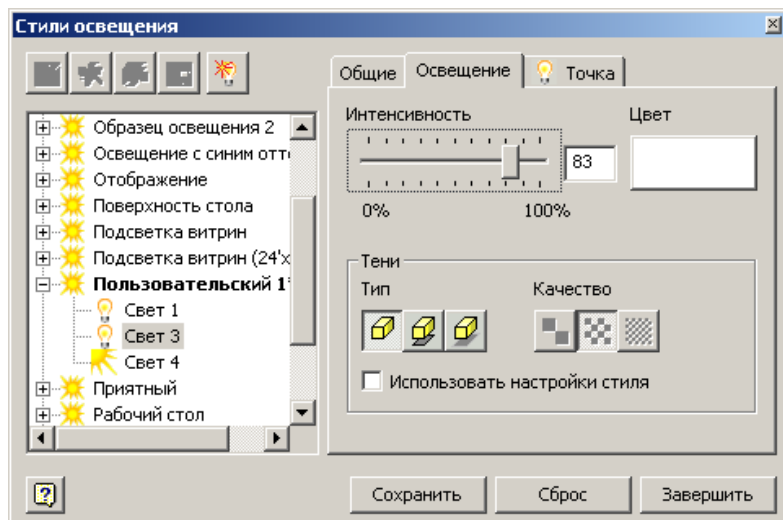


Рис. 29. Определение яркости, цвета и типа тени источника света

В том случае, если объект визуализации не окружен другими моделями из структуры сборки, обладающими определенными текстурами поверхностей (например, объект визуализации – станок, а модель окружения – стены, пол, потолок помещения (цеха)) можно задать стиль окружения с помощью окна *Стили сцены* (рис. 30), вызываемого одноименной командой (см. рис. 23).

**Добавление нового  
стиля сцены**

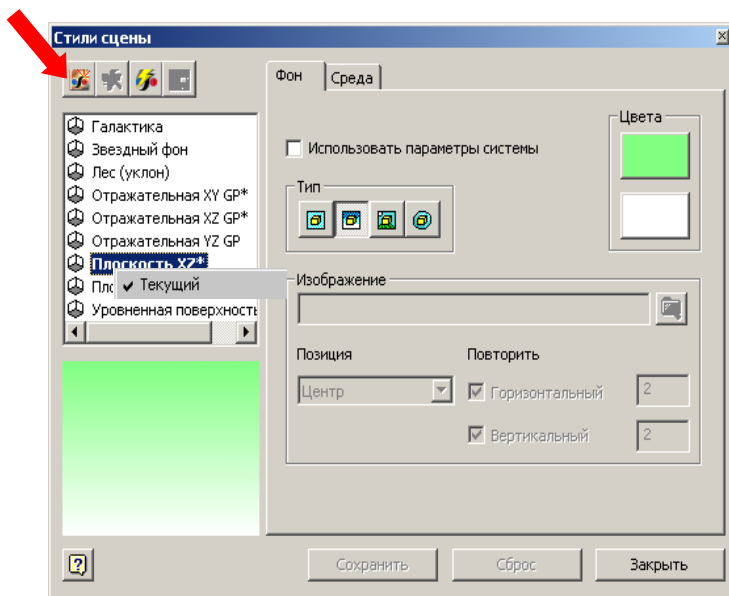


Рис. 30. Настройка фона для визуализации

Во вкладке *Фон* (см. рис. 30) можно выбрать *Тип* по вариантам: один цвет, градиент или растровое изображение. Во вкладке *Среда* (рис. 31) определяется условная плоскость, на которой размещается объект визуализации, и ее характеристики (тени и блики). В случае задания плоскости размещения объекта в *Стиле сцены* необходимо согласовать ее с плоскостью базирования объекта в трехмерном пространстве (например, на рис. 31 условная плоскость размещения – XZ с нулевым смещением, поэтому объект модели в среде изделия необходимо связать опорной поверхностью сборочной зависимостью типа *Совмещение* с плоскостью XZ).

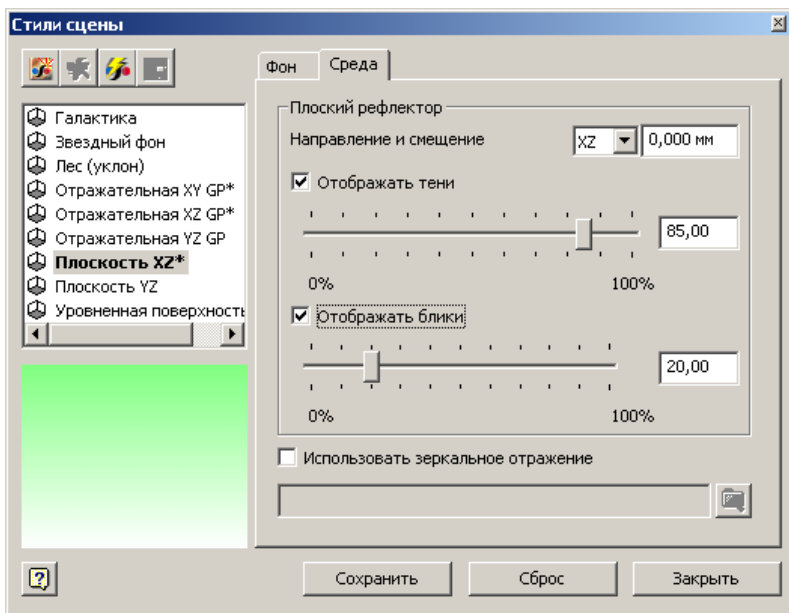


Рис. 31. Настройка плоскости "по умолчанию" для размещения объектов

### 3. Статическая визуализация

Фотореалистичная визуализация в форме статического изображения задается командой *Визуализация изображения* области панели (см. рис. 23). В окне команды (рис. 32) можно определить размеры выходного изображения и выбрать заданные ранее условия: точку наблюдения (камеру), свет (стиль освещения), условия окружения (стиль сцены).

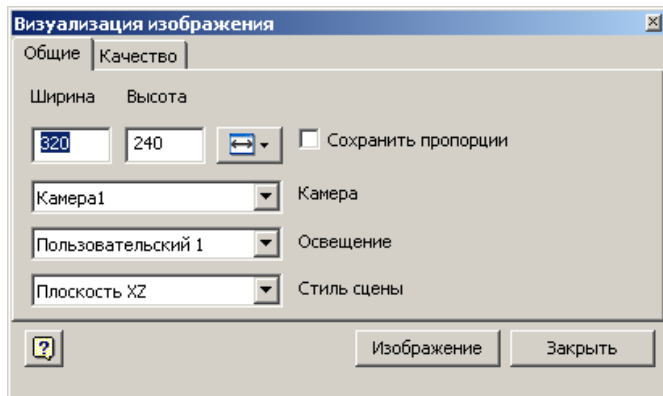



Рис. 32. Настройка вывода статичной визуализации

#### 4. Динамическая визуализация

Фотореалистичная визуализация модели в форме видеоролика определяется путем добавления различных анимационных эффектов на шкалу анимации (см. рис. 24). Объектами анимации могут быть компоненты модели (движение и прозрачность деталей и сборок), сборочные зависимости, пользовательские параметры, камеры. Шкала анимации отображается командой *Временная шкала анимации* области

панели (см. рис. 23). С помощью кнопки  на шкале анимации можно скрывать или отображать добавленные эффекты в соответствии с их последовательностью и продолжительностью.

Запись динамической визуализации производится командой *Визуализация анимации* области панели (см. рис. 23). Вкладка *Общие* окна команды (рис. 33) аналогична настройкам статичной визуализации, во вкладке *Вывод* указывается размещение выходного файла, отрезок временной шкалы помещаемый в ролик и частота видео (кадров/с). После нажатия кнопки *Изображение* IS предложит также выбрать кодек для сжатия (при необходимости) получаемого видеосегмента.



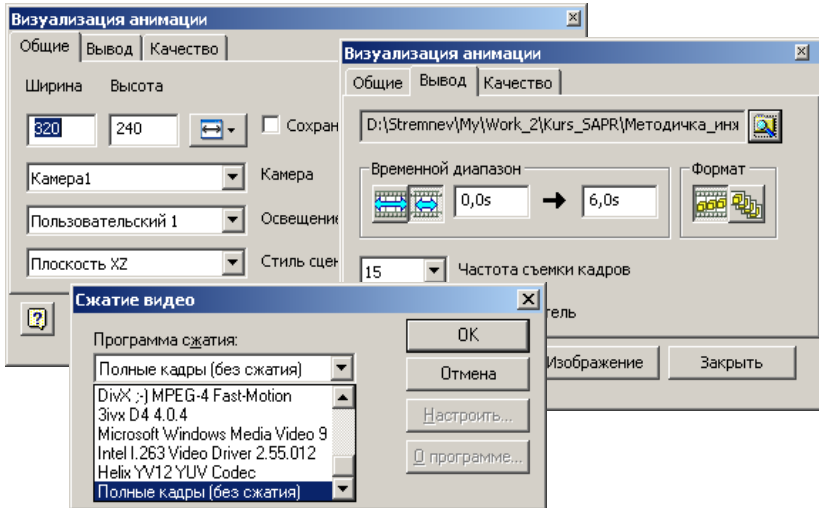


Рис. 33. Настройка вывода динамической визуализации

#### 4.1. Анимация камеры

Последовательность задания анимации камеры (точки наблюдения) в IS может быть следующей:

- 1) Создать камеру (см. п. 2.).
- 2) Открыть шкалу анимации (см. п. 4.).
- 3) В шкале анимации установить движок в момент времени 0 (рис. 34).
- 4) В списке точек наблюдений выбрать созданную ранее камеру (см. рис. 34).

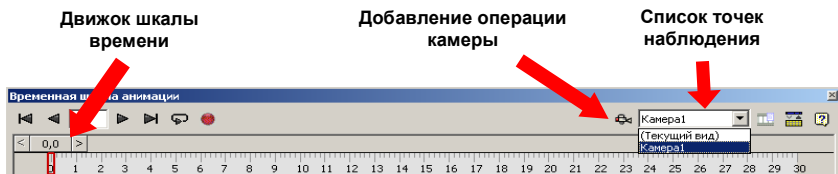


Рис. 34. Установка начального положения точки наблюдения в анимации

5) Перевести движок шкалы анимации в необходимую временную позицию (рис. 35).

6) Используя команды панели инструментов (см. рис. 23) установить желаемую точку наблюдения для заданного на

предыдущем шаге момента времени.

7) Нажать кнопку *Добавление операции камеры* на шкале анимации (см. рис. 34).

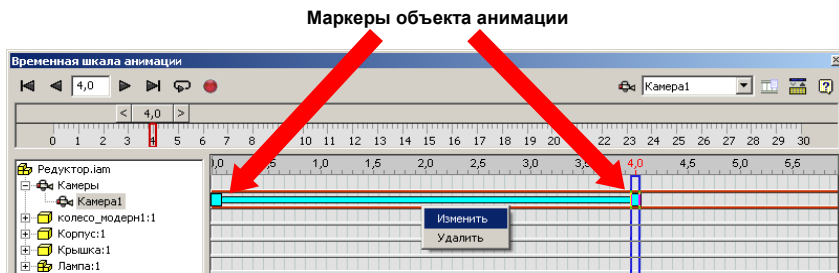


Рис. 35. Элемент анимации камеры на временной шкале

В результате в перечне объектов анимации шкалы времени отобразится добавленная анимация камеры (см. рис. 35). В контекстном меню объекта анимации можно вызвать окно настройки анимации (рис. 36.). Переключатели раздела *Время* окна *Анимация камеры* позволяют выбрать вариант определения анимации во времени: начало анимации по завершении предыдущей анимации, ручное задание времени начала анимации, мгновенное изменение состояния объекта анимации (без временного перехода от одной позиции камеры к другой).

В соответствующих полях можно указать время начала и завершения (или продолжительность) анимации.

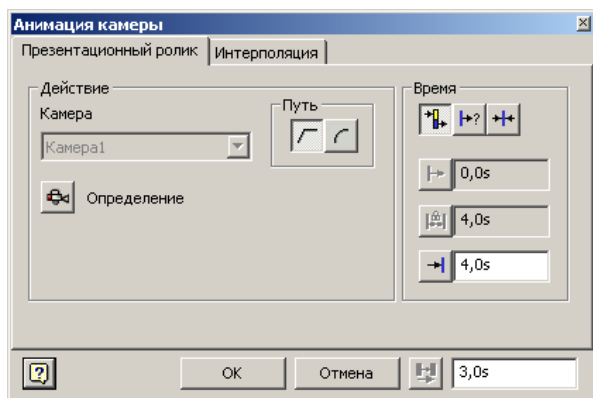


Рис. 36. Окно настройки анимации камеры

Действия по настройке времени анимации можно также выполнять с использованием маркеров на шкале времени (см. рис. 35).

Шаги 5-7 по анимации камеры можно повторять, добавляя последовательность позиций точек наблюдения.

Буксируя движок шкалы анимации, можно просматривать готовую анимационную последовательность (см. рис. 34).

#### 4.2. Анимация сборочной зависимости

Анимирование сборочных зависимостей позволяет в режиме динамической визуализации показать заданную этими зависимостями работу модели.

С помощью команды Анимация зависимостей области панели IS (см. рис. 23) можно выбрать необходимую зависимость (*Ограничения*, рис. 37) в браузере, определить для ее параметра новое значение и установить характеристики времени изменения начального значения параметра зависимости к новому значению (раздел *Время*, см. рис. 37).

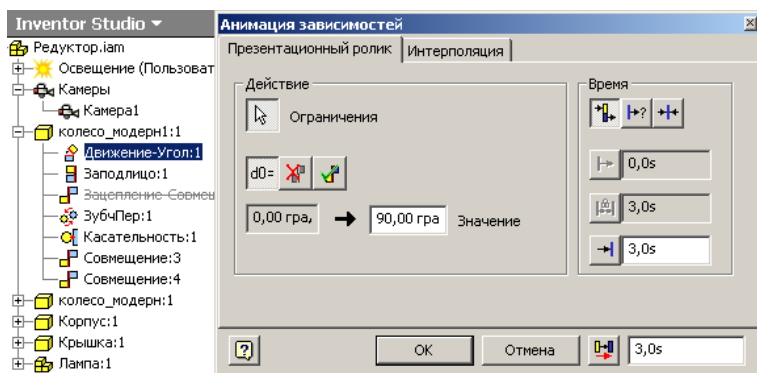


Рис. 37. Окно настройки анимации сборочной зависимости

На временной шкале анимации объект анимации зависимости отображается аналогично объекту анимации камеры и допускает редактирование с помощью маркеров и контекстного меню (рис. 38).

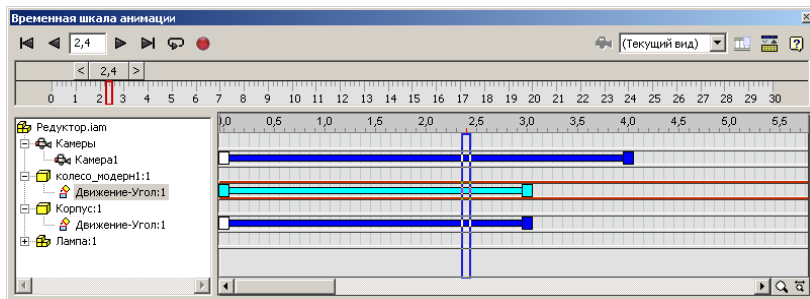


Рис. 38. Объект анимации зависимости на шкале времени

IS допускает задание нескольких последовательных анимаций для одной зависимости. Для этого можно повторить вызов команды *Анимация зависимостей* (см. рис. 1), при этом установленное в предыдущей анимации значение параметра зависимости становится начальным, а с помощью настроек времени можно определить продолжительность и интервал между последовательными анимациями этой зависимости (рис. 39).

Среда IS допускает одновременное воспроизведение нескольких анимаций. Эту возможность удобно реализовать с использованием шкалы анимации, перемещая, например, маркеры объектов анимации в необходимые временные отметки (см. рис. 24, 35).

#### 4.3. Анимация компонент модели

Анимация компонент модели (деталей, сборок) в IS представлена двумя типами: анимации движения и анимация прозрачности. Первый тип задается командой *Анимация компонентов области компонентов* (см. рис. 23), второй тип – командой *Анимация прозрачности компонента* (см. рис. 23).

В окне *Анимация компонентов* (рис. 40) производится выбор компонента для анимации (переключатель *Компоненты*) и устанавливается перемещение и/или вращение компонента (кнопка *Позиция*).

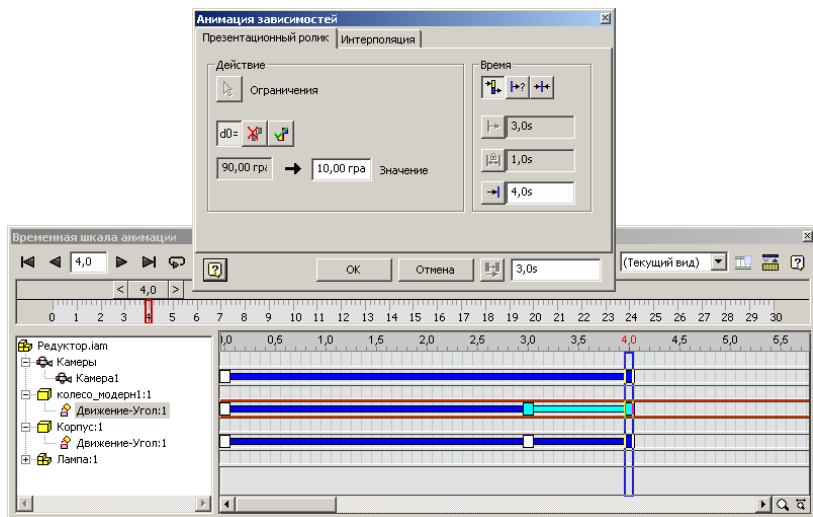


Рис. 39. Задание последовательной анимации зависимости

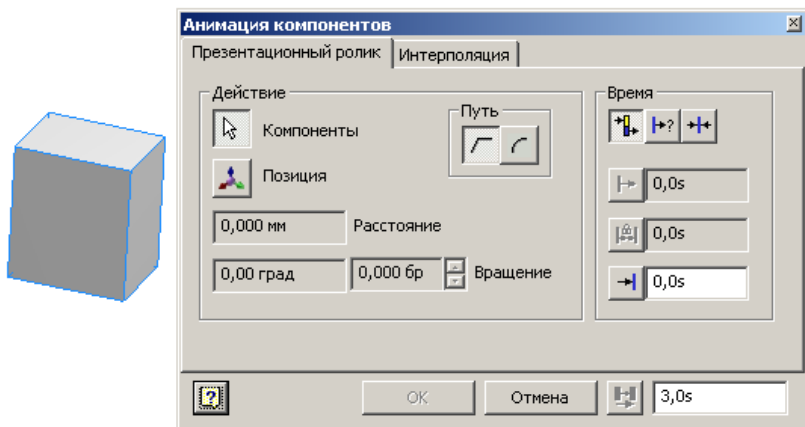


Рис. 40. Окно задания анимации деталей и сборок в модели

Настройка движения компонента производится с помощью маркеров значка локальной системы координат (рис. 41). Выбрав один или несколько из маркеров необходимо ввести значение(я) в соответствующее(ие) поле(я) ввода (например, для смещения компонента вдоль оси x выбирается вершина маркера оси x (красного цвета) локальной системы координат и вводится значение в поле

*Перемещение по оси X* (см. рис. 41), а для вращения компонента вокруг оси x выбирается маркер самой оси x локальной системы координат и вводится значение в поле *Поворот вокруг оси X*).

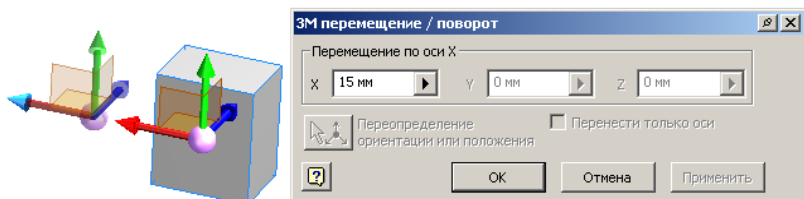


Рис. 41. Определение движения компонента для анимации

Локальная система координат (см. рис. 41) располагается аналогично системе координат в пространстве соответствующего компонента.

Для анимируемого компонента определяются границы времени анимации с использованием окна настройки (см. рис. 40) или маркеров объекта-анимации на шкале (см., например, рис. 39).

В том случае, если компонент к которому делается попытка применить анимацию движения связан сборочными зависимостями с другими компонентами, то заданное движение может и не выполняться. В этом случае можно в среде изделия AI подавить/удалить зависимости, ограничивающие движение, или в среде IS для этих зависимостей применить анимацию – подавление

(переключатели  рис. 37, п. 1.4.2).

Команда *Анимация прозрачности компонента* (см. рис. 23) позволяет в течении заданного интервала времени изменить степень прозрачности выбранного компонента модели, при этом значение 100 соответствует отсутствию прозрачности, а 0 – полной прозрачности. Для отдельного компонента можно определить несколько последовательных анимаций прозрачности, аналогично другим типам анимации (рис. 42), делая, например, компонент прозрачным, а затем возвращая полную его видимость.

В отличие от других типов анимации действие прозрачности можно проверить, только выполнив фотореалистичную визуализацию – статическую (см. рис. 32) или динамическую (см. рис. 33). В связи с тем, что динамическая фотореалистичная визуализация может занимать значительное расчетное время, перед ее запуском имеет смысл выполнить статическую визуализацию по отдельным отметкам

времени.

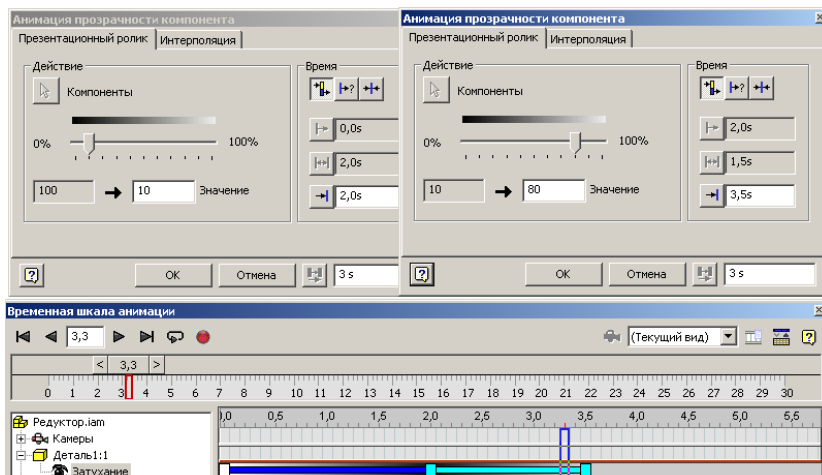


Рис. 42. Окно настройки анимации прозрачности компонента

Для этого необходимо переместить движок шкалы времени (см. рис. 34) на нужную позицию и выполнить команду *Визуализация изображения* области панели (см. рис. 1).

### Ход работы

1. В среде AI создать проект, выполнив следующие действия:
  - создать в AI модель сборки, содержащую не менее трех деталей;
  - для каждой детали задать различные параметры материала поверхности;
  - связать детали сборочными зависимостями;
  - для созданной модели в среде IS настроить не менее одной точки наблюдения (камеры), пользовательский стиль сцены и условия освещения с не менее чем двумя источниками света;
  - выполнить статическую визуализацию средствами IS;
  - для созданной модели в среде IS настроить анимации следующих типов (не менее одной на каждый тип): камеры, сборочных зависимостей, прозрачности компонент, движения компонент;
  - выполнить динамическую визуализацию продолжительностью не менее 5 с.
2. Подготовить отчет, содержащий:
  - аннотированное (по деталям и сборочным зависимостям)

изображение модели с браузером сборки;

- развернутую структуру шкалы анимации;
- окно настройки одной из анимаций камеры;
- окно настройки одной из анимаций сборочных зависимостей;
- окно настройки одной из анимаций прозрачности компонент;
- окно настройки одной из анимаций движения компонент.

3. Представить к защите:

- отчет;
- проект АІ, содержащий модель сборки и условия визуализации;
- выходные файлы статической и динамической визуализации.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor : визуализация, интерфейс прикладного программирования, элементы инженерного анализа : метод. указания к выполнению лаб. работ по курсу "Системы автоматизированного проектирования" для студентов специальности 230201 / сост. А. Ю. Стремнев. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2010. - 74 с.

2. Система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor: эскизное и твердотельное моделирование : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов специальности 230201 / сост. А. Ю. Стремнев. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. - 143 с.

3. Система автоматизированного проектирования Autodesk Inventor: эскизное и твердотельное моделирование : метод. указания к выполнению расчетно-граф. работы по курсу "Системы автоматизированного проектирования" для студентов специальности 230201 / сост. А. Ю. Стремнев. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2009. - 48 с.

4. Стремнев, А. Ю. Работа в Autodesk Inventor [Видеозапись] : видеокурс / А. Ю. Стремнев. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2011.

5. Стремнев, А. Ю. Специальные среды проектирования Autodesk Inventor [Видеозапись] : видеокурс / А. Ю. Стремнев. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2016.

5. Стремнев, А. Ю. Элементы информационных технологий [Видеозапись] : видеокурс / А. Ю. Стремнев. Шухова. - Электрон. текстовые дан. - Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012.



Учебное издание

Методические указания  
к выполнению лабораторных работ по дисциплине  
"Средства визуализации деловой информации"  
для бакалавров направления 09.03.03 – Прикладная информатика

Составитель **Стремнев** Александр Юрьевич

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 5,7. Уч.-изд. л. 6,1

Тираж экз. Заказ Цена

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом университете  
им. В. Г. Шухова

308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46