

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Многопрофильный колледж

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
ОП.11 Элементы САПР в профессиональной деятельности**

**для обучающихся специальности
15.02.03 Монтаж, техническое обслуживание и ремонт
гидравлического и пневматического оборудования (по отраслям)**

СОДЕРЖАНИЕ

1 ВВЕДЕНИЕ	3
2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
Практическое занятие №1	4
Практическое занятие №2	7
Практическое занятие №3	8
Практическое занятие № 4	10
Практическое занятие №5	11
Практическое занятие № 6	12
Практическое занятие № 7	15
Практическое занятие №8	17
Практическое занятие №9	20
Практическое занятие №10	23
Практическое занятие №11.....	32
Практическое занятие №12.....	35
Практическое занятие №13.....	36
Практическое занятие №14.....	38
Практическое занятие №15.....	40

1 ВВЕДЕНИЕ

Важную часть теоретической и профессиональной практической подготовки обучающихся составляют практические занятия.

Состав и содержание практических занятий направлены на реализацию Федерального государственного образовательного стандарта среднего профессионального образования.

Ведущей дидактической целью практических занятий является формирование профессиональных практических умений (умений выполнять определенные действия, операции, необходимые в последующем в профессиональной деятельности) или учебных практических умений, необходимых в последующей учебной деятельности.

В соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Элементы САПР в профессиональной деятельности» предусмотрено проведение практических занятий.

В результате их выполнения, обучающийся должен:

уметь:

- Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;
- Уд 2 составлять техническую документацию.
- Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации установленным стандартам

Содержание практических и лабораторных занятий ориентировано на подготовку обучающихся к освоению профессионального (-ых) модуля (-лей) программы подготовки специалистов среднего звена по специальности и овладению **профессиональными компетенциями:**

ПК 3.2 Оформлять техническую документацию на гидравлические и пневматические приводы, устройства и системы по заданным условиям.

А также формированию общих компетенций:

ОК 01 Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02 Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности.

Практические занятия проводятся в рамках соответствующей темы, после освоения дидактических единиц, которые обеспечивают наличие знаний, необходимых для ее выполнения.

2 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №1 Построение чертежа плоской детали с элементами сопряжения

Цель работы: освоить технологию построения чертежа детали

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

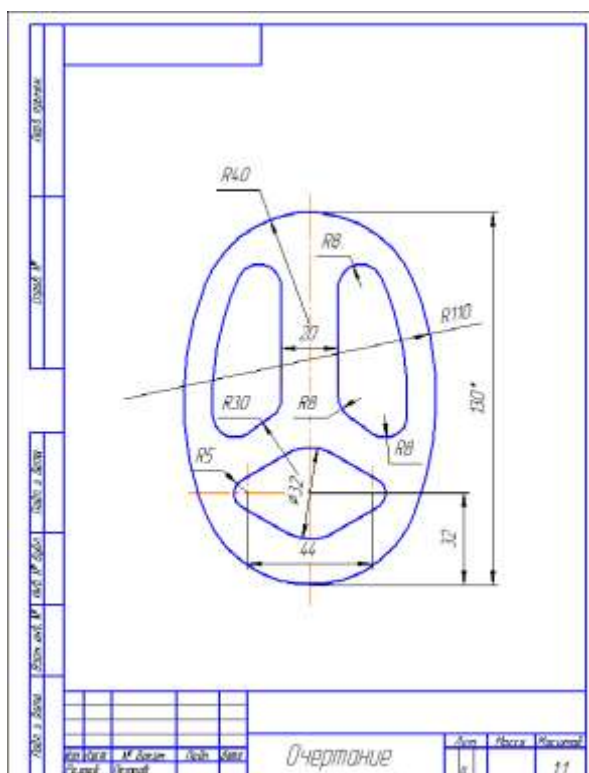
Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1: создать чертёж детали по образцу и нанести размеры:



Краткие теоретические сведения:

Плавный переход от одной линии к другой в черчении называют сопряжением. Для построения сопряжений необходимы следующие элементы: радиус сопряжения, центр дуги сопряжения и точки сопряжения.

Для определения величины изображения изделия или какой-либо его части по чертежу на нем наносят размеры. Общее количество размеров на чертеже должно быть наименьшим, но достаточным для изготовления и контроля изделия.

Правила нанесения размеров установлены стандартом и в системе КОМПАС-3D наносятся полуавтоматически.

Основные требования к нанесению размеров:

- первыми проставляют меньшие размеры, а затем большие (размерные и выносные линии не должны пересекаться);
- размерная линия отстоит от контура детали на 10 мм. Расстояние между параллельными размерными линиями должно быть не менее 7 мм, при этом на всем чертеже оно должно быть одинаковым;
- для обозначения диаметра, радиуса, стороны квадрата, толщины изделия (для плоских деталей) используют условные обозначения;
- если деталь имеет несколько одинаковых элементов, то на чертеже рекомендуется наносить размер лишь одного из них с указанием количества.

Порядок выполнения работы:

1. Выберите формат А3 с ориентацией вертикальной.
2. Изобразите осевые линии далее выбрать **Вспомогательные параллельные прямые** прочертить габариты фигуры (**рисунок а1**) по соответствующим размерам.
3. Изобразите заданные окружности: для точного указания точек используйте объектную привязку **Пересечение**, т.е. щелкнуть на кнопке  - **Установка глобальных привязок** и в открывшемся окне установить позицию **Пересечение**. Нужно выбрать **Геометрия**  → **Окружность**  ввести радиус 40 нажать на Enter после подвести к осевой вертикальной линии и вести окружность до касания её и горизонтальной вспомогательной кривой нажать ЛКМ. Должен получиться **рисунок а2**.
4. Построить окружности, касательные к заданным окружностям **рисунок б2**. Для этого использовать команду  - **Касательная окружность к двум кривым** радиус – 110 **рисунок б1**. Удалить ненужные части окружностей используя команду 

Редактирование → Усечь кривую.

5. Построить еще одну окружность из центра с радиусом = 30.
6. Построить дугу окружности **h** на заданном удалении от внешнего контура и прямую **S**, параллельную вертикальной оси симметрии **рисунок в1**. Использовать команду **Геометрия**  → **Эквидистанта кривой** . Радиус = 10 (расстояние).
7. Построить сопряжение между прямой **h** и дугой окружности **S** для этого используем команду **Скругление**  радиусом = 8 **рисунок в2**, довести линии и усечь ненужные линии.
8. Выделите объект симметрично вертикальной оси, выбрать команду 

Редактирование →  **Симметрия**, выбираем точку на оси сверху потом снизу получатся как на **рисунке г**.

9. Построить окружности и касательные к ним для этого выбрать команду  - **Отрезок, касательный к двум кривым** **рисунок д, е**.
10. Удалить ненужные части окружности.
11. Выполнить изображения размеров.

Форма представления результата: графические файлы, содержащие чертежи деталей

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;
2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №2

Построение чертежа и создание 3D-модели детали «Вал»

Цель работы: освоить технологию построения чертежа детали

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

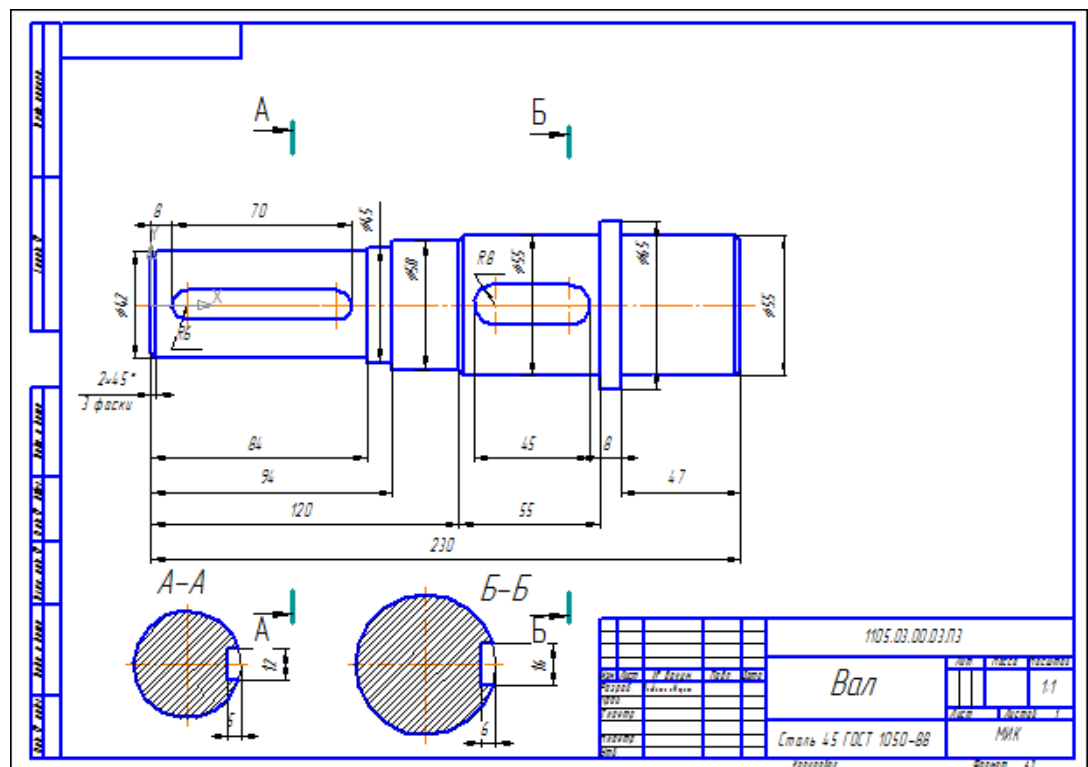
Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание: 1. Создать чертеж детали по образцу и нанести размеры:

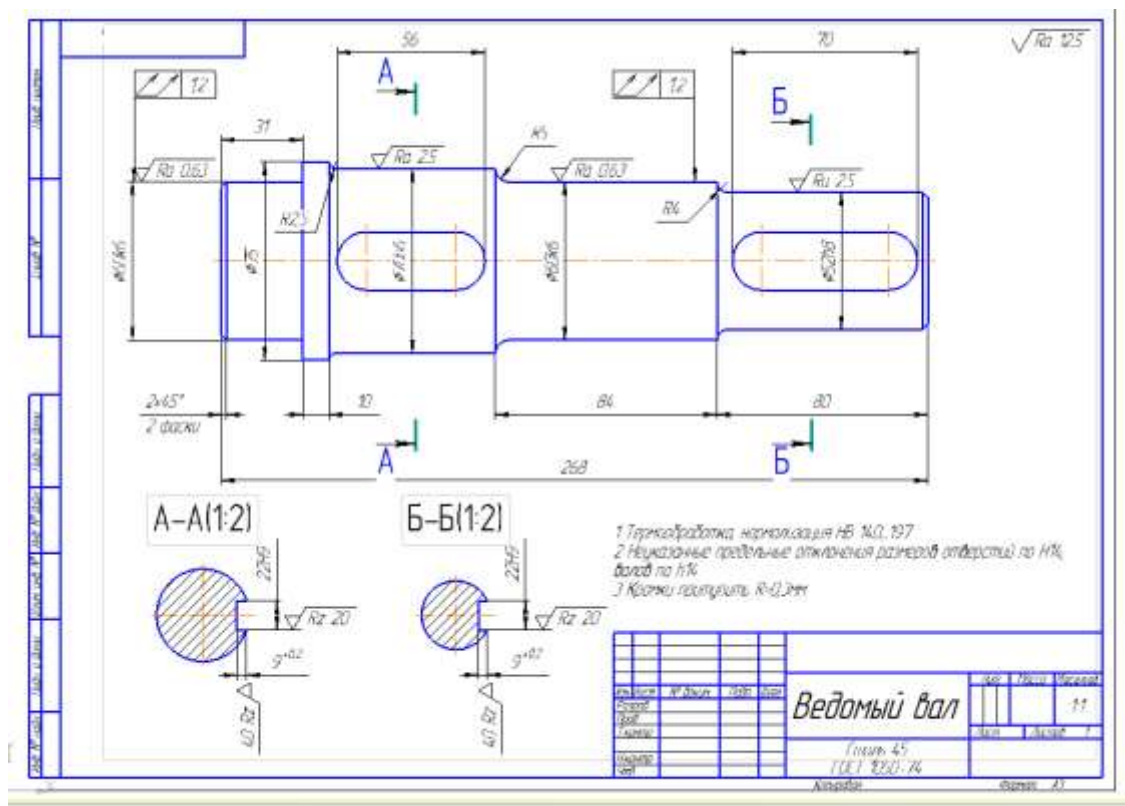


Порядок выполнения работы:

1. Выберите формат А3 с ориентацией альбомной.
2. Изобразите осевые линии далее выбрать **Вспомогательные параллельные прямые**
3. Построить чертеж детали вал.
4. Нанести размеры.
5. Заполнить основную надпись.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Задание 2: создать чертеж детали по образцу двумя способами (с помощью геометрических примитивов и с помощью менеджера библиотек) и нанести размеры:



Форма представления результата: графические файлы, содержащие чертежи деталей

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №3

Построение чертежа и создание 3D- модели детали «Зубчатое колесо»

9

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие № 4

Проектирование спецификаций

Цель: выполнять спецификации к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Создать спецификацию.

Порядок выполнения работы:

1 Создать спецификацию.

Код	Вид	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документация		
4			САПР.СБ	Цилиндр+труба		
				Детали		
4	1	САПР.01		Цилиндр	1	см. лист 15-16
4	2	САПР.02		Труба	1	см. лист 15-16

2 Заполнить штамп спецификации переключив с нормального режима на режим разметки страницы.

					САПР.СБ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Цилиндр+труба		
Разраб.		Радомская В.В.					
Проб.					МГТУ им.Носова МнК		
Н.контр.							
Утв.							
					Лит.	Лист	Листов
							1

Форма представления результата:

Отчет о проделанной работе

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №5

Импорт графических документов

Цель: научиться создавать импорт графических документов.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

Выполнить импорт документов

Порядок выполнения работы:

Для чтения документа любого из перечисленных форматов (за исключением файлов *.stl и *.wrl— их импорт не поддерживается), выполните следующие действия:

1. Вызовите команду Файл – Открыть.

2. В списке Тип файла появившегося диалога выберите нужный формат и укажите имя файла.

3. Нажмите кнопку Открыть. В большинстве случаев после этого на экране появляется диалог, в котором можно настроить некоторые параметры импорта.

4. Настройте импорт, нажмите кнопку ОК диалога. Выбранный документ будет импортирован в КОМПАС-3D и загружен для редактирования.

Форма представления результата:

Файл, содержащий документ

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие № 6

Создание 3D -модели сборочного чертежа сварного соединения

Цель: создать детали к сборочным чертежам в Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

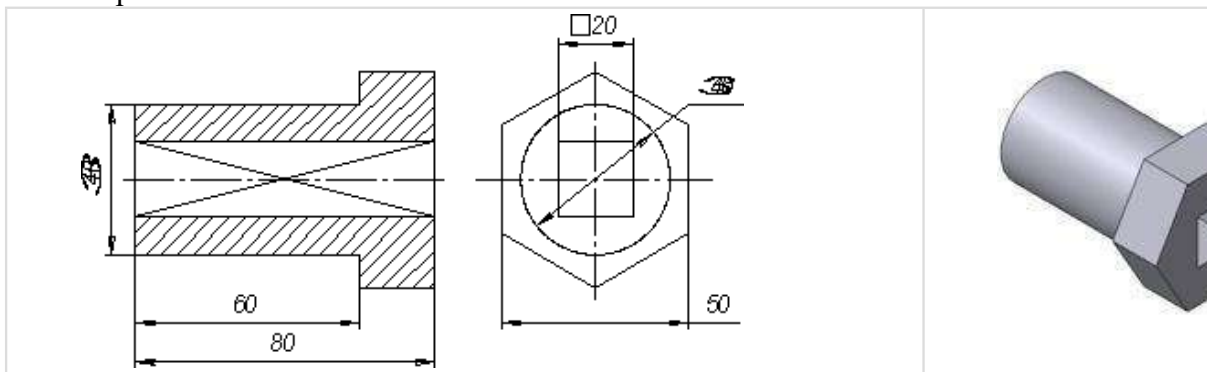
персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Создать детали по сборочным чертежам.

Порядок выполнения работы:

Сборка в системе КОМПАС-3D – это трехмерная модель, объединяющая модели деталей, входящих в узел. Конструктор собирает узел, добавляя в него новые компоненты или удаляя существующие. В качестве примера рассмотрим построение сборки, состоящей из двух деталей: Вала и Гайки, трехмерные модели которых были созданы заранее и сохранены в памяти компьютера.



Чертеж и модель вала

Для того чтобы начать работу, нужно нажать кнопку «Новая сборка» на панели управления Новый документ

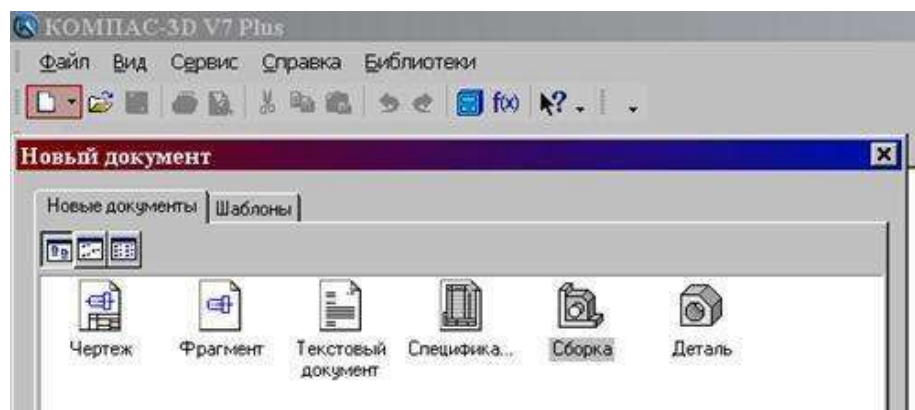


Рисунок Кнопка Новая сборка

На экране откроется окно нового документа – сборки. В окне сборки находится Дерево построения с системой координат и плоскостями проекций. На инструментальной панели появятся кнопки, управляющие процессом сборки (рис.147).

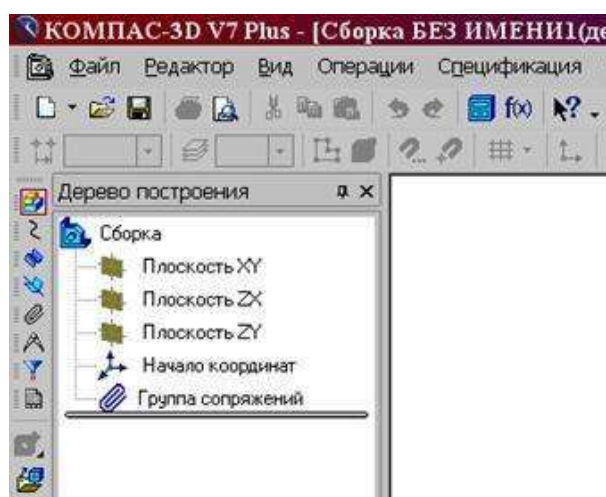


Рисунок Окно построения сборки

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;
2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие № 7

Создание 3D -модели сборочного чертежа «Болтовое соединение».

Цель: выполнять 3D модели к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

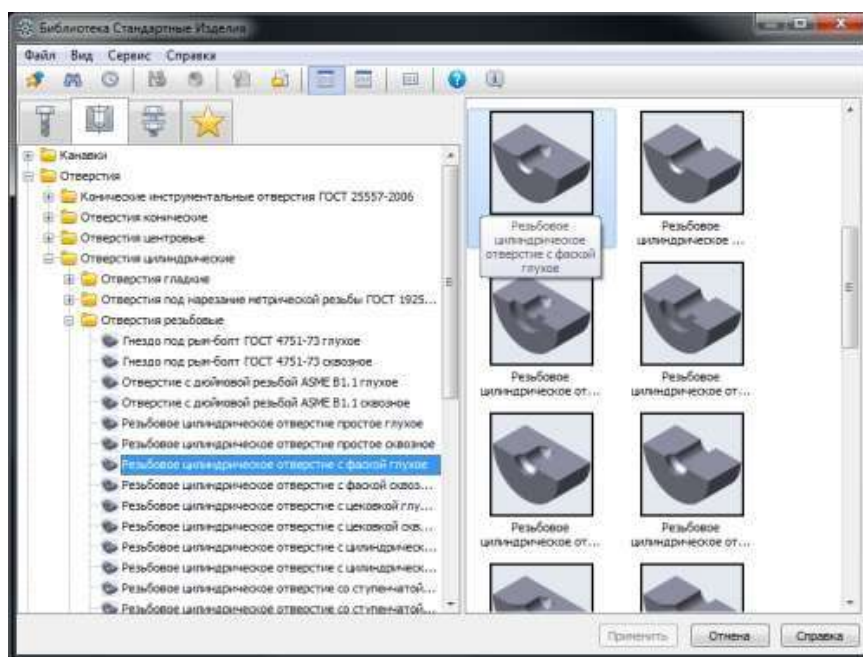
персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

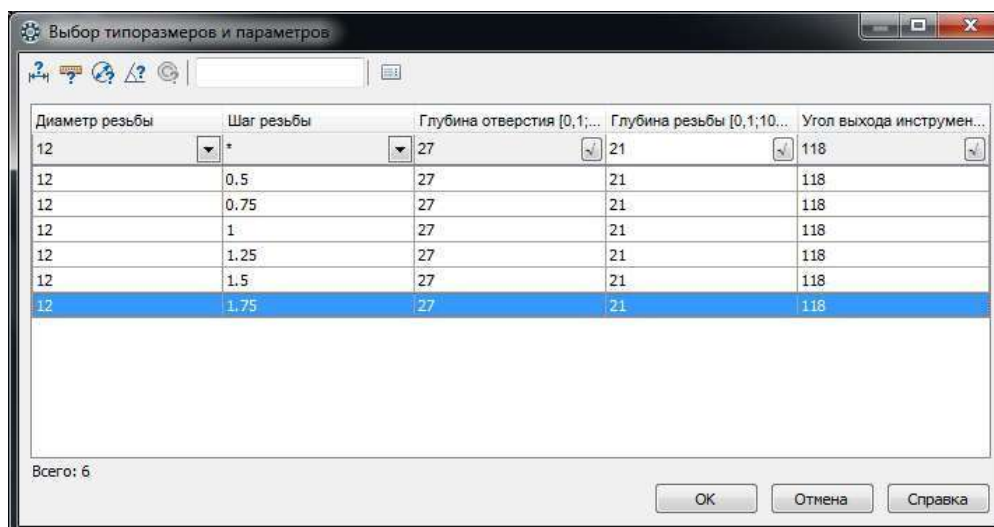
1 Создать детали в 3D.

Порядок выполнения работы:

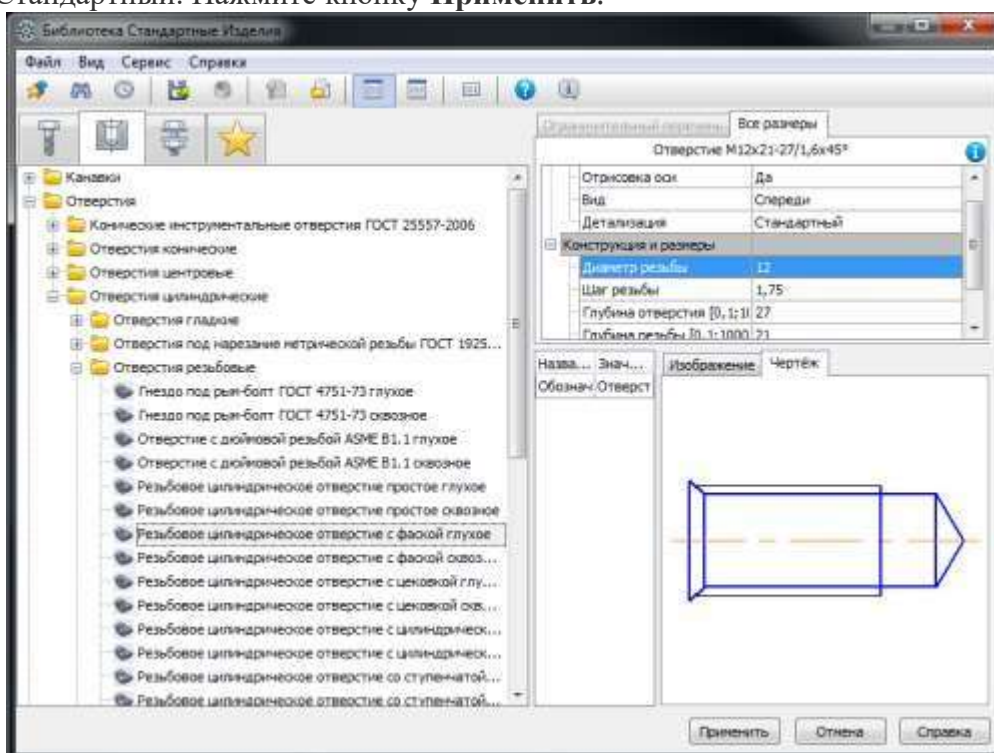
1 Выберите **Отверстия** ⇒ **Отверстия цилиндрические** ⇒ **Отверстия резьбовые** ⇒ **Резьбовое цилиндрическое отверстие с фаской глухое**.



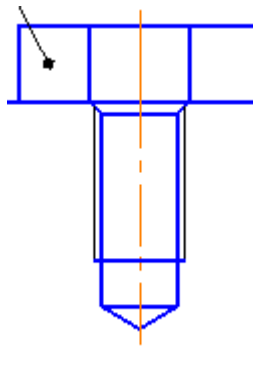
2 Задайте параметры отверстия: **M12** с крупным шагом **1,75 мм** и посчитанными ранее глубинами:



3 В диалоговом окне в папке **Отображение**, укажите: с отрисовкой оси, Вид спереди, Детализация — Стандартный. Нажмите кнопку **Применить**.



Задайте положение отверстия в основании.



4. Если отверстие заходит за толщину основания, толщину основания необходимо увеличить (чтобы, примерно, расстояние от границы отверстия до нижней границы основания было не менее $1d$), используя для этого команду редактирования **Деформация сдвигом** .

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №8

Создание 3D -модели сборочного чертежа по индивидуальному заданию.

Цель: выполнять 3D модели к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

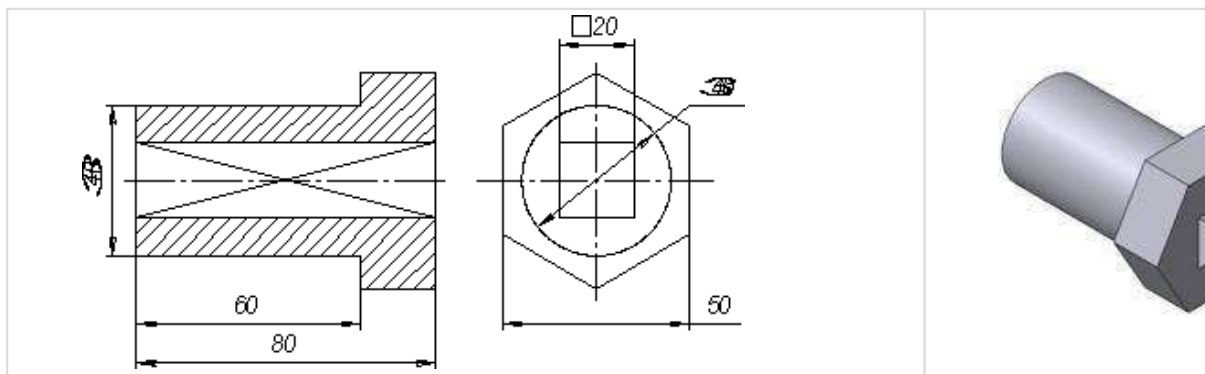
персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Создать детали в 3D.

Порядок выполнения работы:

Сборка в системе КОМПАС-3D – это трехмерная модель, объединяющая модели деталей, входящих в узел. Конструктор собирает узел, добавляя в него новые компоненты или удаляя существующие. В качестве примера рассмотрим построение сборки, состоящей из двух деталей: Вала и Гайки, трехмерные модели которых были созданы заранее и сохранены в памяти компьютера.



Чертеж и модель вала

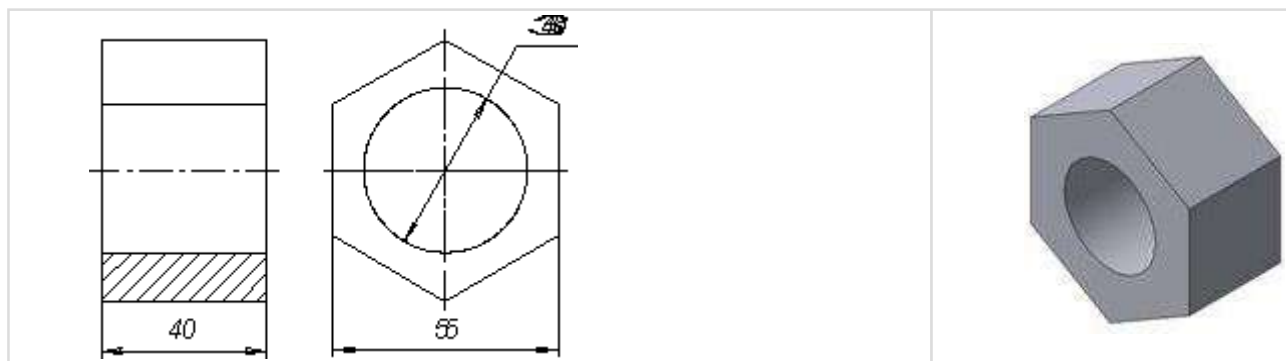


Рисунок Чертеж и модель гайки

Для того чтобы начать работу, нужно нажать кнопку «Новая сборка» на панели управления Новый документ

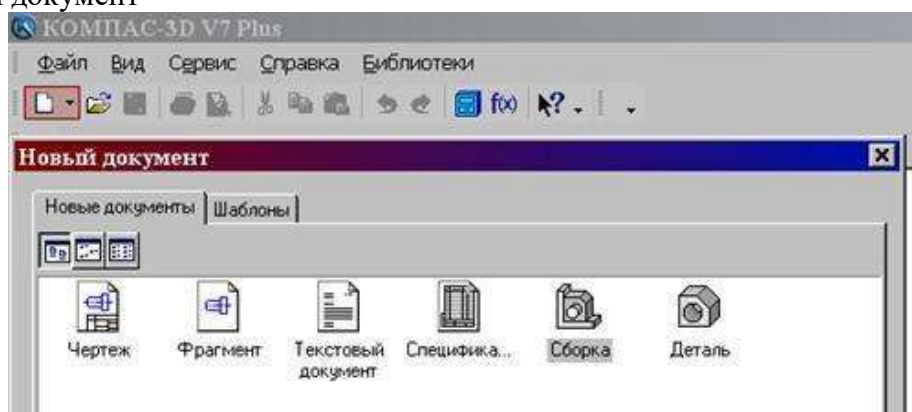


Рисунок Кнопка Новая сборка

На экране откроется окно нового документа – сборки. В окне сборки находится Дерево построения с системой координат и плоскостями проекций. На инструментальной панели появятся кнопки, управляющие процессом сборки (рис.147).

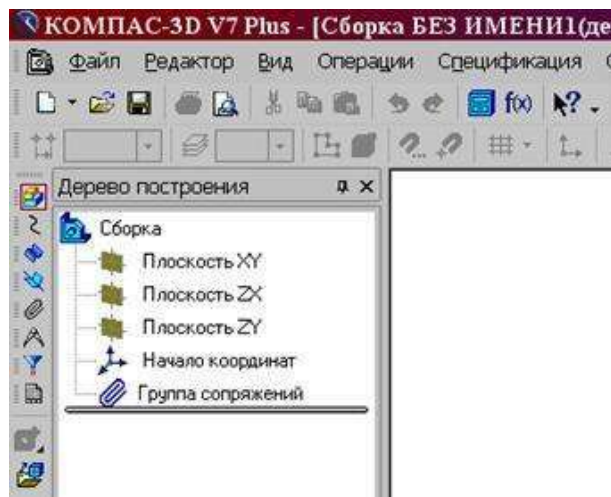


Рисунок Окно построения сборки

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;
2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №9

Создание сборочных моделей и их анимация

Цель: выполнять анимации к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Создать анимации.

Порядок выполнения работы:

Механика: Анимация (далее – *Библиотека*) предназначена для следующих целей:

- имитирование движений различных машин, устройств, механизмов и приборов, смоделированных в системе КОМПАС-3D,
- имитирование процессов сборки-разборки изделий,
- проверка возможных коллизий (соударений) компонентов в процессе движения деталей,
- создание видеороликов, демонстрирующих работу еще не существующих устройств, для презентаций или для интерактивных технических руководств (ИЭТР),
- создание двухмерных кинограмм (последовательных кадров) для подробного исследования движения механизмов

Библиотека работает в среде КОМПАС-3D версий от 10.0 и выше.

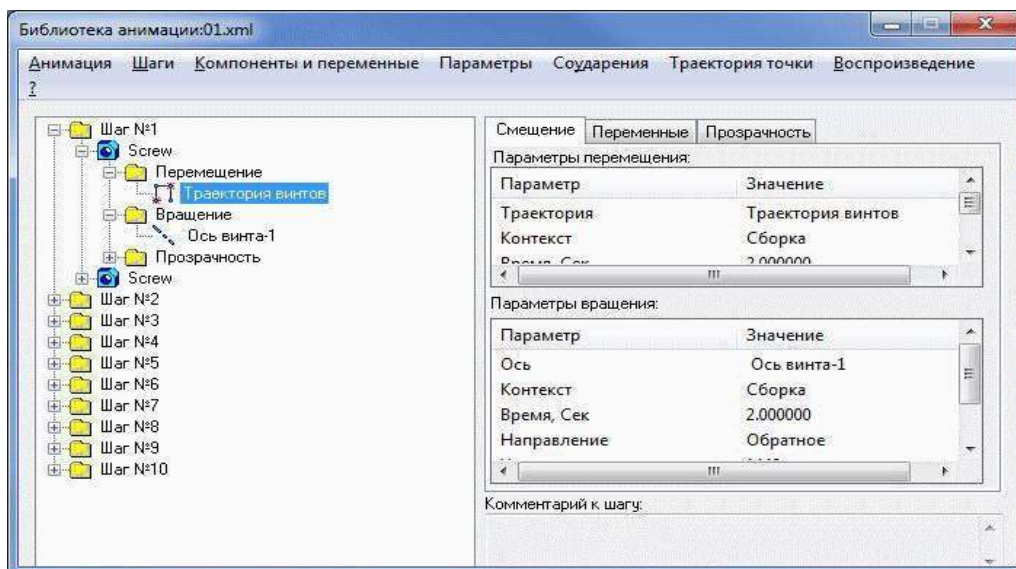
Библиотеку можно применять как в процессе проектирования изделий, так и в рекламных целях. В процессе проектирования можно оценить взаимное движение различных звеньев механизмов, а также проконтролировать траектории для выявления коллизий, вызванных недостатками проектирования.

«Анимирование» изделий помогает сотрудникам ремонтно-эксплуатационных отделов предприятий быстро разобраться в устройстве изделия и научиться порядку сборки-разборки. Установка, подключение и запуск библиотеки

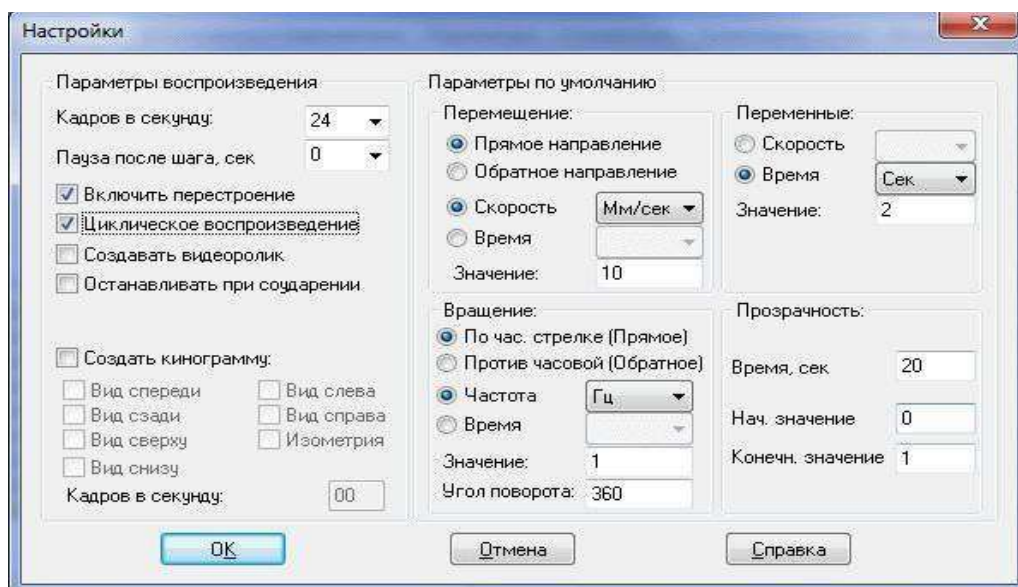
Библиотека устанавливается из дистрибутива КОМПАС-3D и представляет собой стандартное приложение системы КОМПАС-3D (прикладную библиотеку). Чтобы ее подключить, необходимо воспользоваться *Менеджером библиотек* КОМПАС-3D (см. Руководство пользователя). В окне Менеджера библиотек выберите раздел и подключите файл прикладной библиотеки ***Animat.rtw***. Он по умолчанию находится в папке *C:\ProgramFiles\Ascon\KOMPAS- 3D\Libs\Animation3D*. Начало работы.

Запуск и настройки.

Для работы с *Библиотекой* необходимо открыть документ КОМПАС-3D – трехмерную модель сборки (*.a3d). *Библиотека* не работает с другими документами системы. После открытия документа нужно запустить Библиотеку:



Сначала необходимо произвести некоторые настройки системы, выполнив команды меню *Анимация - Настройки*:



Настройки параметров воспроизведения

- **Кадры в секунду.**

Настройка частоты воспроизведения (кадров/сек) при имитации движения механизма. По умолчанию установлена частота воспроизведения **24 к/с**. Можно установить величину из предопределенного списка (1,5,10,15,24,30;60;90;120;180).

- **Пауза после шага.**

Пауза между последовательными движениями (шагами) различных частей изделия. По умолчанию установлена длительность паузы 0 сек.

- **Включить перестроение.**

Если в сборке имеются компоненты, которые требуют выполнения команды Перестроить (например, элементы, построенные в контексте сборки — пружины и т.п.), то необходимо включить данную опцию.

- **Циклическое воспроизведение.**

Включение непрерывного воспроизведения анимации, при котором цикл будет повторяться автоматически, пока его принудительно не остановит пользователь.

- **Создать видеоролик.**

Подключение программы записи анимации в виде AVI-файлов. Выбор конкретного кодека и его настройка производятся в момент начала воспроизведения анимации на экране. Эта опция автоматически отключается после записи видеоролика. При повторном запуске воспроизведения видеоролик не записывается.

- **Останавливать при соударении.**

При включенной опции воспроизведение будет остановлено, если при движении механизма произошло столкновение деталей (п. 3.2.6). Для более точного позиционирования механизма в момент соударения рекомендуется увеличивать

частоту кадров и/или увеличивать время движения того компонента, который необходимо остановить при соударении.

- **Создать кинограмму.**

При включении опции в папке с трехмерной сборкой будет создана новая папка «Кинограмма». В нее будут помещены отдельные «кадры» анимации, выполненные как фрагменты КОМПАС. Отдельные настройки позволяют выбрать вид (Спереди, слева и т.п.), а также установить частоту получения кадров. Рекомендуется устанавливать невысокую частоту получения кадров, т.к. при этом существенно растут ресурсы компьютера, затрачиваемые на данную операцию. Настройка числовых параметров.

В текущей версии *Библиотеки* реализована возможность задавать 2 вида движения компонентов с параметрами, изменять внешние переменные сборки или входящих в нее деталей, изменять прозрачность компонентов:

- Задание **перемещения** - последовательных пространственных положений – компонентов при помощи траекторий - ломаных. При этом начало координат компонента перемещается из точки в точку поступательно. Параметры перемещения – *направление* (прямое или обратное), *скорость* (м/с, мм/с, км/ч, узлы) или *время* перемещения вдоль траектории (сек, мин, час).

- Задание **вращения** компонента вокруг осей. Параметры вращения – *направление* (по или против часовой стрелке), *частота вращения* (Гц, об/мин) или *время вращения* (сек, мин, час);

- Задание изменения внешних **переменных** 3D-сборки. Параметры изменения переменных – *скорость* или *время*;

- Задание изменения **прозрачности** компонента. Параметры изменения – *время*, *начальное* и *конечное* значение прозрачности.

Все эти изменения можно задавать как последовательно (на разных шагах анимации), так параллельно друг с другом (на одном шаге).

Параметры **перемещения** и **вращения** можно задавать как числовыми значениями, так и функциями времени $F(t)$. Загрузка анимации.

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 1.1 Использование САПР Компас-3D для автоматизации проектно-конструкторских работ в машиностроении

Практическое занятие №10

Анимация сборки кривошипа

Цель: выполнять анимации к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Создать анимацию сборки кривошипа.

Порядок выполнения работы:

Механика: Анимация (далее – *Библиотека*) предназначена для следующих целей:

- имитирование движений различных машин, устройств, механизмов и приборов, смоделированных в системе КОМПАС-3D,
- имитирование процессов сборки-разборки изделий,
- проверка возможных коллизий (соударений) компонентов в процессе движения деталей,
- создание видеороликов, демонстрирующих работу еще не существующих устройств, для презентаций или для интерактивных технических руководств (ИЭТР),
- создание двухмерных кинограмм (последовательных кадров) для подробного исследования движения механизмов

Библиотека работает в среде КОМПАС-3D версий от 10.0 и выше.

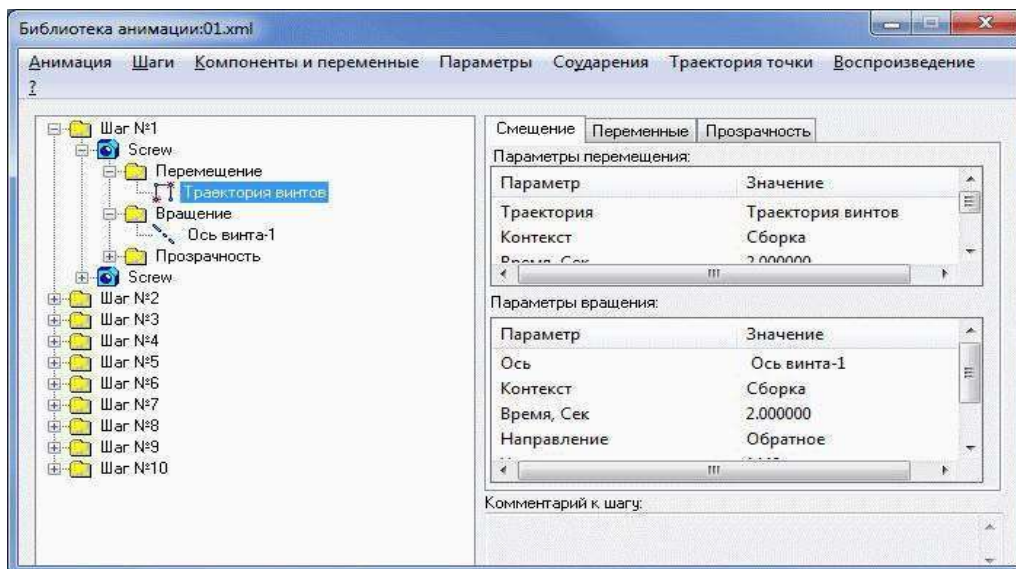
Библиотеку можно применять как в процессе проектирования изделий, так и в рекламных целях. В процессе проектирования можно оценить взаимное движение различных звеньев механизмов, а также проконтролировать траектории для выявления коллизий, вызванных недостатками проектирования.

«Анимирование» изделий помогает сотрудникам ремонтно-эксплуатационных отделов предприятий быстро разобраться в устройстве изделия и научиться порядку сборки-разборки. Установка, подключение и запуск библиотеки

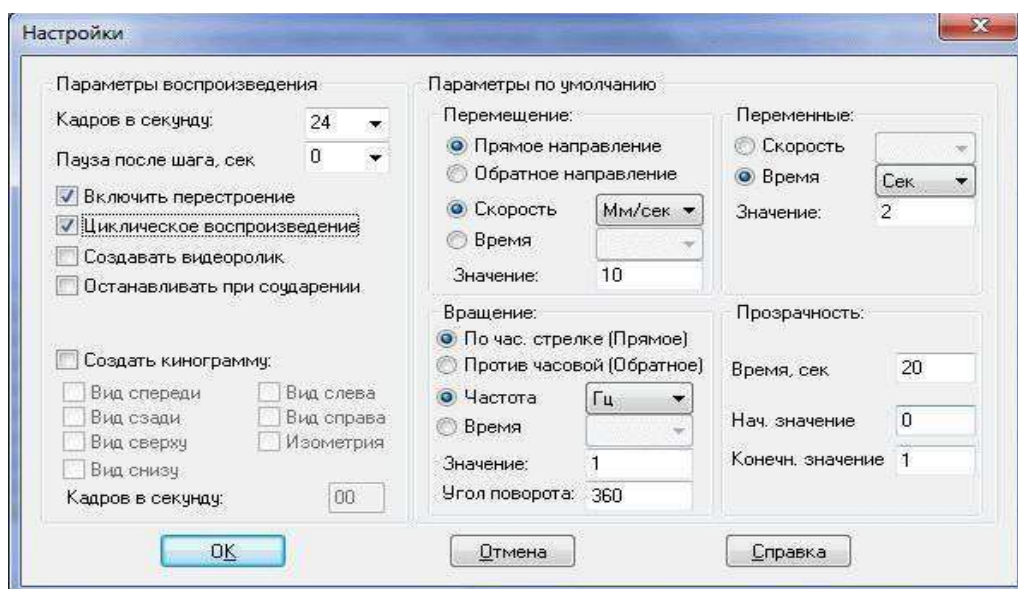
Библиотека устанавливается из дистрибутива КОМПАС-3D и представляет собой стандартное приложение системы КОМПАС-3D (прикладную библиотеку). Чтобы ее подключить, необходимо воспользоваться *Менеджером библиотек* КОМПАС-3D (см. Руководство пользователя). В окне Менеджера библиотек выберите раздел и подключите файл прикладной библиотеки **Animat.rtw**. Он по умолчанию находится в папке *C:\ProgramFiles\Ascon\KOMPAS- 3D\Libs\Animation3D*. Начало работы.

Запуск и настройки.

Для работы с *Библиотекой* необходимо открыть документ КОМПАС-3D – трехмерную модель сборки (*.a3d). *Библиотека* не работает с другими документами системы. После открытия документа нужно запустить Библиотеку:



Сначала необходимо произвести некоторые настройки системы, выполнив команды меню *Анимация - Настройки*:



Настройки параметров воспроизведения

- **Кадры в секунду.**

Настройка частоты воспроизведения (кадров/сек) при имитации движения механизма. По умолчанию установлена частота воспроизведения **24 к/с**. Можно установить величину из предопределенного списка (1,5;10;15;24;30;60;90;120;180).

- **Пауза после шага.**

Пауза между последовательными движениями (шагами) различных частей изделия. По умолчанию установлена длительность паузы **0 сек**.

- **Включить перестроение.**

Если в сборке имеются компоненты, которые требуют выполнения команды Перестроить (например, элементы, построенные в контексте сборки – пружины и т.п.), то необходимо включить данную опцию.

- **Циклическое воспроизведение.**

Включение непрерывного воспроизведения анимации, при котором цикл будет повторяться автоматически, пока его принудительно не остановит пользователь.

- **Создать видеоролик.**

Подключение программы записи анимации в виде AVI-файлов. Выбор конкретного кодека и его настройка производятся в момент начала воспроизведения анимации на экране. Эта опция автоматически отключается после записи видеоролика. При повторном запуске воспроизведения видеоролик не записывается.

- **Останавливать при соударении.**

При включенной опции воспроизведение будет остановлено, если при движении механизма произошло столкновение деталей (п. 3.2.6). Для более точного позиционирования механизма в момент соударения рекомендуется увеличивать

частоту кадров и/или увеличивать время движения того компонента, который необходимо остановить при соударении.

- **Создать кинограмму.**

При включении опции в папке с трехмерной сборкой будет создана новая папка «Кинограмма». В нее будут помещены отдельные «кадры» анимации, выполненные как фрагменты КОМПАС. Отдельные настройки позволяют выбрать вид (Спереди, слева и т.п.), а также установить частоту получения кадров. Рекомендуется устанавливать невысокую частоту получения кадров, т.к. при этом существенно растут ресурсы компьютера, затрачиваемые на данную операцию. Настройки числовых параметров.

В текущей версии *Библиотеки* реализована возможность задавать 2 вида движения компонентов с параметрами, изменять внешние переменные сборки или входящих в нее деталей, изменять прозрачность компонентов:

- Задание **перемещения** - последовательных пространственных положений – компонентов при помощи траекторий - ломаных. При этом начало координат компонента перемещается из точки в точку поступательно. Параметры перемещения – *направление* (прямое или обратное), *скорость* (м/с, мм/с, км/ч, узлы) или *время* перемещения вдоль траектории (сек, мин, час).

- Задание **вращения** компонента вокруг осей. Параметры вращения – *направление* (по или против часовой стрелке), *частота вращения* (Гц, об/мин) или *время вращения* (сек, мин, час);

- Задание изменения внешних **переменных** 3D-сборки. Параметры изменения переменных – *скорость* или *время*;

- Задание изменения **прозрачности** компонента. Параметры изменения – *время, начальное и конечное значение прозрачности*.

Все эти изменения можно задавать как последовательно (на разных шагах анимации), так параллельно друг с другом (на одном шаге).

Параметры **перемещения** и **вращения** можно задавать как числовыми значениями, так и функциями времени $F(t)$. Загрузка анимации.

Чтобы загрузить ранее сохраненный сценарий анимации, необходимо:

- открыть в КОМПАС-3D модель сборки, для которой создавался сценарий анимации;
- запустить команду *Библиотека анимации*;
- в окне библиотеки выполнить команды *Анимация - Загрузить*;
- в окне выбора файлов найти соответствующий XML-документ анимации и нажать кнопку *Открыть*.

Сохранение анимации.

Сценарий анимации сохраняется в виде XML-документа (файл с расширением *.xml). Чтобы сохранить сценарий анимации, необходимо:

- создать сценарий анимации (см. далее);
- в окне библиотеки выполнить команды меню *Анимация - Сохранить*;
- выбрать папку на диске для сохранения сценария анимации, в поле «Имя файла» ввести имя XML-кадра анимации и затем нажать кнопку *Сохранить*;
- текущий сценарий анимации можно сохранять в процессе работы с библиотекой по команде *Анимация - Сохранить*;
- можно сохранить сценарий под другим именем, выбрав команду *Анимация - Сохранить как*.

Управление состоянием сборки

При работе библиотеки компоненты сборки физически перемещаются в пространстве, также может меняться состояние сопряжений. Для отключения сопряжений, наложенных на компоненты, мешающие перемещению компонентов на шаге, необходимо выполнить команду КОМПАС-3D *Исключить из расчета* перед созданием очередного шага. Чтобы облегчить возможность возврата сборки в определенные положения, можно запоминать в сценарии отдельные состояния на определенном шаге. Рекомендуется делать это в начале шага, когда компоненты установлены в некоторое «исходное положение». Чтобы запомнить состояние начала шага, установите курсор на нужном шаге и затем выполните команды меню *Шаг - Запомнить начальное состояние*. Для возврата в начальное состояние после выполнения сценария анимации, можно последовательно

«снизу» - «вверх» устанавливать курсор на шаге и выполнять команды меню *Шаг - Установить в начальное состояние*.

Чтобы вернуть сборку в состояние, в котором она находилась в момент запуска библиотеки, можно выполнить команды меню *Анимация – Возврат в исходное состояние*.

Шаг анимации.

Последовательность всех отдельных перемещений механизма (анимацию) можно разбить на несколько *шагов*. На каждом шаге можно комбинировать те или иные принципы движения звеньев. При запуске библиотеки в окне анимации всегда присутствует «Шаг №1».

Добавление и удаление шагов.

Для создания очередного шага анимации необходимо выполнить команды меню *Шаг - Добавить шаг* или использовать соответствующую команду в контекстном меню. В дереве сценария анимации появится новый шаг.

Если необходимо удалить шаг, необходимо выделить его мышью в дереве сценария и выполнить команды меню *Шаг - Удалить шаг*, или использовать соответствующую команду в контекстном меню.

Примечание: *Шаг №1* всегда присутствует в текущей анимации, удалять его нельзя. Удалять другие шаги можно только с конца последовательно «снизу-вверх».

Состояние сборки на шаге.

Для управления состояниями сборки используются команды меню *Шаг - Запомнить начальное состояние* и *Шаг - Установить в начальное состояние* (или соответствующие команды в контекстном меню).

Копирование шагов.

Копирование шага позволяет создать в сценарии анимации новый шаг, который полностью наследует все компоненты и движения, содержащиеся в копируемом шаге. Чтобы скопировать шаг, выделите его в дереве анимации и выполните команды меню *Шаг - Копировать шаг* (или используйте соответствующую команду в контекстном меню).

Этот механизм можно использовать при создании шагов «возвратного» движения компонентов, если «прямое» движение создано на определенном шаге. Для создания

«обратного» движения необходимо в скопированном шаге изменить направление движения на противоположное (перемещения в «прямом» или «обратном» направлении, вращение «по» или «против» часовой стрелки).

Примечание:

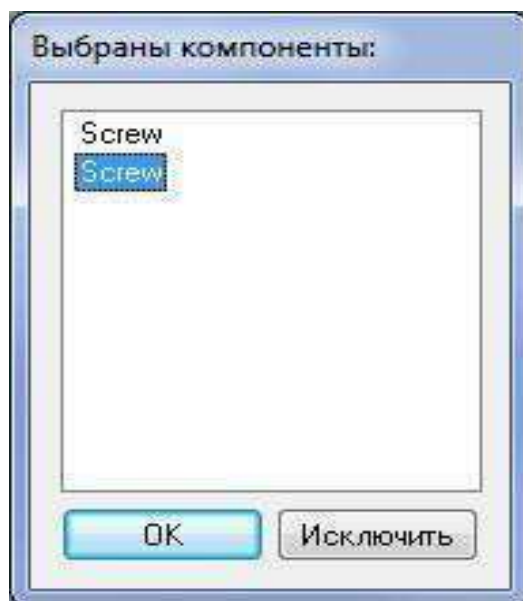
Скопированный шаг всегда добавляется после последнего имеющегося в дереве шага.

Комментарии к шагу.

Для контроля над созданием и дальнейшим использованием сценария анимации можно каждый шаг снабдить текстовым комментарием. Для этого выделите шаг в дереве анимации и выполните команды меню *Шаг - Комментарий* или используйте соответствующую команду в контекстном меню. Выбор компонентов.

На каждом шаге анимации необходимо выбрать те компоненты сборки, которые должны двигаться или изменяться на данном шаге. В текущих версиях *Библиотеки* и КОМПАС-3D можно выбрать деталь основной сборки или подсборку, входящие в основную сборку. Выбор компонентов, входящих в состав подсборок, невозможен.

Чтобы выбрать компонент, выполните команды меню *Компоненты - Выбрать компоненты* или используйте соответствующую команду в контекстном меню. Выбор компонентов из Древа сборки или непосредственно в пространстве модели производится при выполнении опции «В дереве сборки». Если нужно выбрать компонент, уже присутствующий в сценарии анимации, необходимо выбрать опцию «В дереве анимации». Выбор компонента осуществляется щелчком мыши. Выбранный компонент отображается в окнах выбора.



Если необходимо выбрать все компоненты сборки для движения на данном шаге, можно выполнить команды меню *Компоненты - Добавить все компоненты* или использовать соответствующую команду в контекстном меню.

Если компоненты на шаге выбраны неправильно, можно исключить их из движения на данном шаге, выполнив команды меню *Компоненты - Исключить компонент* (также доступна в контекстном меню) или *Компоненты - Исключить все компоненты*. Исключить компоненты можно и в окне выбора компонентов (рис.3).

Если на данном шаге необходимо изменять несколько компонентов по одному и тому же закону, то сначала такой закон задается для одного выбранного компонента, а потом распространяется на другие

Примечание: не допускается удалять компонент из сценария анимации нажатием кнопки *DELETE* на клавиатуре, это может привести к удалению соответствующей детали из 3D-сборки. Виды «движений» компонентов

Библиотека имеет возможность задавать 2 основных вида движения компонентов
- вращение компонента вокруг осей и перемещение компонента вдоль траекторий – 3D-ломанных и сплайнов.

Перемещение компонентов

Перемещение компонентов – изменение положения деталей в пространстве сборки при их прямолинейном или криволинейном движении. *Траектория* перемещения представляет собой пространственную кривую, которую можно задать несколькими способами:

- траекторию (ломаную или сплайн) можно построить заранее стандартными средствами КОМПАС-3D, в дереве сборки она отображается как «Ломаная

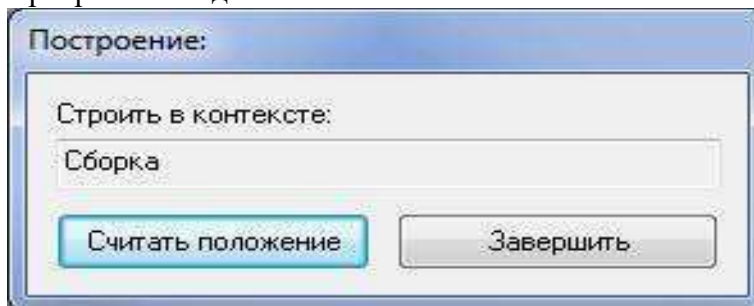
№». Чтобы задать ее как траекторию движения компонента, выберите его в дереве анимации, а затем выполните команды меню *Перемещение - Выбрать траекторию -В дереве сборки* (или в *Дереве анимации*, если эта траектория использовалась ранее) или используйте соответствующую команду в контекстном меню. Выбранная траектория отображается в специальном окне, завершение выбора необходимо подтвердить командой *Создать объект* на Панели свойств;

- траекторию (ломаную) можно построить и в процессе создания сценария

анимации. Для этого необходимо выполнить команды меню *Перемещение - Построить траекторию* или использовать соответствующую команду в контекстном меню. Установите выбранный компонент в начальную позицию с помощью стандартных команд КОМПАС-3D *Переместить компонент* и *повернуть компонент*, затем нажмите кнопку *Считать положение* в окне

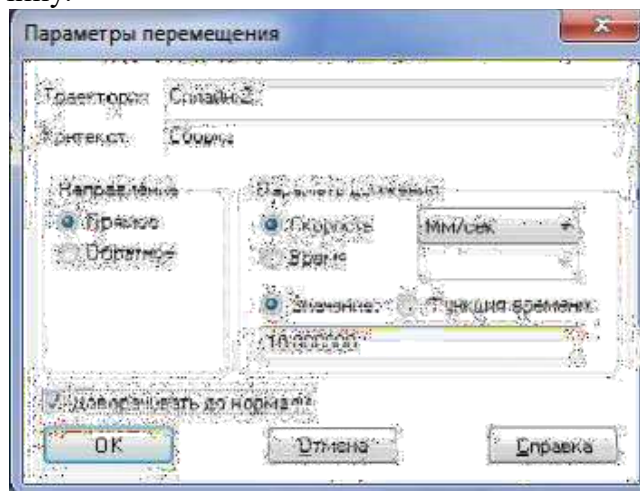
Построение (рис.4), затем, перемещая компонент вышеуказанными командами, «считывайте» промежуточные положения. Для окончания построения траектории нажмите кнопку *Завершить*;

- указать «мышью» ребро любой детали.

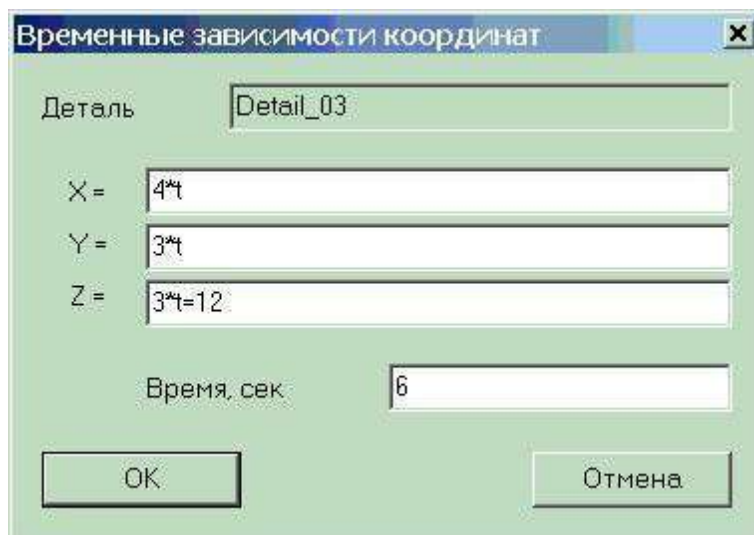


Примечание: *Перемещение компонента происходит вдоль выбранной траектории. Изменение направления происходит в точках, по которым строились ломаные или траектории.*

В окне параметров перемещения (рис.5) необходимо ввести направление перемещения (прямое или обратное), выбрать скорость или время перемещения и ввести соответствующие единицы измерения и величину.



Если траектория перемещения не определена, но известны законы перемещения центра тяжести компонента вдоль осей координат в зависимости от времени, можно задать эти зависимости как формулы. Выберите на шаге компонент, выделите его в дереве анимации и выполните команды меню *Параметры – Перемещение – Формула*:



В окне необходимо ввести формулы временных зависимостей координат и время перемещения. Их синтаксис соответствует синтаксису ввода функций в Библиотеке построения графиков FTDraw. Время вводится строчной буквой «t».

На текущем шаге может перемещаться не один компонент, а несколько. Чтобы включить другие компоненты в список перемещаемых на данном шаге, необходимо после задания всех параметров перемещения для одного компонента распространить их на другие. Для этого необходимо выделить в дереве анимации соответствующую траекторию или ломаную и выполнить команды меню

Перемещение - Распространить на компоненты или использовать соответствующую команду в контекстном меню. В дереве сборки или на модели надо выбрать нужные компоненты, которые отображаются в окне выбора компонентов (рис.3), где же присутствует первый, выбранный на текущем шаге, компонент.

Любое перемещение можно удалить из сценария анимации, выбрав команды меню *Перемещение*

- *Удалить* или используя соответствующую команду в контекстном меню. Выбранный компонент при этом не удаляется из сценария.

Не допускается удалять перемещение или траекторию из сценария анимации нажатием кнопки DELETE на клавиатуре, это может привести к удалению соответствующей детали из 3D-сборки.

Вращение компонентов

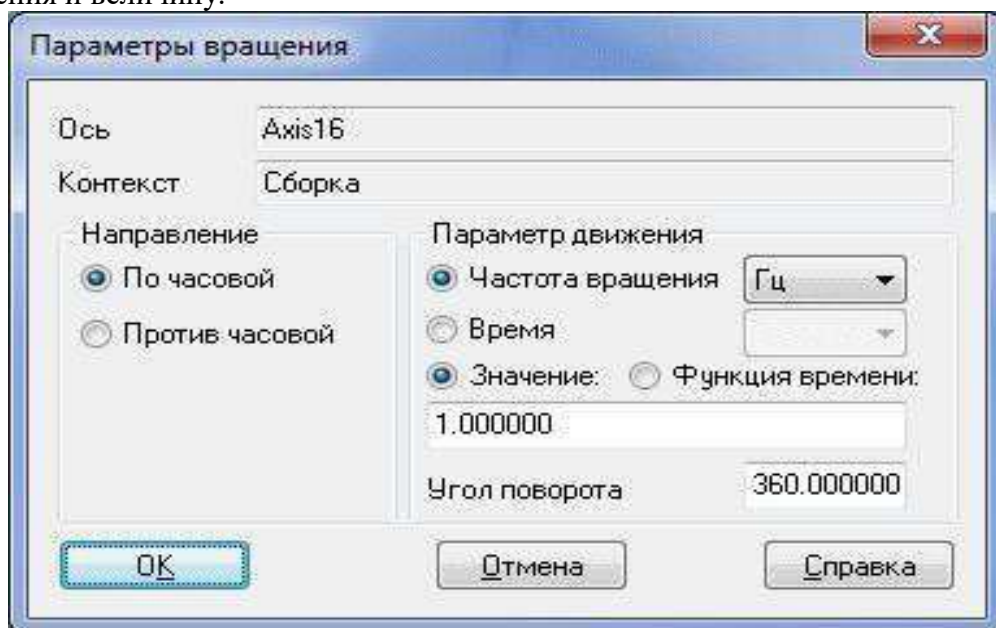
Вращение компонентов осуществляется их поворотом на заданный угол с заданной скоростью или за заданное время вокруг осей. Ось строится в модели сборки или в деталях стандартными средствами КОМПАС-3D (панель команд

«Вспомогательная геометрия»). В качестве оси можно указать оси систем координат, прямолинейные ребра деталей или коническую поверхность.

Чтобы создать вращение компонента на текущем шаге, необходимо выделить его в дереве анимации и выполнить команды меню *Вращение - Выбрать ось вращения - В дереве сборки* (или в *Дереве анимации*, если эта ось использовалась ранее) или использовать соответствующую команду в контекстном меню.

Примечание: при создании или при выборе осей необходимо учитывать следующее – если компонент вращается вокруг оси, которая будет перемещаться в пространстве, то возможна некорректная работа библиотеки анимации. Это не относится к тому случаю, когда компонент вращается вокруг осей, созданных в нем самом.

В окне параметров (рис.6) необходимо ввести направление вращения (по часовой стрелке или против часовой), выбрать скорость или время перемещения и ввести соответствующие единицы измерения и величину.



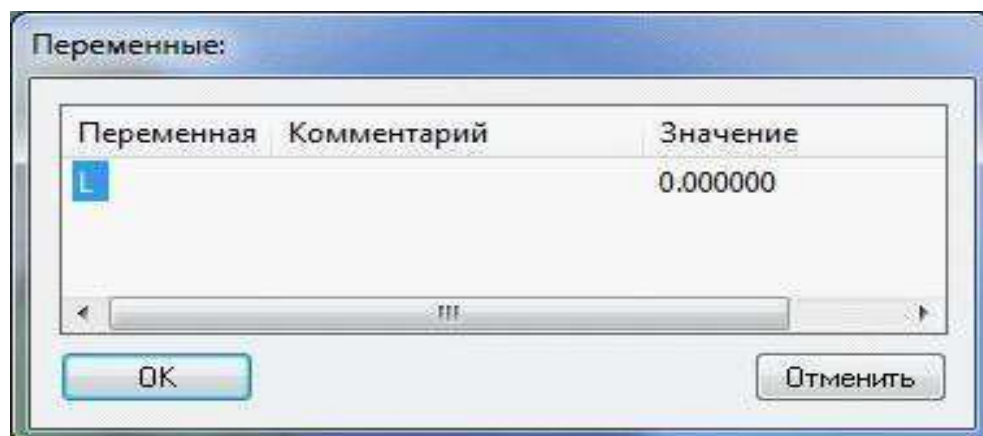
На текущем шаге вокруг выбранной оси может вращаться не один компонент, а несколько. Чтобы включить другие компоненты в список вращаемых на данном шаге, необходимо после задания всех параметров вращения для одного компонента распространить их на другие. Для этого необходимо выделить в дереве анимации соответствующую ось и выполнить команды меню *Вращение - Распространить на компоненты* или использовать соответствующую команду в контекстном меню. В дереве сборки или на модели надо выбрать нужные компоненты, которые отображаются в окне выбора компонентов, где уже присутствует первый, выбранный на текущем шаге, компонент.

Любое вращение можно удалить из сценария анимации, выбрав команды меню *Вращение - Удалить* или используя соответствующую команду в контекстном меню. Выбранный компонент при этом не удаляется из сценария.

Не допускается удалять вращение или ось из сценария анимации нажатием кнопки DELETE на клавиатуре, это может привести к удалению соответствующей детали из 3D-сборки.

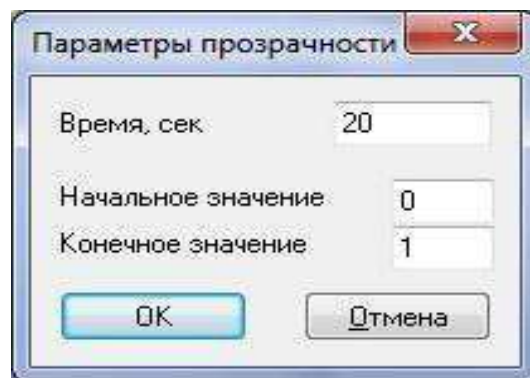
Работа с переменными.

Библиотека позволяет управлять **внешними** переменными сборки или входящих в нее деталей. Переменные должны быть вынесены из деталей на уровень сборки и назначены внешними. Чтобы начать работу с переменными, необходимо установить выбрать команды меню *Параметры – Переменные – Выбрать переменную*. Появляется окно выбора внешних переменных.



В окне выбирается переменная и устанавливается одно из ее «крайних» значений. После нажатия кнопки *ОК* библиотека возвращается в главное окно, в котором можно назначить пределы изменения выбранной переменной и время этого изменения. Работа с прозрачностью.

Библиотека позволяет управлять прозрачностью компонентов. Для назначения параметров прозрачности, необходимо на шаге выбрать компонент в дереве сборки и выполнить команду меню *Параметры – Прозрачность – Редактировать параметры*. Появляется окно выбора параметров прозрачности.



В этом окне вводится время изменения прозрачности компонента и числовые значения, определяющие степень прозрачности. 0 – компонент полностью непрозрачен, 1 – компонент прозрачен (невидим на экране).

Построение траектории точки

Библиотека позволяет создать в пространстве кривую, соответствующую перемещению определенной точки.

Для выбора точки нужно выполнить команду меню библиотеки *Траектория точки*

– *Вершина* и указать в модели точку. Это может быть вершина, вспомогательная, присоединительная, контрольная точки или точка в эскизе. После указания точки в модели строится специальная точка *Point*, а в сценарии анимации на текущем шаге появляется объект *Траектория точки* и имя этой точки.

После запуска воспроизведения в пространстве модели появляется соответствующая кривая.

Для удаления токи из сценария выполняется команда меню *Траектория точки – Исключить точку*.

Соударения компонентов

Библиотека позволяет «отслеживать» коллизии, т.е. определять соударения компонентов в процессе движения. Этот механизм будет полезен при кинематическом анализе сборки.

Чтобы включить опцию проверки соударений, необходимо выполнить команды меню *Соударения - Выбрать компоненты* и в дереве сборки или в пространстве модели указать те компоненты, для которых может понадобиться соответствующая проверка.

Чтобы удалить неверно указанные компоненты, необходимо выполнить команды меню *Соударения - Исключить компоненты*. В настройках системы можно определить, останавливать ли анимацию при выявлении соударений.

Воспроизведение

После создания сценария (дерева) анимации, можно воспроизвести движение механизма. Для этого надо выполнить команду меню «*Воспроизведение*». В этой команде имеются опции:

- «*на текущем шаге*» - будет воспроизведено движение тех компонентов, которые выбраны на текущем шаге (выделенном в дереве анимации);
- «*полное*» - будет воспроизведена вся анимация.

После выполнения этих команд на экране появляется управляющая панель с кнопками

«Пуск» («>»), «Стоп», «Пауза» («||») и «Создавать видеоролик» («●»).



Если в настройках системы установлена опция. **Создать видеоролик**, или перед нажатием кнопки **Пуск** нажать кнопку **Создать видеоролик**, то при запуске воспроизведения начнется параллельная запись ролика в формате AVI. По окончании воспроизведения система предлагает выбрать место на диске для сохранения видеофайла и его имени. Просмотр видеороликов осуществляется в стандартных медиаплеерах. После окончания воспроизведения необходимо выключить управляющую панель. При этом снова откроется окно *Библиотеки*.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 2.1 Основные технологии 3-D печати

Практическое занятие №11

Подготовка к печати и печать 3D-модели с использованием разных программ.

Цель: выполнять детали по сборочным чертежам в программе Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий

Задание:

1 Выполнить 3D модель.

Порядок выполнения работы:

Ход работы:

Теоретические сведения.

В настоящее время на рынке существуют различные аддитивные системы, производящие модели по различным технологиям и из различных материалов. Однако, все они работают по

схожему, послойному принципу построения физической модели, который заключается в следующем:

- считывание трёхмерной 3D геометрии из CAD-систем
- разбиение трёхмерной модели на горизонтальные сечения (слои) с помощью специальной программы, поставляемой с оборудованием или используемой как приложение
- построение сечений детали слой за слоем снизу-вверх, до тех пор, пока не будет получен физический прототип модели. Слои располагаются снизу-вверх, один над другим, физически. Построение прототипа продолжается до тех пор, пока поступают данные о сечениях CAD-модели.

Всего различают несколько основных технологий 3D печати: Метод постепенного наслоения пластика; Стереолитографическое моделирование.

Метод послойного наплавления термопласта Большинство 3D принтеров работает с термопластиком, в том числе с полилактидом. Он отличается природным происхождением и неспособностью выделять вредные вещества. Работа заключается в подаче тонкой нити вязкого пластика в трубу сопла. Она и формирует необходимый элемент. Схема работы 3D принтера показана на рис.1

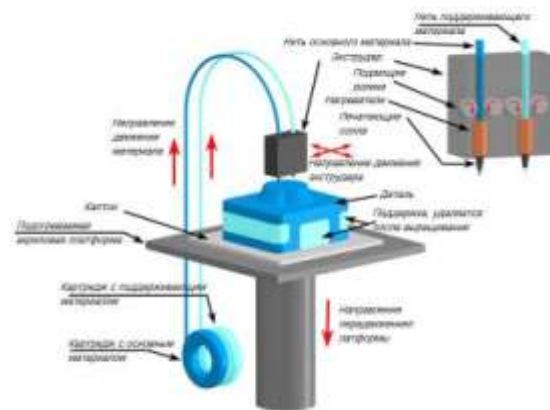


Схема работы 3D принтера

Стереолитографическая печать Главным преимуществом таких принтеров считается высокое качество изготовленных конструкций. К тому же эти установки гораздо дешевле. Они не нуждаются в зеркалах, что делает устройство гораздо проще.

Во время печати принтер считывает 3D-печатный файл (в формате STL), содержащий данные трехмерной модели, и наносит последовательные слои жидкого, порошкообразного, бумажного или листового материала, выстраивая трехмерную модель из серии поперечных сечений. Эти слои, соответствующие виртуальным поперечным сечениям в CAD-модели, соединяются или сплавляются вместе для создания объекта заданной формы. Основным преимуществом данного метода является возможность создания геометрических форм практически неограниченной сложности.

«Разрешение» принтера подразумевает толщину наносимых слоев (ось Z) и точность позиционирования печатной головки в горизонтальной плоскости (по осям X и Y). Разрешение измеряется в DPI (количество точек на дюйм) или микрометрах (устаревшим термином является «микрон»). Типичная толщина слоя составляет 100мкм (250 DPI), хотя некоторые устройства вроде Objet Connex и 3D Systems ProJet способны печатать слоями толщиной от 16мкм (1 600 DPI). Разрешение по осям X и Y схоже с показателями обычных двухмерных лазерных принтеров. Типичный размер частиц составляет около 50-100мкм (от 510 до 250 DPI) в диаметре.

Прототипирование деталей машин с использованием современных технологий занимает времени от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от используемого метода, а также размера и сложности модели.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 2.1 Основные технологии 3-D печати

Практическое занятие №12

Печать простейших геометрических фигур. Определение проблем при печати различных фигур.

Цель: изучить основные методы прототипирования деталей машин.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий, 3D принтеры с подставкой; 3D сканер

Задание:

1 Описать технологии, применяемые для создания деталей различных конструкций.

Порядок выполнения работы:

Теоретические сведения.

В настоящее время на рынке существуют различные аддитивные системы, производящие модели по различным технологиям и из различных материалов. Однако, все они работают по схожему, послойному принципу построения физической модели, который заключается в следующем:

- считывание трёхмерной 3D геометрии из CAD-систем
- разбиение трёхмерной модели на горизонтальные сечения (слои) с помощью специальной программы, поставляемой с оборудованием или используемой как приложение
- построение сечений детали слой за слоем снизу-вверх, до тех пор, пока не будет получен физический прототип модели. Слои располагаются снизу-вверх, один над другим, физически. Построение прототипа продолжается до тех пор, пока поступают данные о сечениях CAD-модели.

Всего различают несколько основных технологий 3Д печати: Метод постепенного наслоения пластика; Стереолитографическое моделирование.

Метод послойного наплавления термопласта. Большинство 3Д принтеров работает с термопластиком, в том числе с полилактидом. Он отличается природным происхождением и неспособностью выделять вредные вещества. Работа заключается в подаче тонкой нити вязкого пластика в трубу сопла. Она и формирует необходимый элемент. Схема работы 3D принтера показана на рис. 1

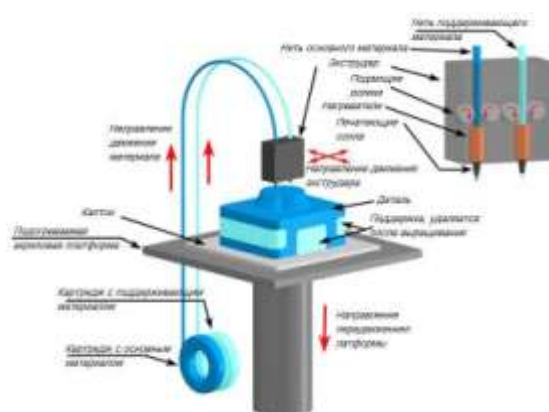


Схема работы 3D принтера

Стереолитографическая печать Главным преимуществом таких принтеров считается высокое качество изготовленных конструкций. К тому же эти установки гораздо дешевле. Они не нуждаются в зеркалах, что делает устройство гораздо проще.

Во время печати принтер считывает 3D-печатный файл (в формате STL), содержащий данные трехмерной модели, и наносит последовательные слои жидкого, порошкообразного, бумажного или листового материала, выстраивая трехмерную модель из серии поперечных сечений. Эти слои, соответствующие виртуальным поперечным сечениям в CAD-модели, соединяются или сплавляются вместе для создания объекта заданной формы. Основным преимуществом данного метода является возможность создания геометрических форм практически неограниченной сложности.

«Разрешение» принтера подразумевает толщину наносимых слоев (ось Z) и точность позиционирования печатной головки в горизонтальной плоскости (по осям X и Y). Разрешение измеряется в DPI (количество точек на дюйм) или микрометрах (устаревшим термином является «микрон»). Типичная толщина слоя составляет 100мкм (250 DPI), хотя некоторые устройства вроде Objet Connex и 3D Systems ProJet способны печатать слоями толщиной от 16мкм (1 600 DPI). Разрешение по осям X и Y схоже с показателями обычных двухмерных лазерных принтеров. Типичный размер частиц составляет около 50-100мкм (от 510 до 250 DPI) в диаметре.

Прототипирование деталей машин с использованием современных технологий занимает времени от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от используемого метода, а также размера и сложности модели.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 2.1 Основные технологии 3-D печати

Практическое занятие №13

Создание простой детали по заданию и распечатка на 3D-принтере.

Цель: приобретение практических навыков моделирования деталей в CAD системе.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий, 3D принтеры с подставкой; 3D сканер

Задание:

1 Создать модели машиностроительных изделий.

Порядок выполнения работы:

Теоретические сведения.

Для технологической подготовки производства в виртуальной среде прежде всего необходима 3D модель детали. 3D модель детали создается методом ручного компьютерного графического дизайна в САД системе Компас 3D выбрав при этом наиболее рациональную последовательность операций для моделирования твердотельной модели.

Проектирование модели детали начинают с создания базового тела путем выполнения операции над эскизом (или несколькими эскизами), под которым понимают плоскую фигуру, на основе которой образуется пространственное тело. Под операцией имеют в виду формообразующее перемещение эскиза.

При построении твердотельной модели в компьютерной среде, модели строятся не идеальной линией, а множеством отрезков. Такой подход облегчает работу ядра программы. Для создания детали на 3D принтере необходимо минимизировать длину прямых отрезков на криволинейной поверхности, чтобы деталь получилась наиболее точной. Примером этого может служить настройка качества отображения в программе.

Для достижения лучшего качества изготавливаемой детали при программировании управляющей программы для 3D принтера необходимо выбрать максимальное разрешение точек детали.

При проектировании элементов механических передач входящих в состав различных механизмов широко используются прикладные библиотеки Компас 3D, которые существенно облегчают работу проектировщика и позволяют в автоматизированном режиме проектировать типовые детали машин различной конструкции. Так для создания зубчатых колес, крышек, фланцев, звездочек, шкивов и т. д. используют библиотеки «Валы и механические передачи 2D» и «Валы и механические передачи 3D». При этом в автоматизированном режиме производятся все необходимые инженерные расчеты проектируемой детали на прочность и жесткость.

Базовой информацией для технологической подготовки является рабочий чертеж детали с техническими требованиями на изготовление и условиями ее работы. Рабочие чертежи оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД.

Рабочий чертеж детали — графический документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Рабочие чертежи деталей выполняют в определенном масштабе с помощью чертежных инструментов или разнообразных технических средств, включая средства автоматизированного проектирования на базе ЭВМ. Чертежи являются средством выражения замыслов конструктора и основными производственными документами, по которым изготавливают детали машин.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1. Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1. Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;
Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:
1. Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 2.1 Основные технологии 3-D печати

Практическое занятие №14 Создание моделей сборочных единиц

Цель: выполнять 3D модели к сборочным чертежам Компас-график.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий, , 3D принтеры с подставкой; 3D сканер

Задание:

1 Создать 3 D модели к сборочным чертежам

Порядок выполнения работы:

Теоретические сведения.

Для технологической подготовки производства в виртуальное среде прежде всего необходима 3D модель детали. 3D модель детали создается методом ручного компьютерного графического дизайна в САД системе Компас 3D выбрав при этом наиболее рациональную последовательность операций для моделирования твердотельной модели.

Проектирование модели детали начинают с создания базового тела путем выполнения операции над эскизом (или несколькими эскизами), под которым понимают плоскую фигуру, на основе которой образуется пространственное тело. Под операцией имеют в виду формообразующее перемещение эскиза.

При построении твердотельной модели в компьютерной среде, модели строятся не идеальной линией, а множеством отрезков. Такой подход облегчает работу ядра программы. Для создания детали на 3Д принтере необходимо минимизировать длину прямых отрезков на криволинейной поверхности, чтобы деталь получилась наиболее точной. Примером этого может служить настройка качества отображения в программе.

Для достижения лучшего качества изготавливаемой детали при программировании управляющей программы для 3Д принтера необходимо выбрать максимальное разрешение точек детали.

При проектировании элементов механических передач входящих в состав различных механизмов широко используются прикладные библиотеки Компас 3D, которые существенно облегчают работу проектировщика и позволяют автоматизированном режиме проектировать типовые детали машин различной конструкции. Так для создания зубчатых колес, крышек, фланцев, звездочек, шкивов и т. д. используют библиотеки «Валы и механические передачи 2D» и «Валы и механические передачи 3D». При этом в автоматизированном режиме производятся все необходимые инженерные расчеты проектируемой детали на прочность и жесткость.

Базовой информацией для технологической подготовки является рабочийчертеж детали с техническими требованиями на изготовление и условиями ее работы. Рабочие чертежи оформляются в соответствии с требованиями ЕСКД.

Рабочий чертеж детали — графический документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Рабочие чертежи деталей выполняют в определенном масштабе с помощью чертежных инструментов или разнообразных технических средств, включая средства автоматизированного проектирования на базе ЭВМ. Чертежи являются средством выражения замыслов конструктора и основными производственными документами, по которым изготавливают детали машин.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.

Тема 2.1 Основные технологии 3-D печати

Практическое занятие №15

Разработка итогового проекта. «Печать 3D детали сложной формы».

Цель: приобретение практических навыков моделирования процесса изготовления детали на 3D принтере. изучить интерфейс программы для подготовки детали к печати.

Выполнив работу, вы будете уметь:

Уд 1 читать и понимать чертежи гидравлических и пневматических систем;

Уд 2 составлять техническую документацию

Уд 3 проверять правильность оформления и соответствия документации

Материальное обеспечение:

персональный компьютер, КОМПАС-3D, методические указания по выполнению практических занятий, 3D принтеры с подставкой; 3D сканер

Задание:

1. Подготовка виртуальной модели к печати.
2. Создание управляющей программы для моделирования технологического процесса.
3. Генерирование управляющей программы в G-кодах, для изготовления детали.
4. Изучить порядок подготовки модели к печати в программе CreationWorkshop.

Порядок выполнения работы:

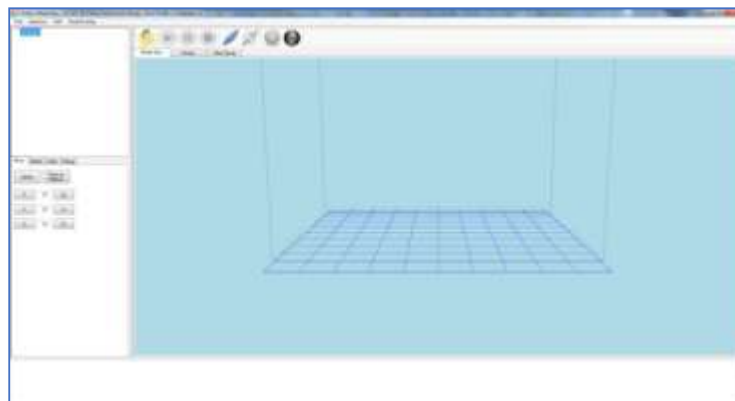
Теоретические сведения.

Creation Workshop – это инструментарий для управления любым 3d- принтером, понимающим GCode.

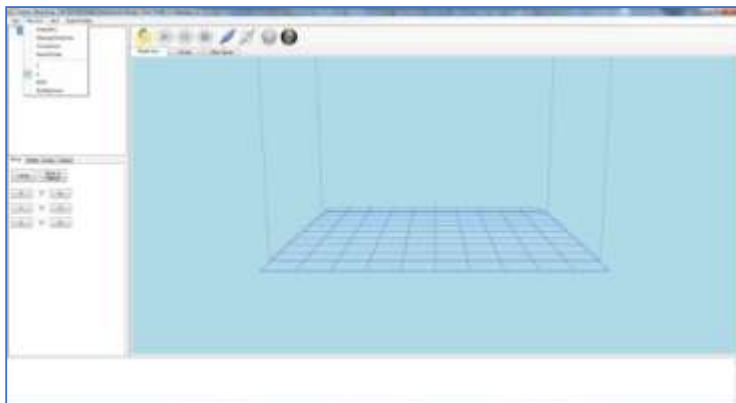
- Слайсинг моделей на кадры для DLP-принтеров поддерживается из коробки
- Ввод и загрузка GCode для исполнения
- Контроль FDM-принтеров – слайсинг через Slic3r
- Управление ЧПУ – с использованием внешнего постпроцессора
- Поддержка гальванических SLA-принтеров на LaserShark
- Генератор поддержек
- Загрузка/Сохранение сцен, поддержек и результатов слайсинга

Ход работы:

Запустите на вашем компьютере программу Creation Workshop .



Рабочее окно программы «Creation Workshop» Выберите пункт меню Machine



Выбор пункта меню Machine

Создайте уникальное имя вашего принтера. Manage
Machines ☐ Create New.

В меню Machine выберите ваш принтер.

Выберите пункт Properties. Откроется окно настройки Machine Configuration



Окно настройки Machine Configuration

В поле Build Platform Area выставить: X – 192; Y – 108; Z – 300

В поле Projector Resolution выставить: Width – 1920; Height – 1080 (или другие значения, соответствующие указанным в настройке проектора в операционной системе).

В поле Select Print Display Device выбрать: \\.\DISPLAY2. В поле Driver выбрать: eGENERIC.

Нажмите OK.

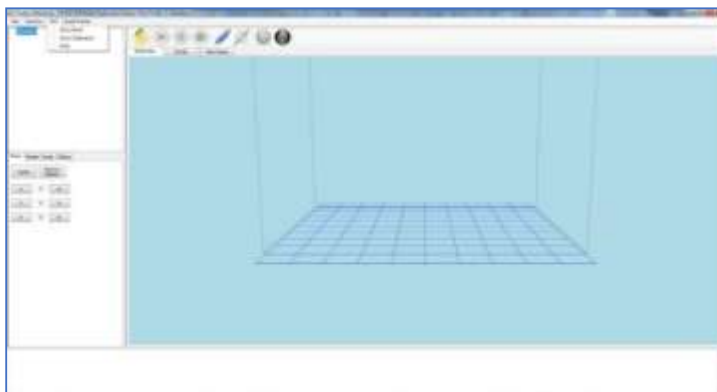
Выберите пункт Connection



Окно настройки Connection Setup

В выпадающем подменю Port выберите COM-порт вашего Arduino. В выпадающем подменю Speed выберите 115200.

В поле # Data Bits поставьте 8. Выберите пункт меню DLP



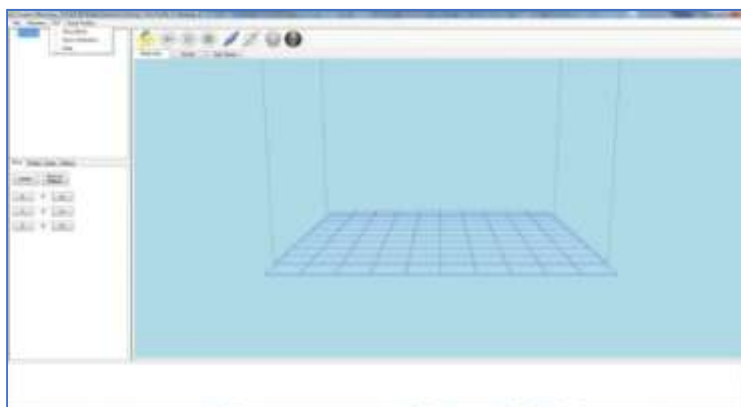
Выбор пункта меню DLP

Выберите пункт Show Calibration. На прозрачное дно кюветы будет спроецирована калибровочная сетка. Настройте фокус объектива проектора так, чтобы линии калибровочной сетки были как можно более тонкими и четкими.

НАСТРОЙКА ТОЧНОЙ ГЕОМЕТРИИ ПЕЧАТИ

Для настройки точной геометрии печати требуется произвести следующие действия (рис7):

1. Очистите кювету от полимера.
2. Включите проектор.
3. Запустите программу Creation Workshop.
4. Выберите пункт меню DLP.

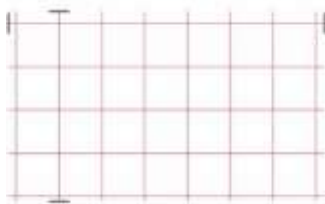


Выбор пункта меню DLP

Выберите пункт Show Calibration. На прозрачное дно кюветы будет спроецирована калибровочная сетка. Настройте фокус объектива проектора так, чтобы линии калибровочной сетки были как можно более тонкими и четкими.

На дно кюветы поместите листок тонкой бумаги.

На листке отметьте хорошо отточенным карандашом крайние точки отображаемой калибровочной сетки



Калибровочная сетка.

Измерьте расстояния между отметками.

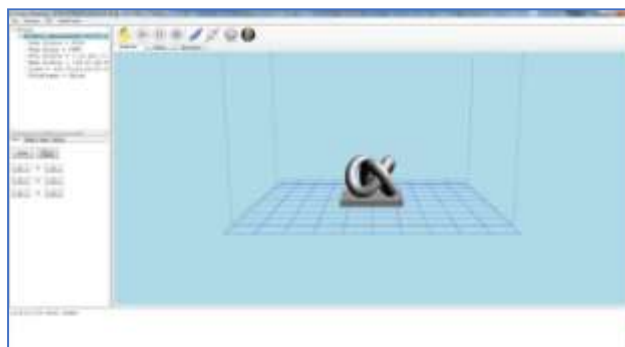
Выберите пункт Properties. Откроется окно настройки Machine Configuration(рис.9).



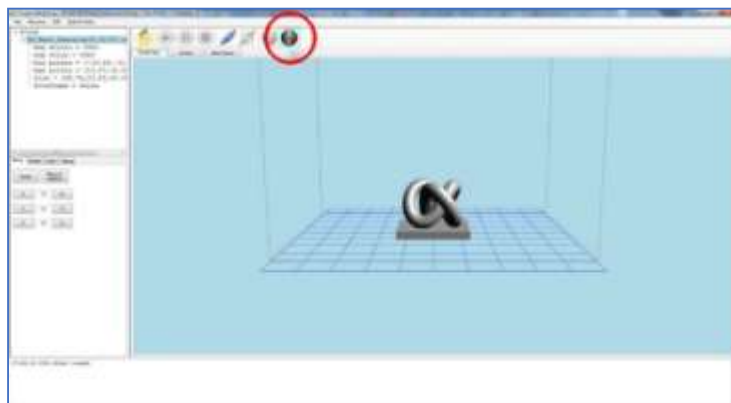
Окно настройки Machine Configuration

В поле Build Platform Area впишите измеренные значения в миллиметрах. Выберите пункт Load Model.

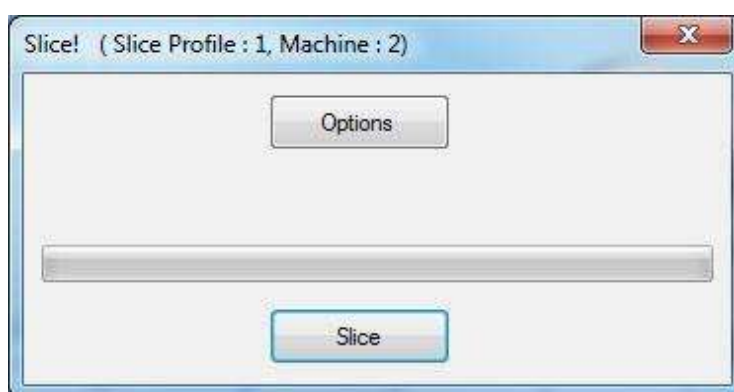
Загрузите выбранный файл



Загруженная в программу 3D модель. Нажмите кнопку Slice на панели программы

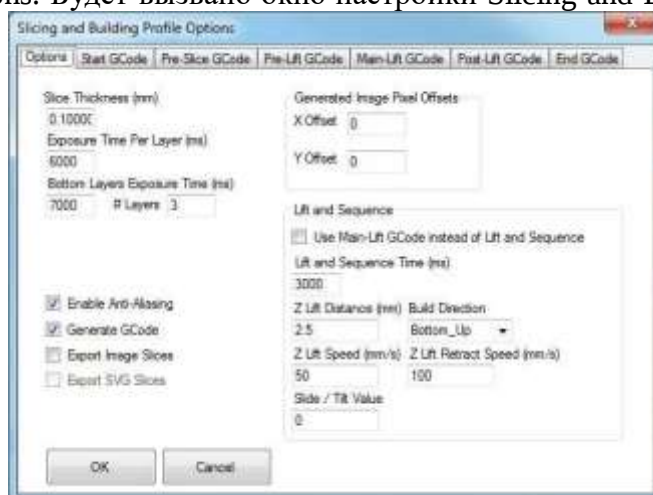


Вызов окна настроек системы. Будет вызвано окно настройки Slice



. Опции программы

Нажмите кнопку Options. Будет вызвано окно настройки Slicing and BuildingProfile Options



Окно настройки 3D печати

В поле Slice Thickness (Толщина слоя) выставьте желаемую толщину слоя(рекомендуем использовать величины 0.1 мм, 0.05 мм, 0.025 мм). В поле Exposure

Time Per Layer (Время экспозиции слоя) выставьте значение в миллисекундах соответственно таблице 2.

В поле #Layers выставьте количество слоев, которые будут экспонироваться дольше остальных.

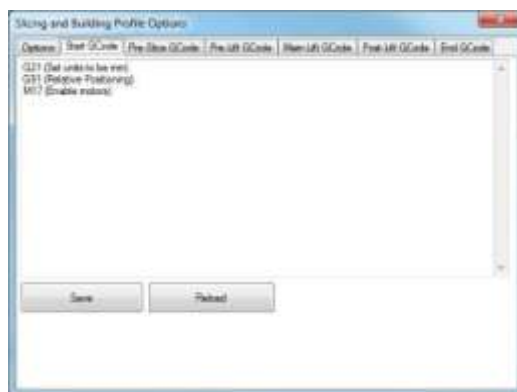
Поставьте галочку напротив пункта Enable Anti-Aliasing. Поставьте галочку напротив пункта Generate GCode.

В разделе Lift and Sequence снимите галочку с пункта Use Main Lift GCode instead of Lift and Sequence.

В поле Lift and Sequence Time выставьте значение 3000 мс. В поле Z Lift Distance выставьте значение 2,5 мм.

В меню Build Direction выберите Bottom_Up. В поле Z Lift Speed выставьте значение 50 м/с.

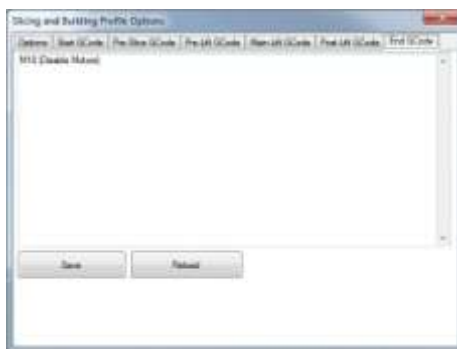
В поле Z Lift Retract Speed выставьте значение 100 м/с. Перейдите на закладку Start GCode (рис.14).



. Окно настройки управляющей программы. Сотрите все, кроме указанных на рисунке строк. Нажмите кнопку Save.

В закладках Pre-Slice GCode, Pre-Lift GCode, Main-Lift GCode, Post-Lift GCode сотрите все строки. Сохраняйте изменения нажатием кнопки Save.

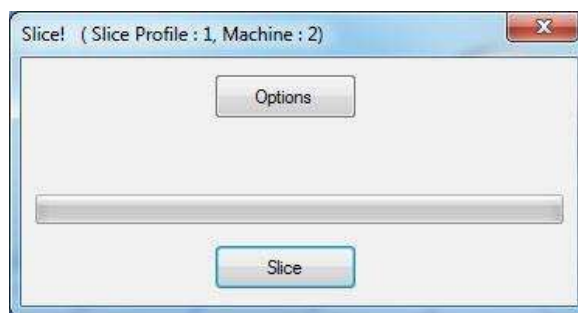
Перейдите на закладку End GCode. (рис.15)



Окно настройки окончания управляющей программы. Сотрите все, кроме указанных на рисунке строк. Нажмите кнопку Save.

Перейдите в закладку Options.

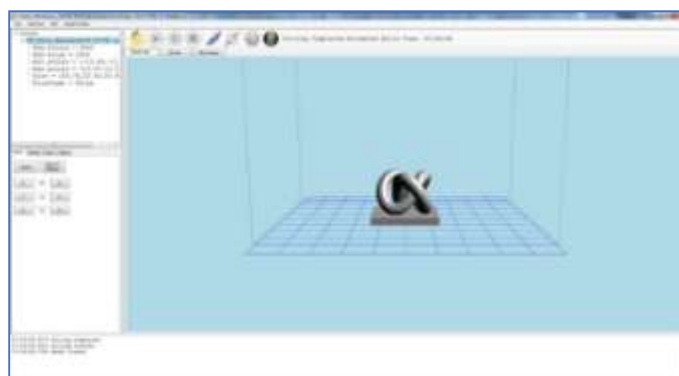
Закройте окно настройки Slicing and Building Profile Options нажатием кнопки OK



. Завершение настройки системы.Нажмите кнопку Slice.

Дождитесь завершения процесса создания сечений.

Время построения модели можно оценить по записи Slicing CompletedEstimated Build Time: ЧЧ:ММ:СС (рис. 17).



Моделирование процесса печати модели

Теоретические сведения.

Слайсер - компьютерная программа, послойно преобразующая виртуальную трехмерную модель в машинный код (G-code), позволяющий аддитивному автоматизированному устройству изготовить деталь из специализированного материала.

В зависимости от используемой технологии послойного или поверхностного формирования детали результатом работы слайсера могут быть файлы, содержащие в себе данные о способах формирования слоёв - векторные линии, растровые плашки, пути перемещения, нормали к поверхности и другие определяющие или управляющие данные.

Теория замощений (паркета) в упрощённом виде гласит – любую поверхность можно замостить (описать) бесконечным набором многоугольников без взаимных наложений и просветов. Перефразируя это утверждение можно сказать, что любую модель можно напечатать, порезав её на слои.

Слайсеры делятся на два основных вида: универсальные и специализированные (корпоративные). Как правило, специализированные «заточены» под одну технологию, торговую марку или модельную линейку принтеров. Универсальные имеют большую вариативность в настройках и рассчитаны на широкий спектр совместимых устройств.

Постольку 3D печать, это процесс, состоящий из большого количества необходимых для выполнения условий, то и настроек их параметров довольно много. И все они разнонаправленные, не линейные. Поэтому удобно и понятно их структурировать это большая задача, овладеть которой весьма не просто. Разработчики пытаются выстроить интуитивно понятные взаимосвязи между основными блоками настроек: принтер, модель, материал,

профиль печати, экструдер(ы), дополнительные опции, скрипты и макросы. Они то привязывают отправную точку к материалу, то к настройкам принтера, то к процессу обработки модели (профилю печати) (Simplify, CURA), то к настройкам экструдера. Каждый создатель слайсера применяет свою философию в этом вопросе.

Тем не менее, структурно все слайсеры, помимо главного вычислительного ядра программы, отвечающего за математические расчеты геометрических форм и конвертацию их в язык машинного управления g-code, имеют стандартные блоки настроек. Обобщённо их шесть.

1. Настройки программы - слайсера. Они определяются творческим потенциалом разработчика.

На качество печати настройки программы практически не влияют. Однако иногда позволяют пользователю не «заблудиться в трёх соснах» и правильно выставить единицы измерения, скорости соединения портов, визуализацию результатов слайсинга, отображение модели и другие полезные опции.

2. Настройки принтера.

Под этим термином мы понимаем не только «железо» принтера, но и его управляющую электронику.

Совместимость программного обеспечения. Количество доступных настроек варьируется в зависимости от профессиональной «продвинутой» каждого конкретного слайсера.

Упрощённые или «модельные» (штатные) программы позволяют вам выбрать только модель принтера. Универсальные «Pro» версии потребуют указать какой язык G-code понимает прошивка платы управления. Иногда даже позволяют настроить значения скоростей перемещения, ускорений, рывков (jerk), ретрактов (откатов нити) (Например, CURA v4.6) что позволит такому слайсеру более корректно рассчитывать время на выполнение печати.

Механика. «Расскажите» слайсеру, чем ему придётся управлять. Какая у вашего принтера механическая система перемещения – дельта, декартовая, рука робота, какие габариты зоны печати, какие отступы от краёв допустимы,

Экструдеры. Сколько у него экструдеров. Какого диаметра установлено сопло. Какая максимальная температура поддерживается конструкцией hotend (горячего наконечника). Каково расстояние между соплами в двухэкструдерном исполнении.

3. Настройки материала. Настройки профилей филамента: диаметр нити, температура плавления, плотность, производитель, цена и др.

4. Настройки модели. Инструменты управления масштабированием и позиционированием модели в рабочей зоне. Инструменты для «ремонта» и модификации загруженной модели.

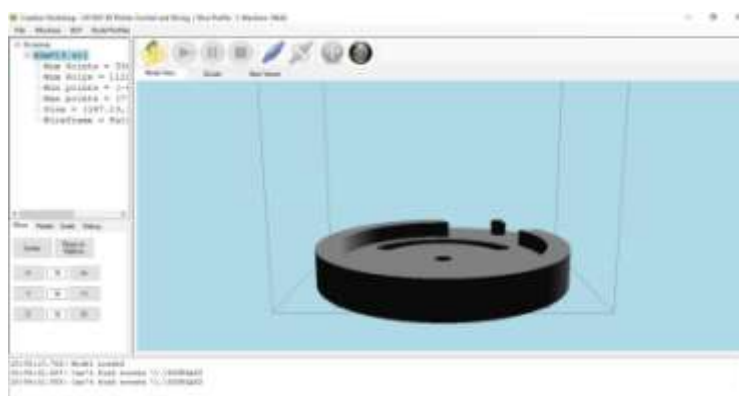
5. Настройки слайсинга (нарезки). Инструменты и параметры формирования детали из модели. Вспомогательные инструменты и управление объектами – поддержки, стены, башни, плоты и сервисные операции.

6. Дополнительные сервисы: последовательности команд – скрипты, макросы

2. Написание управляющей программы для 3D принтера осуществим с помощью программы CreationWorkshop.

Этапы подготовки будут выглядеть следующим образом:

1. Добавление геометрии детали в рабочую область программы-принтера



3D модель в окне программы

2. Настройка параметров печати

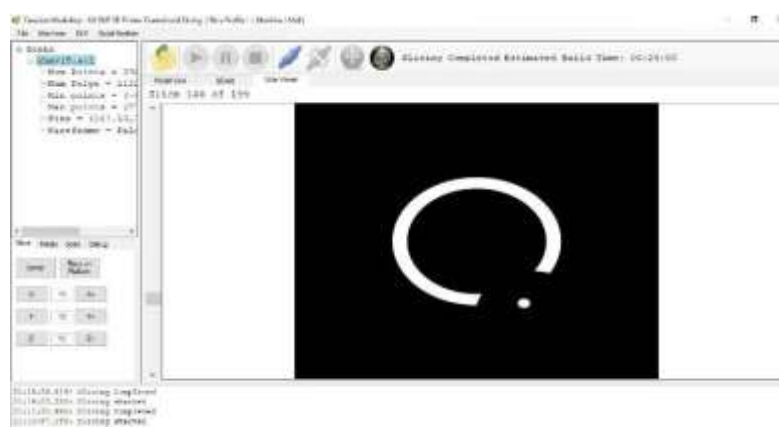


Окно настройки параметров печати

3. Генерирование программы и послойная проверка операций печати



Моделирование технологического процесса

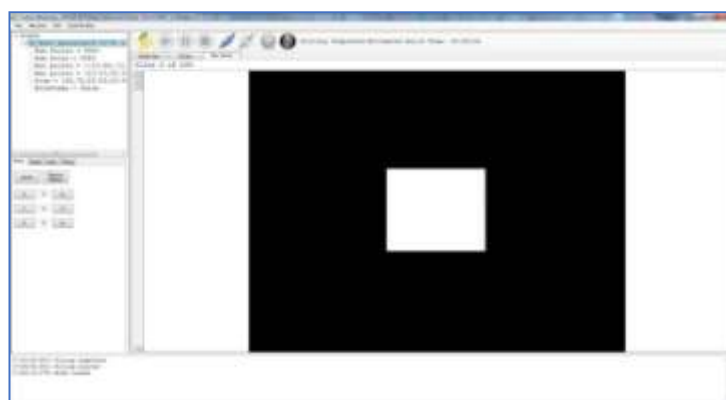


Послойная проверка качества печати. Просмотреть G-код можно в закладке GCode.



Управляющая программа в G-кодах

Чтобы просмотреть изображения слоев перейдите на закладку Slice Viewer(рис.23).



Послойная визуализация изготовления детали

Переключение между слоями производится посредством полосы прокрутки слева от главного окна.

Форма представления результата: графический файл, содержащий чертеж детали

Критерии оценки:

Оценка «отлично» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если:

1.Правильность выполнения чертежа в соответствии с заданием по правилам построения программы КОМПАС-ГРАФИК с незначительными погрешностями;

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены ошибки при выполнении чертежа;

2. Не точное соблюдение правил построения чертежа в программе КОМПАС-ГРАФИК;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если:

1.Допущены грубые ошибки при выполнении чертежа.