

**МУНИЦИПАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
«ЛИЦЕЙ «ВЕКТОРИЯ»**

**СОГЛАСОВАНО**

Руководитель детского технопарка  
«Кванториум»



Р.С. Зонов  
«03» марта 2025 г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор МАОУ  
«Лицей «ВЕКТОРИЯ»



П.А. Пушвинцев

«03» марта 2025 г.

**Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу  
«Квантум Хайтек»**

Автор программы:  
Каменских Дарья Евгеньевна  
педагог дополнительного образования

Лысьва, 2025

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| Лабораторная работа 1 «Сравнительный анализ качества печати FDM 3D-принтеров» .....   | 3  |
| Лабораторная работа 2 «Брелок для ключей» .....   | 12 |
| Лабораторная работа 3 «Деталь LEGO» .....   | 23 |
| Лабораторная работа 4 «Кубики Сома» .....   | 36 |
| Лабораторная работа 5 «Головоломка адмирала Макарова» .....   | 41 |
| Лабораторная работа 6 «Подставка для телефона» .....  | 44 |
| Лабораторная работа 7 «Сравнительный анализ геометрических тел с использованием 3D-сканирования» .....                            | 50 |
| Лабораторная работа 8 «Сканирование объекта» .....  | 66 |
| Лабораторная работа 9 «Изучение параметров лазерной гравировки и их влияния на качество изображения» .....                        | 70 |
| Лабораторная работа 10 «Проект: от идеи до реализации. Комплексный проект с использованием 3D-печати и лазерной гравировки» ..... | 76 |
| ПРИЛОЖЕНИЕ 1 .....  | 78 |

## Лабораторная работа 1 «Сравнительный анализ качества печати FDM 3D-принтеров»

*Цель работы:* изучить и сравнить качество печати, производительность и другие характеристики различных моделей FDM 3D-принтеров.

*Задачи:*

- ознакомиться с принципами работы технологии FDM 3D-печати;
- подготовить тестовые модели для печати с заданными параметрами;
- выполнить печать тестовых моделей на различных 3D-принтерах;
- провести визуальный осмотр и измерения полученных моделей;
- оценить качество поверхности, точность размеров, прочность и другие параметры;
- сравнить результаты печати, выявить сильные и слабые стороны каждой модели принтера;
- сделать выводы о применимости каждой модели принтера для решения различных задач;
- рассчитать стоимость печати тестовых моделей на каждом принтере (материал, электроэнергия, время).

*Оборудование и материалы:*

- 3D-принтер Maestro Solo;
- 3D-принтер Creality ender 3 v3 KE;
- катушка PLA-пластика;
- штангенциркуль;
- линейка;
- наждачная бумага (мелкая) для удаления небольших дефектов;
- компьютер с установленным программным обеспечением для слайсинга;
- Инструменты для удаления поддержек (если необходимо).

*Подготовка к работе:*

1. Подготовка тестовых моделей:

- куб калибровки (Calibration Cube): простая геометрическая фигура для проверки точности размеров по осям X, Y и Z;
- тест первого слоя (First Layer Test): позволяет оценить, насколько хорошо первый слой прилегает к столу и нет ли отслоений, показывает, есть ли перекося стола и нужно ли его выровнять.

2. Настройка параметров печати: определите оптимальные параметры печати для каждого принтера. Начните с рекомендованных настроек для PLA-пластика и, при необходимости, скорректируйте их. Важные параметры:

- a. Температура сопла.
- b. Температура стола.
- c. Скорость печати.
- d. Высота слоя.
- e. Заполнение (Infill).
- f. Включение/выключение поддержек

3. Подготовка рабочего места: убедитесь, что рабочее место чистое и хорошо освещенное. Подготовьте инструменты для удаления поддержек и проведения измерений.

*Порядок выполнения работы:*

1. Слайсинг моделей: загрузите тестовые модели в программу для слайсинга (Creality Print и Maestro Wizard). Задайте одинаковые параметры печати для всех принтеров (насколько это возможно, учитывая особенности каждой модели). Сохраните G-код для каждого принтера.

2. Печать моделей: начните печать с первого принтера. Внимательно следите за процессом печати и записывайте любые проблемы или особенности, которые возникают. Повторите процедуру для всех выбранных принтеров.

3. Удаление поддержек: аккуратно удалите поддержки с напечатанных моделей.

4. Визуальный осмотр и измерения:

a. Проведите визуальный осмотр моделей, обращая внимание на качество поверхности, наличие дефектов (расслоение, волнистость, неравномерность слоев).

b. С помощью штангенциркуля измерьте размеры куба калибровки по осям X, Y и Z. Сравните полученные значения с заданными размерами.

c. Сделайте фотографии каждой модели для дальнейшего анализа и сравнения.

5. Анализ и сравнение результатов:

a. Сопоставьте результаты измерений и визуального осмотра для всех принтеров.

b. Оцените точность печати, качество поверхности, прочность и другие параметры для каждой модели принтера.

c. Выявите сильные и слабые стороны каждой модели принтера.

d. Определите, для каких задач лучше всего подходит каждая модель принтера.

*Примечания:*

– Перед началом работы ознакомьтесь с инструкциями по эксплуатации используемых 3D-принтеров.

– Соблюдайте правила техники безопасности при работе с 3D-принтерами.

– Будьте внимательны и аккуратны при проведении измерений.

– Старайтесь получить максимально точные результаты, чтобы сделать обоснованные выводы.

*Описание моделей:*

1. Простой куб с отметками осей X, Y и Z.

Что проверяет:

– Точность размеров: соответствие размеров куба заявленным размерам (обычно 20x20x20 мм).

– Ортогональность осей: Прямоугольность углов куба.

– Калибровку осей: различия в размерах по разным осям могут указывать на необходимость калибровки шагов двигателей.

Инструкции:

– Настройки печати: используйте стандартные настройки для вашего типа пластика. Не требует поддержки.

– Анализ:

1. Измерьте размеры куба по каждой оси.
2. Проверьте, насколько углы куба близки к 90 градусам.
3. Сравните измеренные размеры с номинальными. Если есть значительные отклонения, необходимо скорректировать шаги двигателей (шаги/мм) в прошивке принтера или через интерфейс управления (если такая возможность есть).

Возможные проблемы:

1. Проблема: размеры не соответствуют заявленным (20x20x20 мм):

Возможные причины: неправильная калибровка шагов двигателей (шагов/мм), усадка материала, перекос стола.

Что делать:

– Откалибруйте шаги двигателей для каждой оси (X, Y, Z). Это делается путем печати тестового объекта известного размера и измерения его фактических размеров. Затем вносятся корректировки в прошивку принтера. Инструкции для вашего принтера можно найти в интернете.

– Учитывайте усадку материала. Некоторые материалы (например, ABS) дают усадку при охлаждении. В слайсере есть настройка «Компенсация горизонтального размера» (или аналогичная), которая позволяет компенсировать усадку.

– Убедитесь, что стол принтера выровнен правильно. Неровный стол может приводить к разным размерам в разных частях модели.

2. Проблема: Куб не прямоугольный, углы не 90 градусов:

Возможные причины: перекос рамы принтера, неправильная сборка, люфты в направляющих.

Что делать:

- Проверьте геометрию рамы принтера. Убедитесь, что она прямоугольная и не перекошена.
- Проверьте затяжку всех винтов и соединений.
- Проверьте люфты в подшипниках и направляющих.
- Попробуйте уменьшить скорость печати.

## 2. Тест первого слоя (First Layer Test)

Что проверяет:

- Адгезия к столу: показывает, насколько хорошо пластик прилипает к поверхности стола и не отслаивается во время печати.
- Выравнивание стола: позволяет выявить перекосы стола. Если стол не выровнен, в одних областях первый слой будет слишком тонким или отсутствовать, а в других — слишком толстым и размазанным.
- Z-смещение (расстояние между соплом и столом): слишком большое или слишком маленькое расстояние между соплом и столом приводит к плохой адгезии и некачественному первому слою. Слишком большое расстояние — пластик не прилипает, слишком маленькое — пластик размазывается или сопло царапает стол.
- Экструзия: помогает выявить проблемы с подачей пластика. Недостаточная экструзия приводит к пропускам в слое, а избыточная — к образованию волн и неровностей.
- Температура стола: показывает, достаточно ли нагрет стол для хорошей адгезии.

Инструкции:

### 1. Настройки печати:

- Материал: PLA или тот материал, с которым у вас возникают проблемы с адгезией первого слоя.
- Температура печати: Используйте рекомендованную температуру для вашего материала.

- Температура стола: Используйте рекомендованную температуру для вашего материала.
- Высота слоя: установите толщину слоя, которую вы обычно используете (например, 0,2 мм).
- Скорость печати: уменьшите скорость печати первого слоя. Это улучшит адгезию. Например, установите скорость 20-30 мм/с.
- Заполнение: 100% (чтобы получить сплошной слой).
- Поддержки: Не нужны.
- Обдув: отключите обдув для первого слоя. Обдув может ухудшить адгезию.
- Бортик (кайма): рекомендуется использовать бортик, чтобы улучшить сцепление и упростить удаление теста со стола. Ширина бортика — 5–10 мм.

## 2. Анализ:

Визуальный осмотр: внимательно осмотрите напечатанный первый слой.

Обратите внимание на следующие моменты:

- Адгезия: весь слой должен быть прочно приклеен к столу. Не должно быть отслоений, приподнятых углов или краев.
- Равномерность: слой должен быть ровным и гладким, без пропусков и наплывов.
- Толщина: Слой должен быть правильной толщины. Если он слишком тонкий, будут видны промежутки между линиями. Если он слишком толстый, пластик будет растекаться и образовывать волны.
- Ширина линий: линии должны быть ровными и четкими, без утолщений и утончений.

Возможные проблемы:

1. Слой не прилипает к столу:

– Выровняйте стол: убедитесь, что стол выровнен правильно. Используйте автоматическое выравнивание (если есть) или выровняйте стол вручную.

– Очистите стол: удалите со стола все остатки пластика, пыль и жир. Используйте спирт или специальное средство для очистки столов 3D-принтеров.

– Увеличьте температуру стола: повысьте температуру стола на 5-10 градусов.

– Уменьшите Z-смещение: уменьшите расстояние между соплом и столом. Это можно сделать с помощью настроек принтера или слайсера.

– Используйте средства для улучшения адгезии: используйте клей-карандаш, лак для волос, специальный клей для 3D-печати или малярный скотч.

– Увеличьте скорость подачи (Flow Rate) для первого слоя: небольшое увеличение подачи пластика (например, на 5-10%) может улучшить адгезию.

2. Слой слишком тонкий (видны промежутки между линиями):

– Уменьшите Z-смещение: уменьшите расстояние между соплом и столом.

– Откалибруйте экструдер: убедитесь, что экструдер правильно откалиброван и подает достаточное количество пластика.

– Увеличьте поток (Flow Rate) для первого слоя

3. Слой слишком толстый (пластик размазывается и образует волны):

– Увеличьте Z-смещение: увеличьте расстояние между соплом и столом.

– Уменьшите поток (Flow Rate) для первого слоя

*Характеристики принтеров:*

Creality3D Ender 3 V3 KE

– Технология формирования слоев: FDM/FFF

– Вид корпуса: открытый

- Количество экструдеров: 1 шт
- Диаметр сопла: 0.4 мм
- Рабочий материал: ABS, ASA, PETG, PLA, TPU
- Подогреваемая платформа: есть
- Минимальная толщина слоя: 0.1 мм
- Максимальная толщина слоя: 0.35 мм
- Скорость построения: 500 мм/с
- Ширина рабочего пространства: 220 мм
- Глубина рабочего пространства: 220 мм
- Высота рабочего пространства: 240 мм
- Интерфейсы: Ethernet (RJ-45), USB
- Основная рабочая программа ("родная"): CURA, Creality Print,

#### Simplify3D

- Возможность работы на «неродных» программах: есть
- Поддерживаемые файловые форматы: 3MF, AMF, GCODE, OBJ,

#### STL

- Совместимость с операционными системами: Linux, Mac OS,

#### Windows

- Дополнительно: автоматическая калибровка

#### Maestro Solo

|                        |   |
|------------------------|---|
| Технология печати      | FDM / FFF   |
| Количество экструдеров | 1   |
| Материал печати        | PLA, ABS, SBS, Hips, PET-GUN, PP (полипропилен), PC (поликарбонат), Kauchuck, Flex, Nylon, ASA, ABS-PC, WAX, Aero-Tech. |
| Диаметр сопла          | 0,2 - 0,5 мм  |
| Диаметр нити           | 1,75 мм   |
| Область печати         | 245 x 245 x 295 мм  |
| Толщина печатного слоя | 10 - 1000 мкм   |

|  |                |
|--|----------------|
| Максимальная скорость печати               | 150 мм / с     |
| Максимальная температура<br>экструдера     | до 410 °С      |
| Максимальная температура<br>рабочего стола | 150 °С         |
| Программное обеспечение                    | Maestro Wizard |
| Поддержка файлов в формат                  | STL,OBJ, PLGX  |
| Поддержка карт памяти                      | USB-flash      |
| Режим сушки филамента                      | есть           |

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика};$
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч};$
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа.}$

## Лабораторная работа 2 «Брелок для ключей»

*Цель:* освоить базовые навыки 3D-моделирования в программе «КОМПАС 3D v24» для создания функционального объекта.

*Задачи:*

- изучить интерфейс программы КОМПАС 3D v24 и основные элементы управления;
- освоить создание эскиза, использование инструментов построения геометрических фигур;
- выполнить операцию выдавливания для создания трёхмерного тела;
- применить команды скругления рёбер для улучшения эргономики модели;
- освоить создание отверстий с помощью операции «Вырезать выдавливанием»;
- научиться добавлять и выдавливать текстовые элементы на поверхности модели;
- сохранить готовую модель в формате STL для дальнейшего использования в 3D-печати;
- рассчитать себестоимость изготовления модели (материал, время печати, затраты на постобработку).

*Оборудование и материалы:*

- Компьютер с установленной программой КОМПАС 3D v24;
- Мышь
- 3D-принтер;
- катушка PLA-пластика;

*Порядок выполнения работы:*

Открываем программу двойным щелчком по значку Компас на рабочем столе ноутбука, перед вами появится стартовая страница (рис. 2.1).



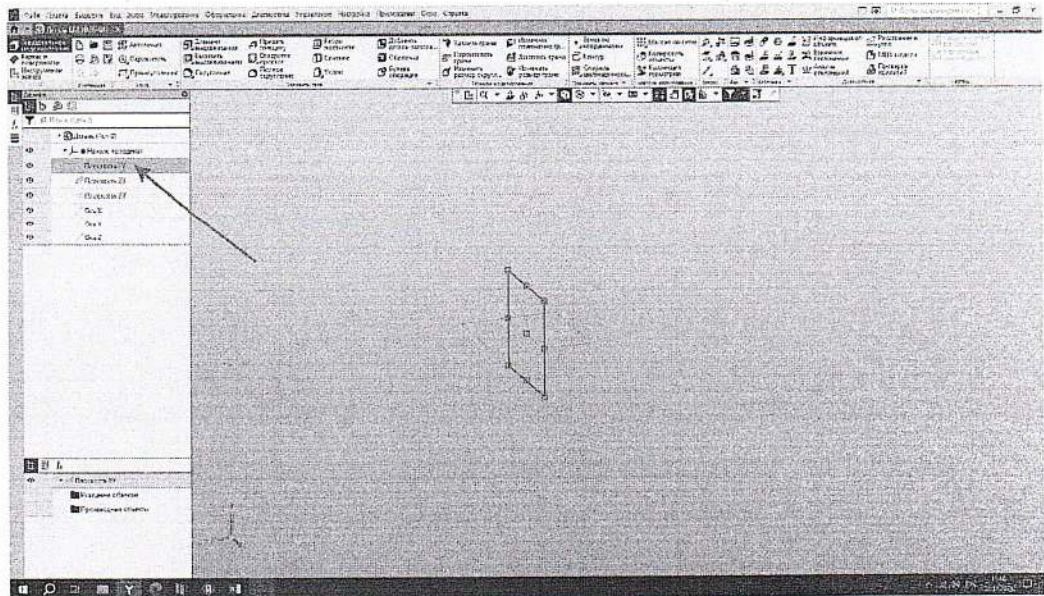


Рис. 2.3

Создаем эскиз (рис. 2.4)

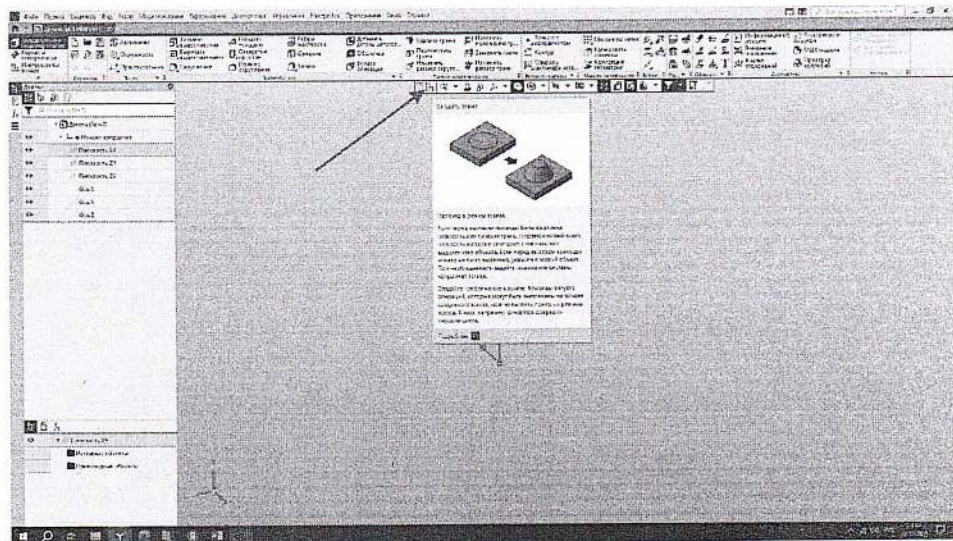


Рис. 2.4

В эскизе создаем эскиз прямоугольника высотой – 20 мм, шириной – 50 мм (рис. 2.5-2.6).

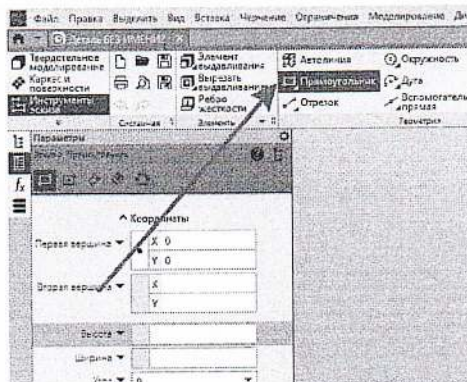


Рис. 2.5

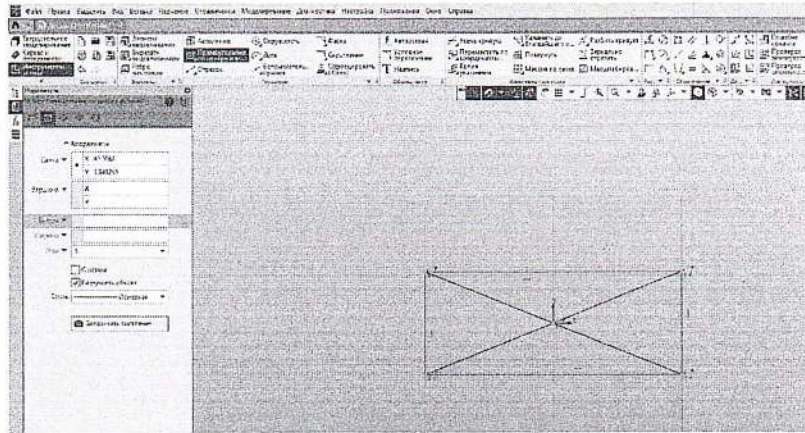


Рис. 2.6

После построения нажимаем **Крестик** (рис. 2.7).



Рис. 2.7

Выдавливает основание на **2 мм** используя команду **Элемент выдавливания** (рис. 2.8).

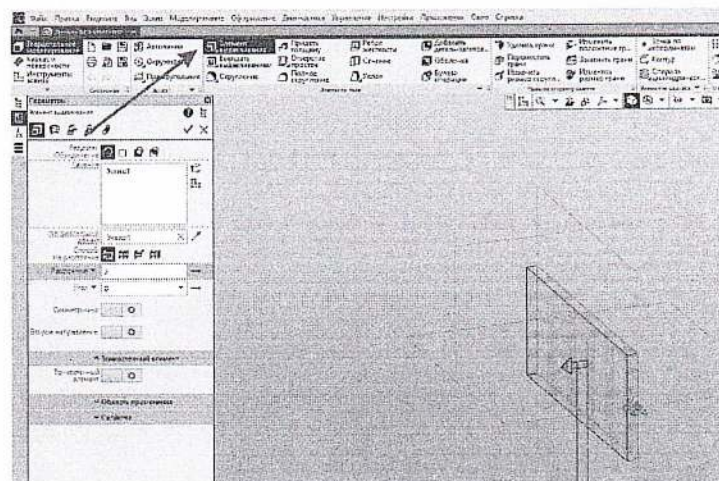


Рис. 2.8

Завершаем операцию выдавливания **Галочкой** и **Крестиком** (рис. 2.9)

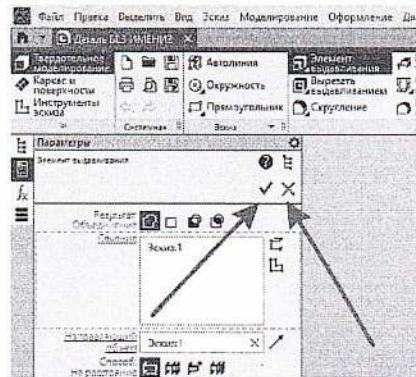


Рис. 2.9

В итоге получаем прямоугольную призму 20x50x2 мм (рис. 2.10).

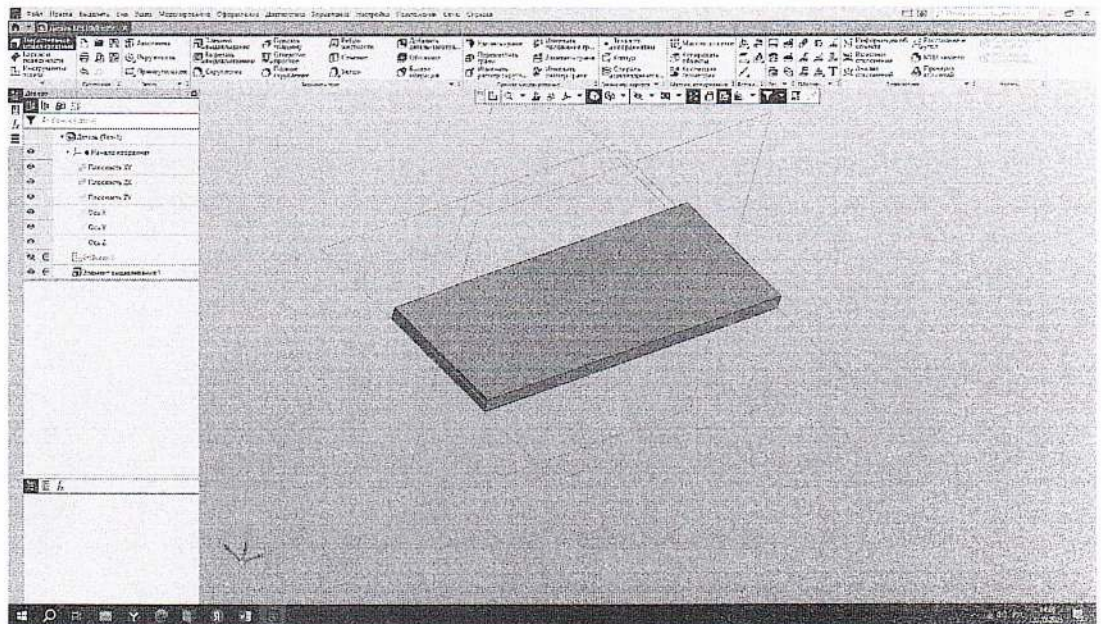


Рис. 2.10

Левой кнопкой мыши выделяем все вертикальные ребра и скругляем грани прямоугольника радиусом **10 мм**, используя команду **Скругление** (рис. 2.11).

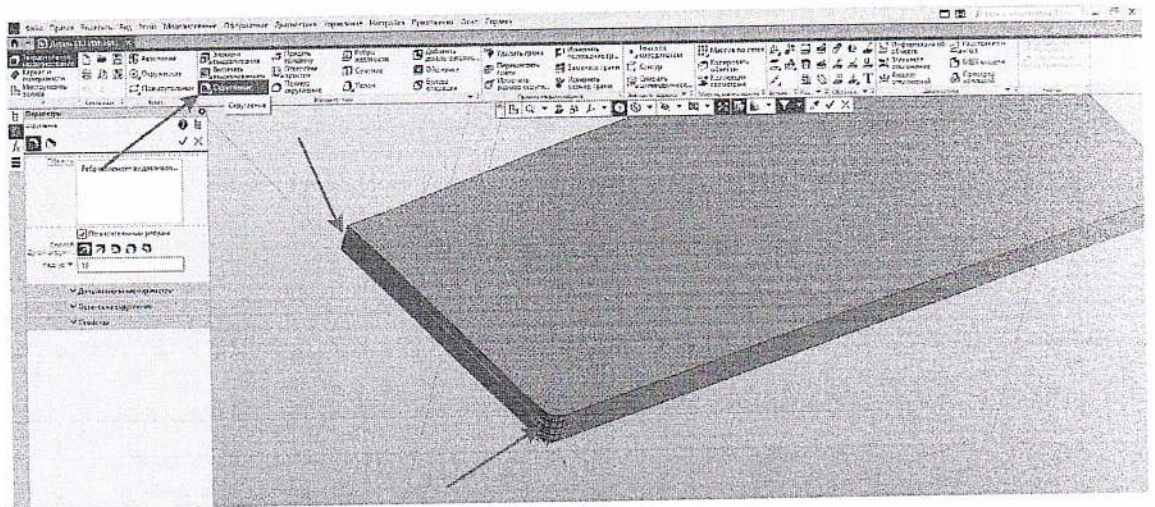


Рис. 2.11

Завершаем операцию скругления **Галочкой и Крестиком** (рис. 2.9).

С помощью той же команды, скругляем ребра с обеих сторон детали радиусом 1мм. Рис.2.12

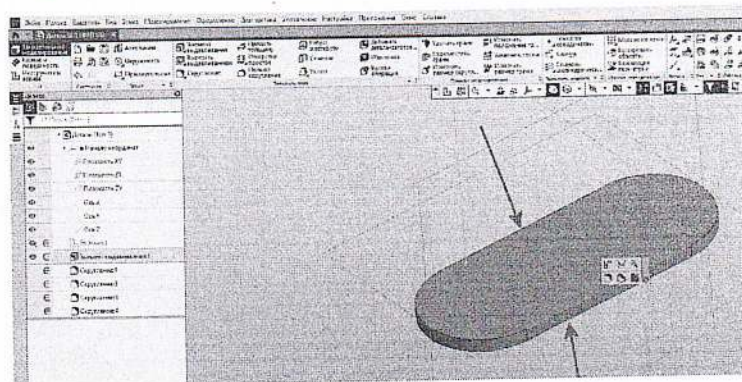


Рис. 2.12

Завершаем операцию скругления **Галочкой и Крестиком** (рис. 2.9).

Левой кнопкой мыши выделяем верхнюю плоскость объекта, создадим на ней эскиз окружности диаметром **5 мм** (рис 2.13).

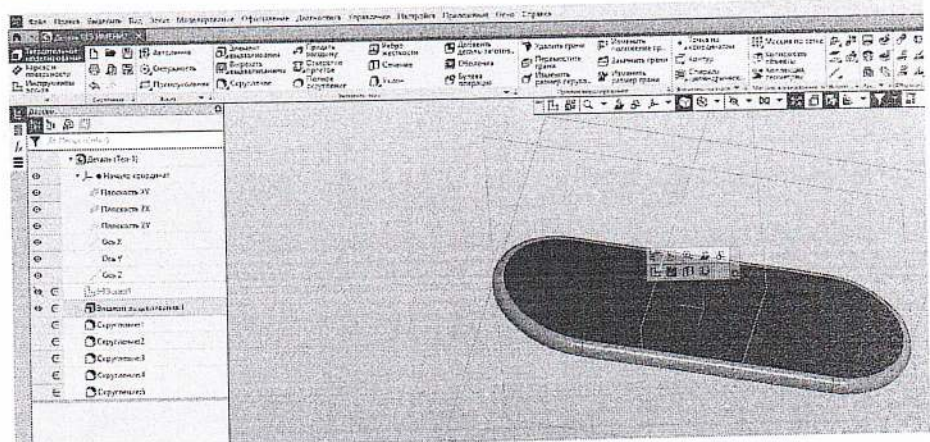


Рис. 2.13

Для создания эскиза на панели инструментов выбираем команду **Окружность**, на панели свойств зададим нужный размер (рис. 2.14).

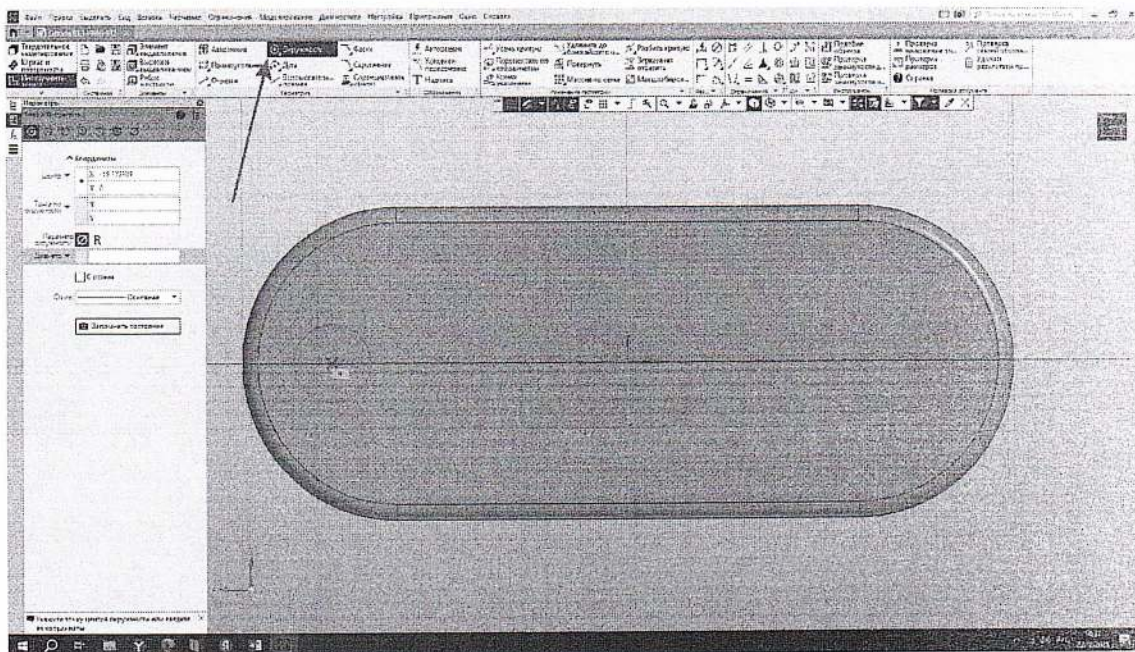


Рис. 2.14

После построения нажимаем **Крестик** (рис. 2.7).

Выдавливаем отверстие командой **Вырезать выдавливанием** на глубину **2 мм** (рис. 2.15).

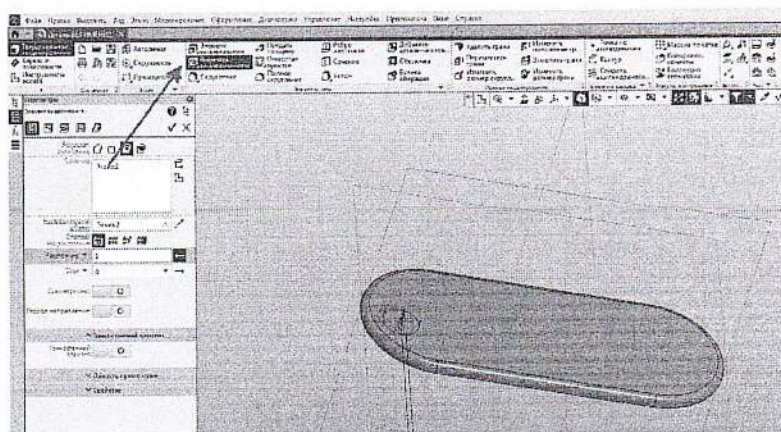


Рис. 2.15

Завершаем операцию **Галочкой** и **Крестиком** (рис. 2.9).

После выполнения операции, получаем на детали сквозное отверстие диаметром **5 мм** (рис. 2.16).

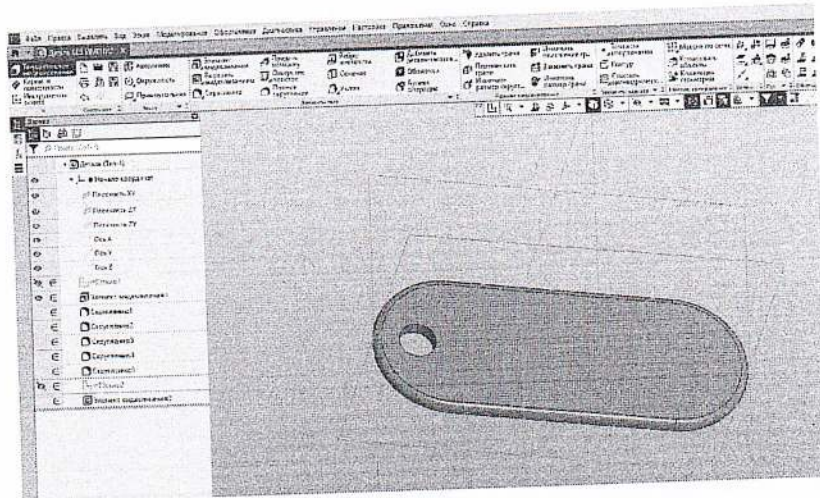


Рис. 2.16

Выделяем верхнюю плоскость объекта, и добавим надпись, используя в инструментах команду **Надпись** (рис. 2.17).

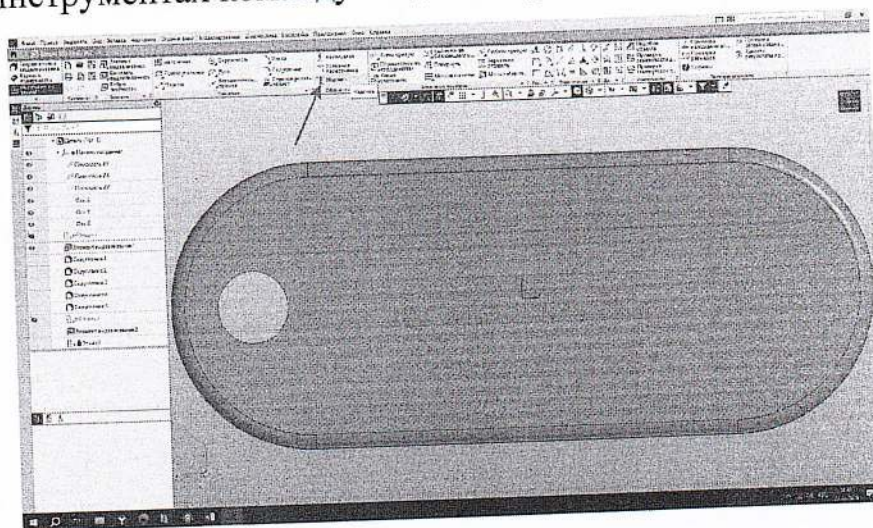


Рис. 2.17

Выбираем шрифт, размер шрифта и напишем то, что вы желаете видеть на своем будущем брелоке (рис. 2.18). **Требования к надписи: гарнитура – Times New Roman, полужирный, без курсива и подчеркивания!**



Рис. 2.18

Выдавливаем надпись на высоту 2 мм, командой **Элемент выдавливания** (рис. 2.19).

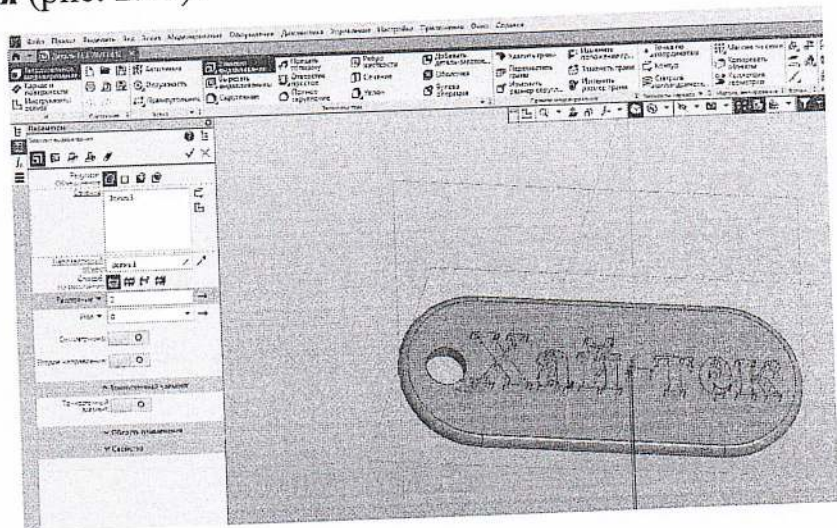


Рис. 2.19

Завершаем операцию **Галочкой и Крестиком** (рис. 2.9).  
Получаем объемную надпись высотой 2мм (рис. 2.20).

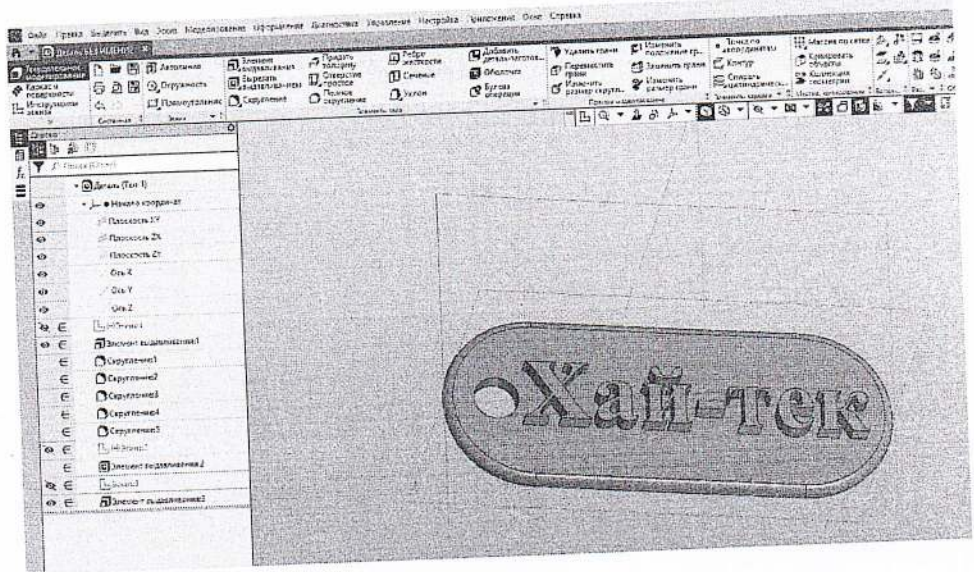


Рис. 2.20

Наша модель готова, сохраняем ее в формате Stl. Для этого в главном меню выбираем команду Файл, далее Сохранить как... (рис. 2.21).

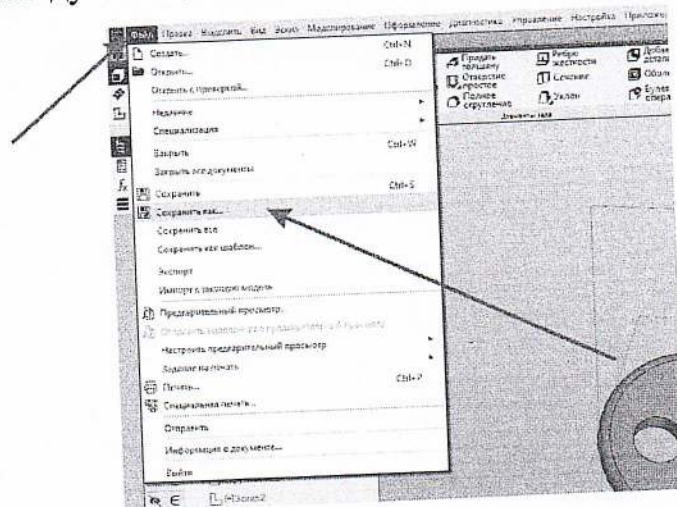


Рис. 2.21

Сохраняем модель в формате Stl (рис. 2.22).

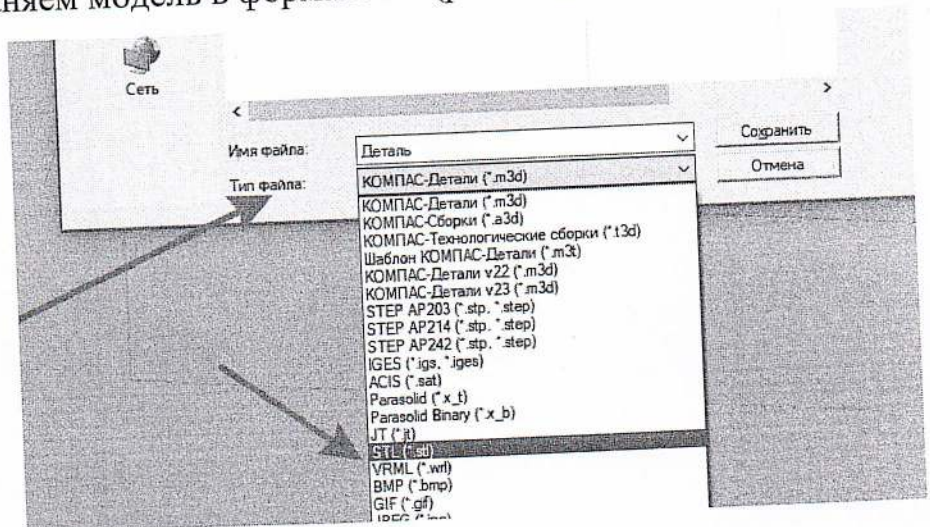


Рис. 2.22

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

–  $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика};$

–  $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф}$

за кВт·ч;

–  $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times$   
коэффициент износа.

### Лабораторная работа 3 «Деталь LEGO»

*Цель работы:* научиться создавать трехмерную модель детали LEGO с помощью инструментов моделирования.

*Задачи:*

- освоить базовые приёмы работы в среде КОМПАС-3D: создание эскизов, использование систем координат, управление видами;
- научиться применять операцию выдавливания для создания трёхмерных тел;
- освоить операцию вырезания выдавливанием для формирования полостей и отверстий;
- развивать навыки построения вспомогательных геометрических элементов (отрезки, окружности) и использования их для точного позиционирования объектов;
- сформировать умение читать и применять чертежи и схемы (по приложению) при моделировании;
- закрепить навыки работы с размерами, точностью построений и параметризацией модели;
- рассчитать себестоимость изготовления модели (материал, время печати, затраты на постобработку).

*Оборудование и материалы:*

- Компьютер с установленной программой КОМПАС 3D v24;
- Мышь

*Порядок выполнения работы:*

Открываем программу двойным щелчком по значку Компас на рабочем столе ноутбука, перед вами появится стартовая страница (рис. 3.1).

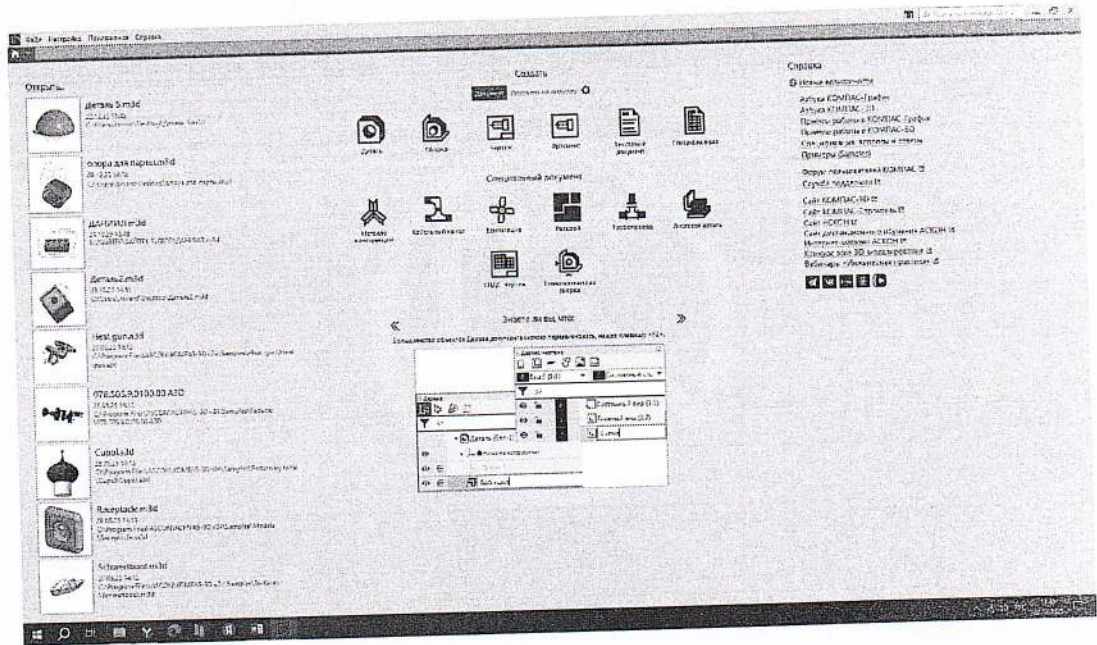


Рис. 3.1

Выбираем Деталь (рис. 3.2).

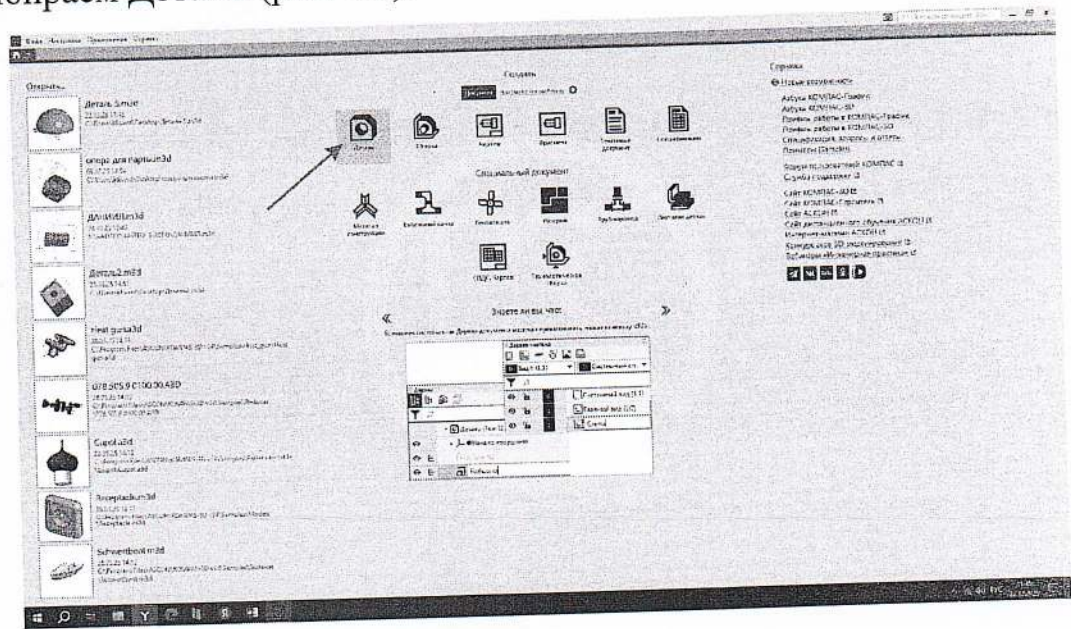


Рис. 3.2

Создание модели начнем с формирования эскиза основания. В дереве модели выберем фронтальную плоскость XY (рис. 3.3-3.4).

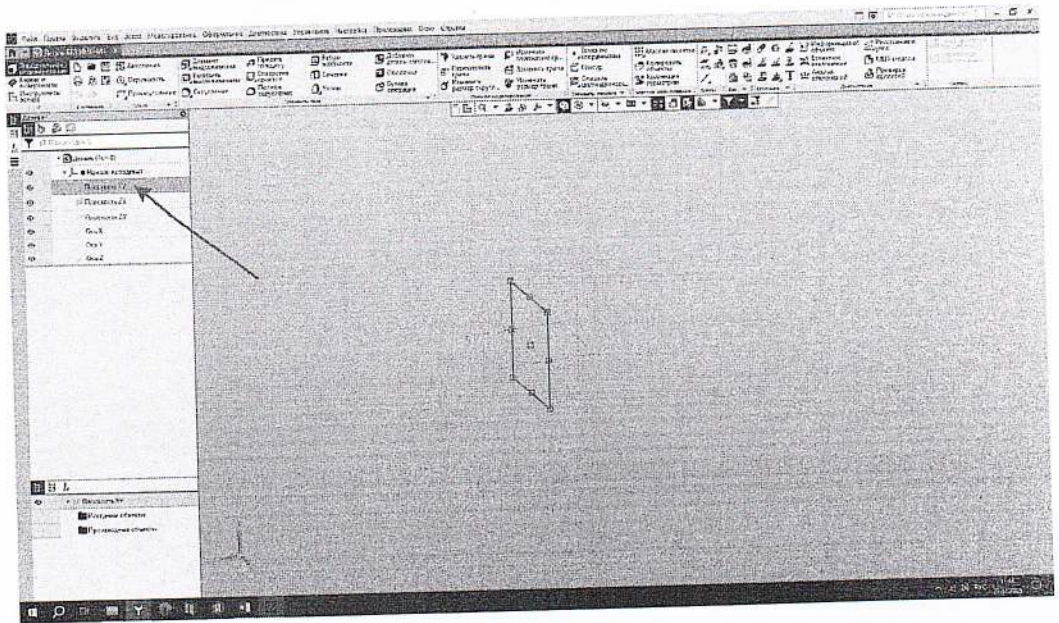


Рис. 3.3

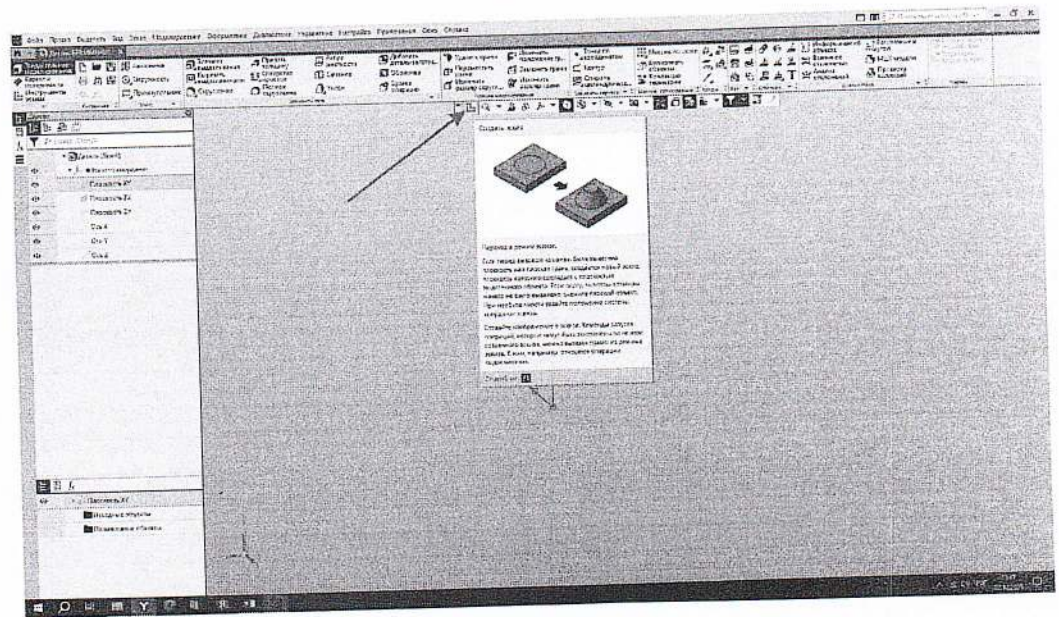


Рис. 3.4

В эскизе создаем прямоугольник высотой **15.8** мм и шириной **31.8** мм.  
Способ: по центру и вершине. Ставим центр прямоугольника в центр координат (рис. 3.5-3.6).

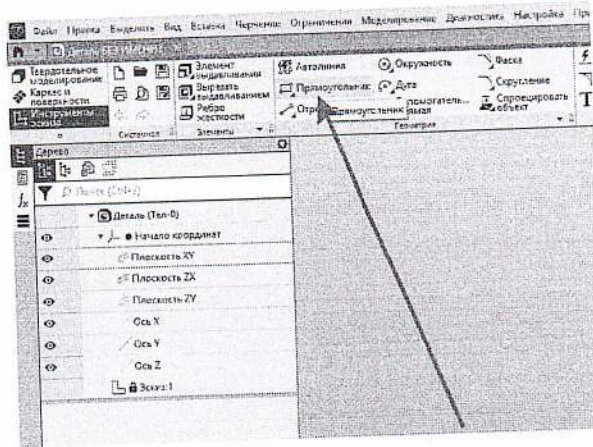


Рис. 3.5

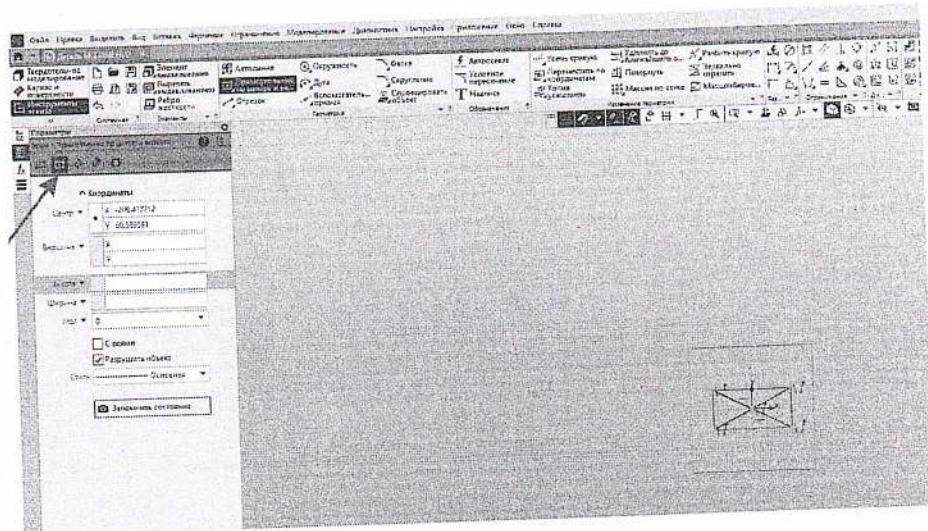


Рис. 3.6

После создания прямоугольника нажать **Крестик** (рис. 3.7).

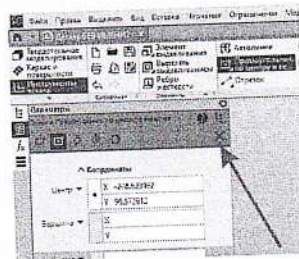


Рис. 3.7

Выдавливаете прямоугольник на 9.6 мм, используя **Элемент выдавливания** (рис. 3.8).

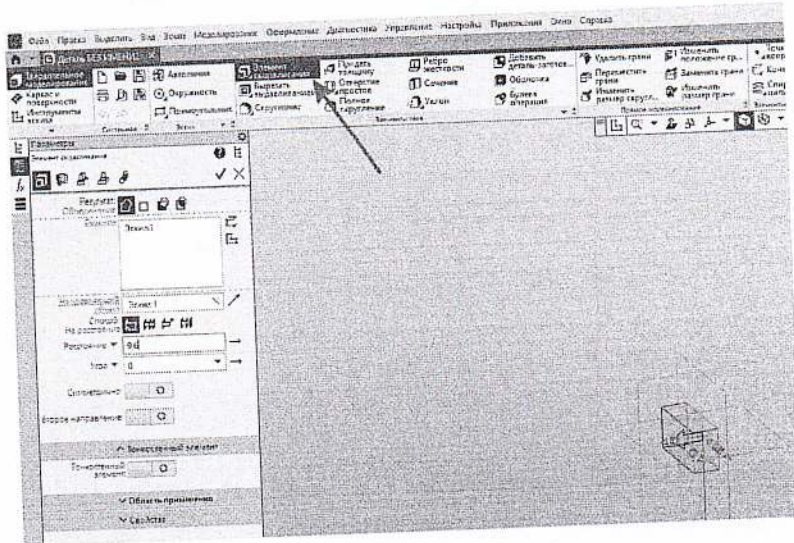


Рис. 3.8

Завершаем операцию выдавливания Галочкой и Крестиком (рис. 9).

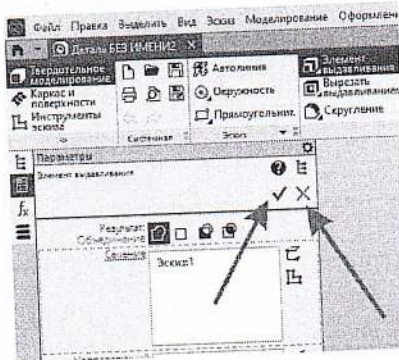


Рис. 3.9

Зажав правую кнопку мыши, поворачиваем фигуру на  $180^\circ$ .  
На верхней поверхности создаем эскиз (рис. 3.10).

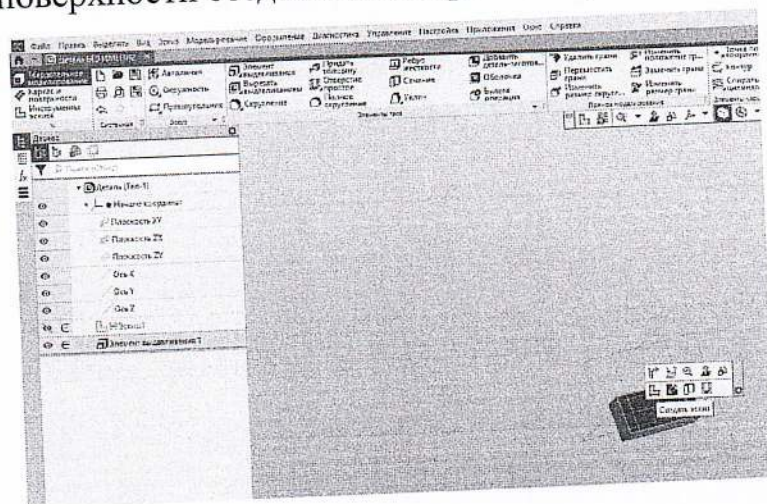


Рис. 3.10

На эскизе2 строим прямоугольник высотой 13.4 мм и шириной 29.4 мм.  
 Способ: по центру и вершине. Ставим центр прямоугольника в центр координат (рис. 3.11).

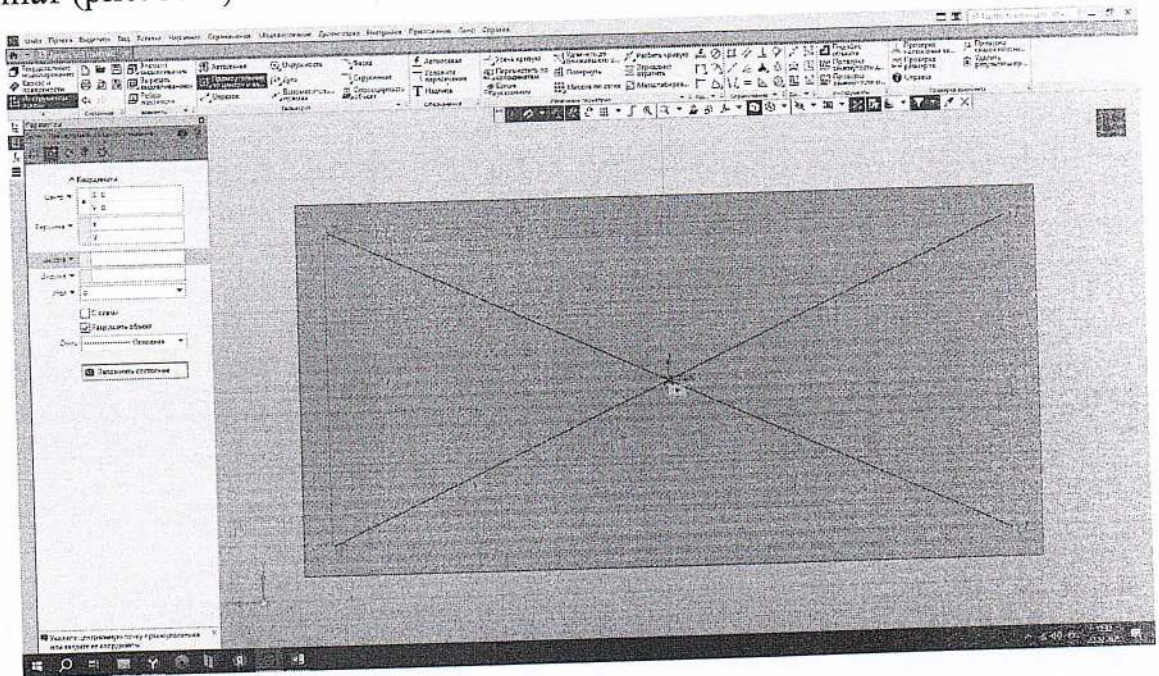


Рис. 3.11

После создания прямоугольника нажать **Крестик** (рис. 3.7).  
 Вырежем получившийся прямоугольник на расстояние 8.4 мм операцией **Вырезать выдавливанием** (рис. 3.12).

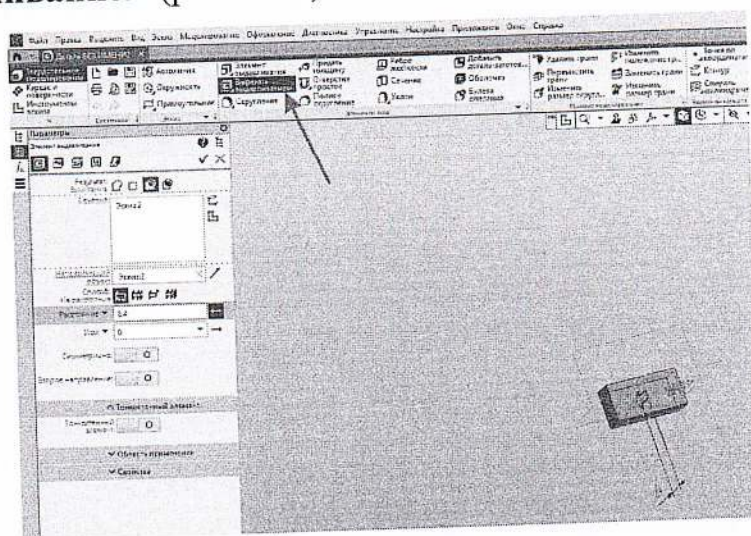


Рис. 3.12

Завершаем операцию **Галочкой и Крестиком** (рис. 3.9).  
 Создаем эскиз на внутренней части детали (рис. 3.13).

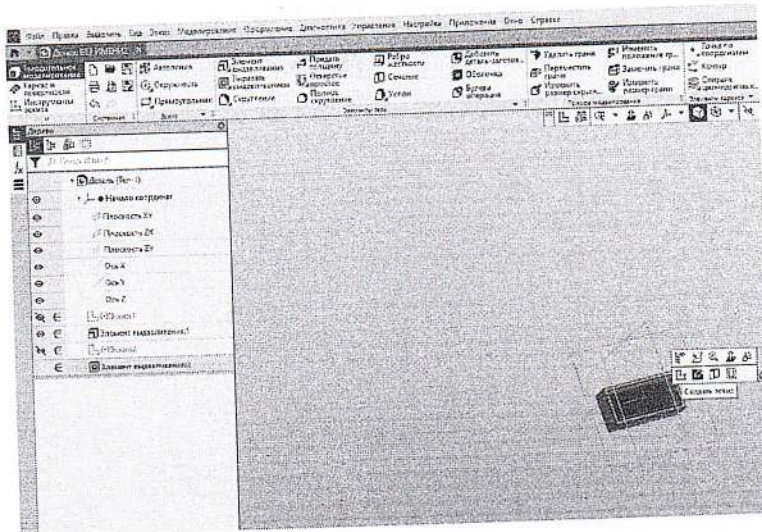


Рис. 3.13

С помощью отрезка (рис. 3.14)

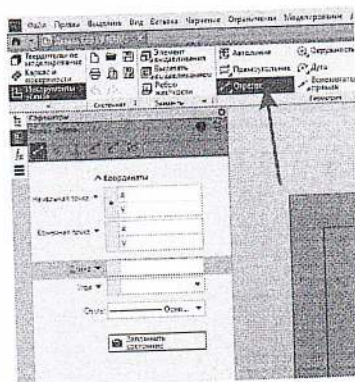


Рис. 3.14

Определяем положения центров окружностей (Схема 1 Приложение 1).  
Стиль линии отрезка: вспомогательная. **!Справка:** для ровного отрезка  
 нажмите клавишу **SHIFT**. Для того, чтобы поставить начальную точку  
 отрезка воспользуйтесь кнопкой **Начальная точка!** (рис 3.15-3.17).

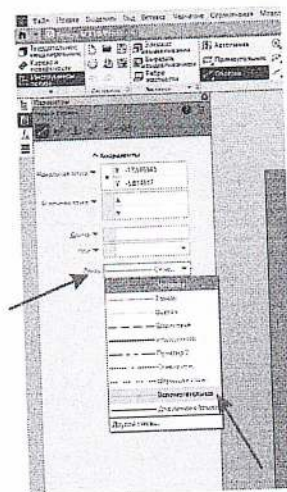


Рис. 3.15

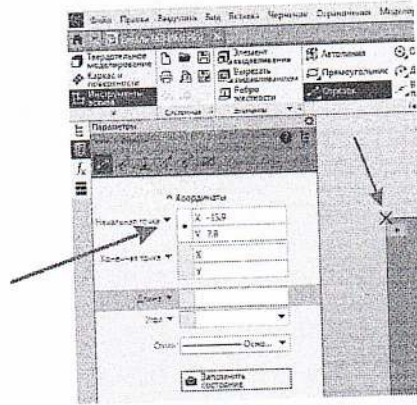


Рис. 3.16

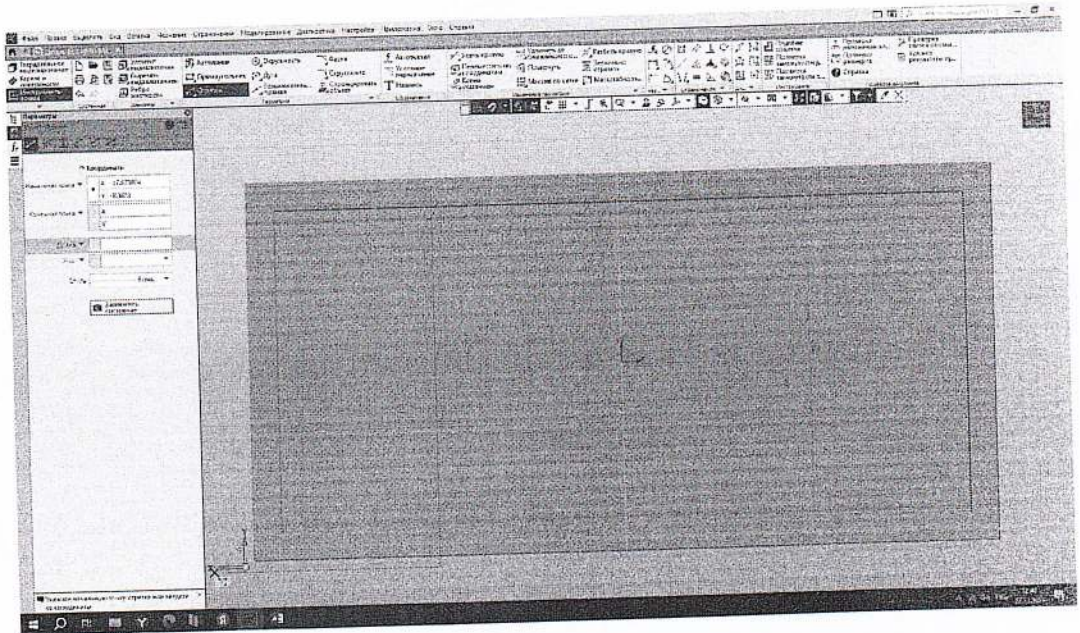


Рис. 3.17

После создания отрезков нажать **Крестик** (рис. 3.7).

На пересечении отрезков и оси X, а также на пересечении осей XY строим окружности диаметром 4.8 мм и 6.51 мм (рис. 3.18). **!Справка: не забудьте поменять стиль линии на основной!**

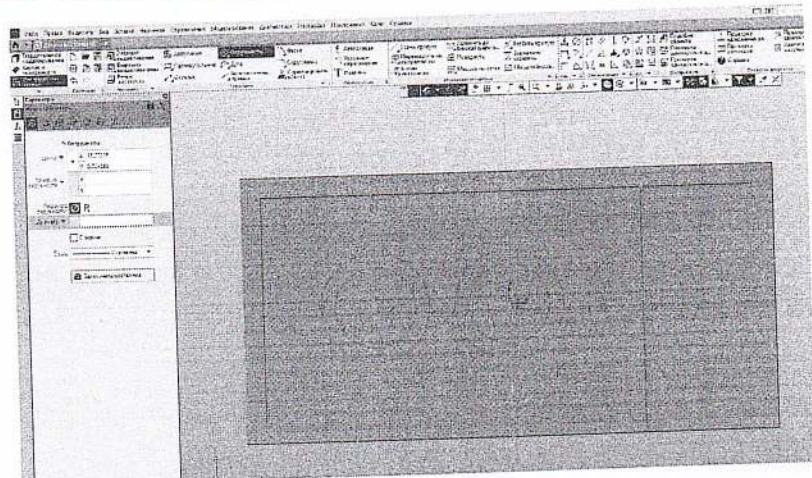


Рис. 3.18

После создания окружностей нажать **Крестик** (рис. 3.7).

Выдавливает получившиеся окружности на **8.4 мм**, используя **Элемент выдавливания** (рис. 3.19).

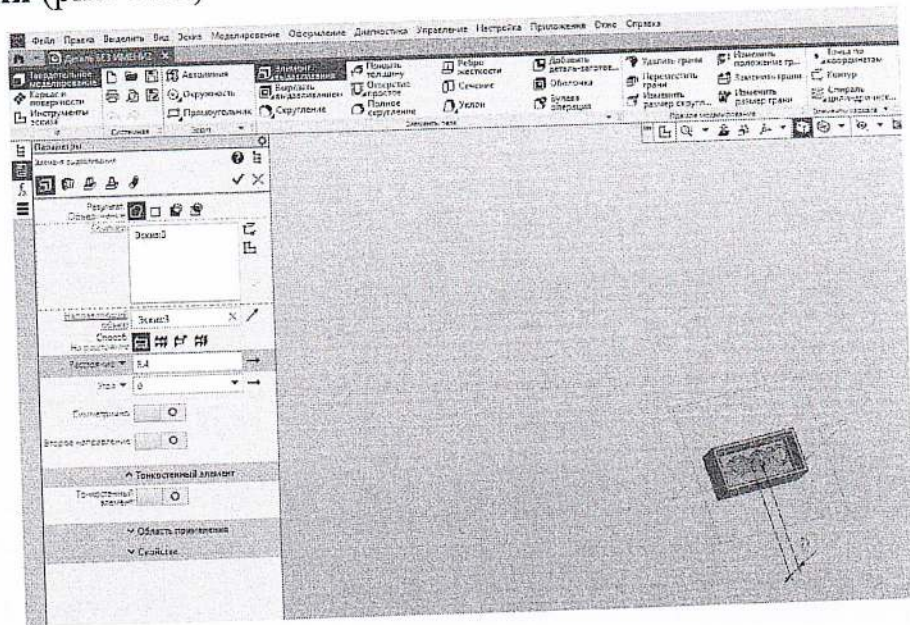


Рис. 3.19

Завершаем операцию выдавливания **Галочкой и Крестиком** (рис. 3.9).

Переворачиваем фигуру в исходное положение, зажав правую кнопку **МЫШИ**.

Создаем эскиз (рис. 3.20).

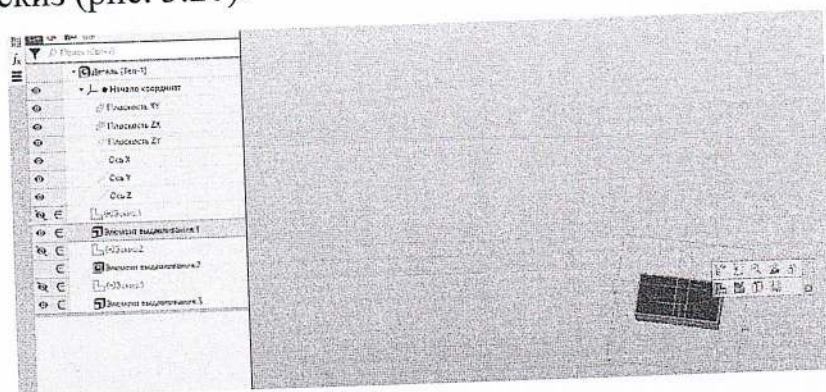


Рис. 3.20

С помощью отрезка определяем положения центров окружностей (**Вид 3 Приложение 1**). Стиль линии отрезка: вспомогательная. (рис. 3.21).

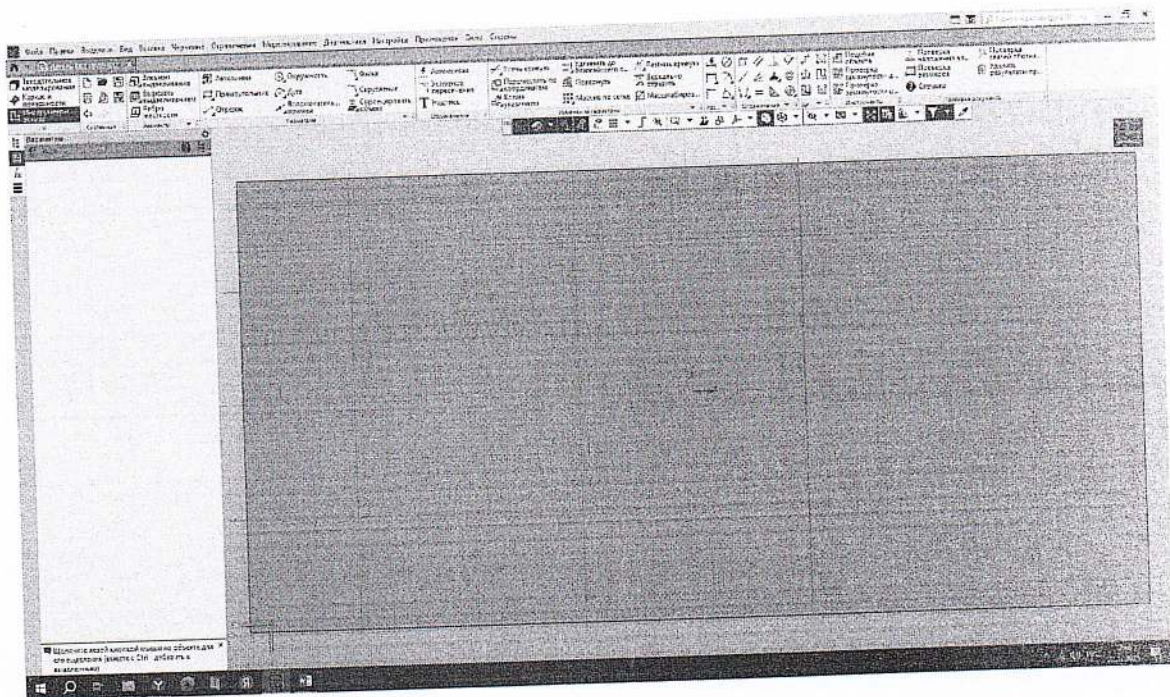


Рис. 3.21

После создания отрезков нажать **Крестик** (рис. 3.7).

На пересечении строим окружности диаметром **4.8 мм** (рис. 3.22).

**!Справка: не забудьте поменять стиль линии на основной!**

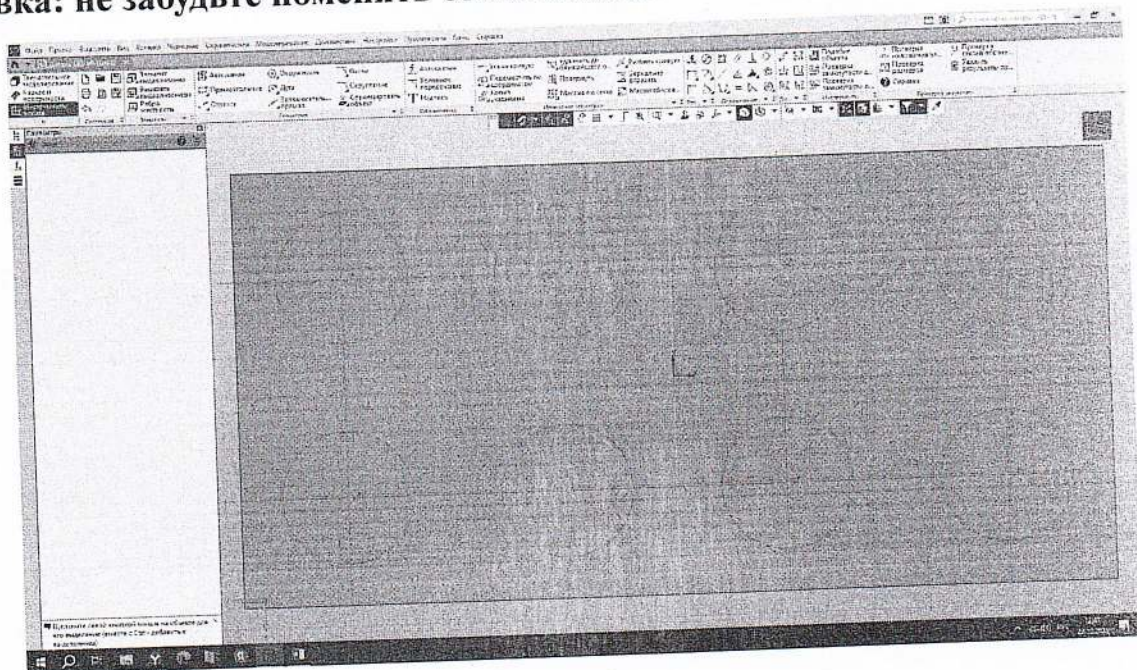


Рис. 3.22

После создания окружностей нажать **Крестик** (рис. 3.7).

Выдавим окружности на расстояние **1.8 мм** с помощью **Элемента выдавливания** (рис. 3.23).

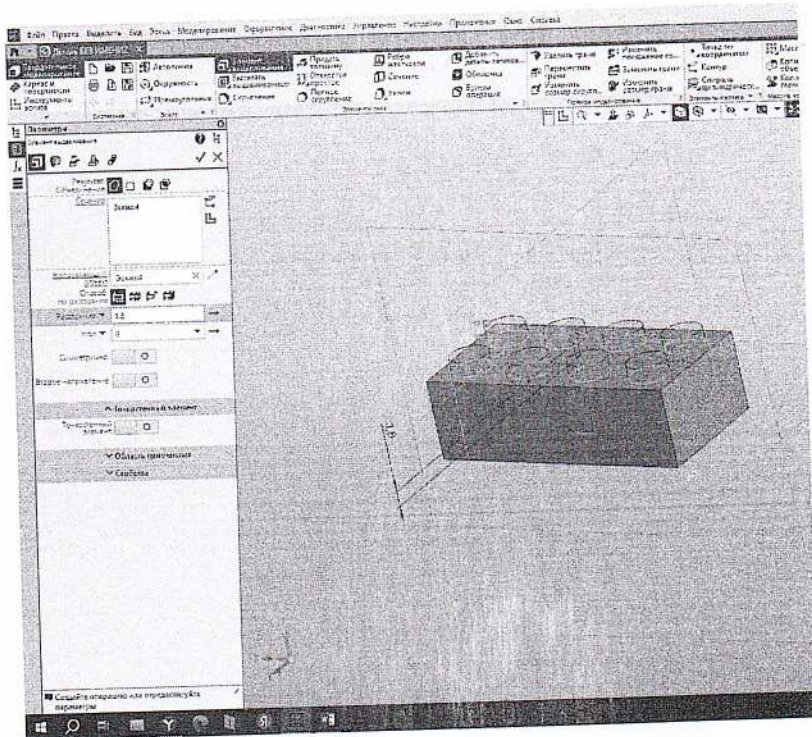


Рис. 3.23

Завершаем операцию выдавливания **Галочкой** и **Крестиком**.

Аналогично создаем студии во внутренней части детали размерами 8.4 мм x 0.6 мм. Выдавите элементы на расстояние 0.4 мм (рис. 3.24-3.25) **!Справка:** для правильного построения воспользуйтесь вспомогательными отрезками. При построении прямоугольников включите оси. Для каждой стороны детали необходимо создавать **новый эскиз!**

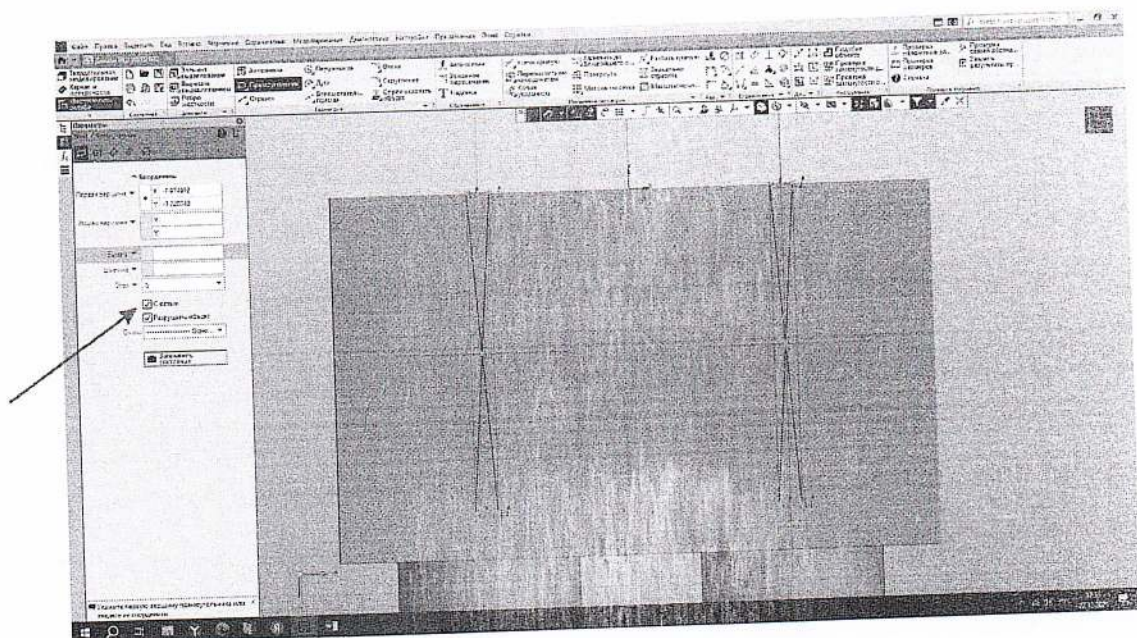


Рис. 3.24

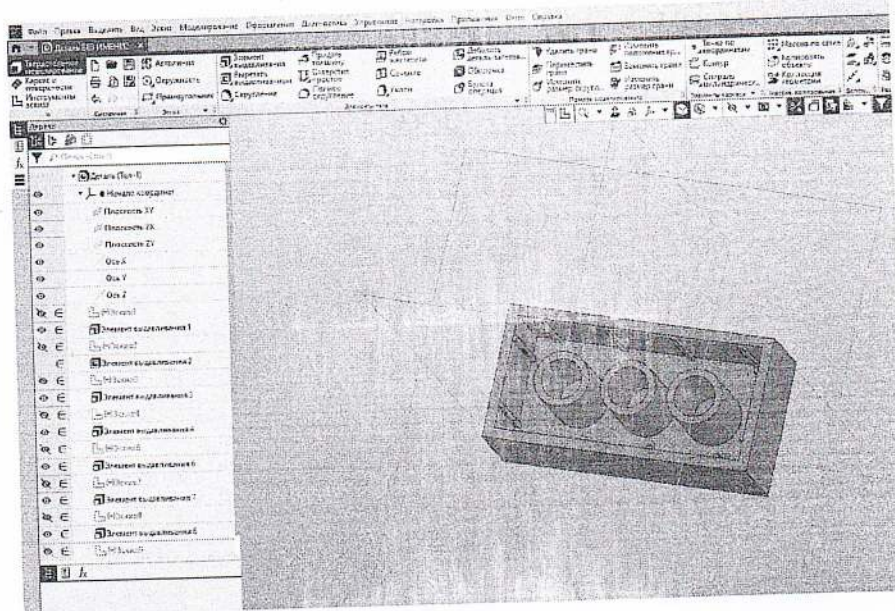


Рис. 3.25

Построим ступы в середине детали размером **0.8 мм x 3.445 мм**, выдавим на расстояние **6.3 мм** аналогичным образом (рис. 3.26).

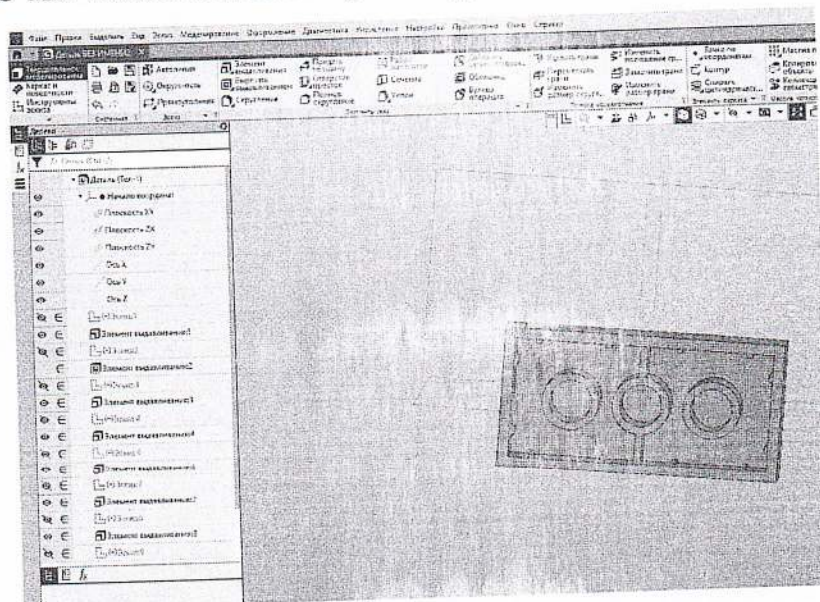


Рис. 3.26

Деталь LEGO готова.

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика}$ ;
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф}$

за кВт·ч;

–  $S_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times$   
коэффициент износа.

## Лабораторная работа 4 «Кубики Сома»

*Цель работы:* научиться создавать сборку из нескольких деталей с помощью инструментов моделирования.

*Задачи:*

- создать семь деталей в виде соединённых кубиков по заданному образцу, соблюдая точные геометрические размеры (25 x 25 x 25 мм на один элементарный куб).
- освоить процедуру сборки: добавление компонентов из файлов, их перемещение и вращение в пространстве сборки.
- научиться использовать инструмент «Совпадение» для точного геометрического сопряжения деталей по граням и рёбрам.
- сформировать итоговую сборку, полностью соответствующую контрольному образцу;
- рассчитать себестоимость изготовления модели (материал, время печати, затраты на постобработку).

*Оборудование и материалы:*

- Компьютер с установленной программой КОМПАС 3D v24;
- Мышь

*Порядок выполнения работы:*

Создать 7 деталей (размер одного кубика **25 мм x 25 мм x 25 мм**) по образцу (рис. 4.1).

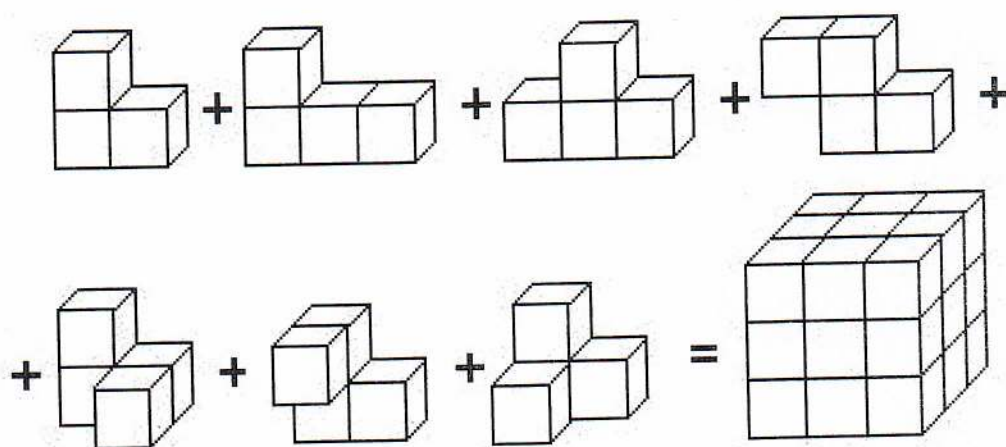


Рис. 4.1

Произвести сборку деталей (рис. 4.2).

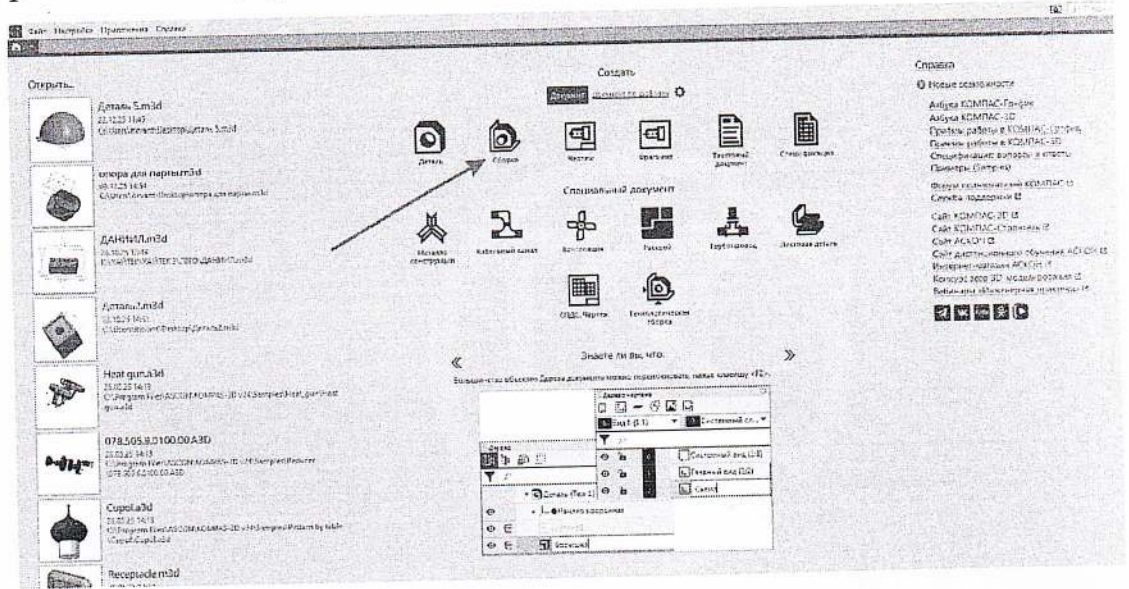


Рис. 4.2

Образец сборки (рис. 4.3).

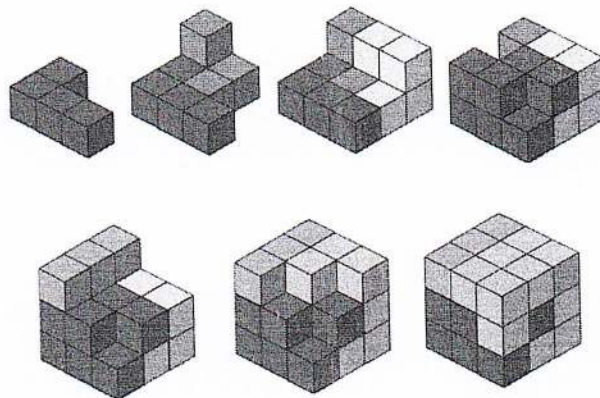


Рис. 4.3

Выбрать действие **Добавить компонент из файла** (рис. 4.4) и выбрать необходимые детали (рис. 4.5).



Сопряжем детали:

Выберем значок **Совпадение** (рис. 4.7)

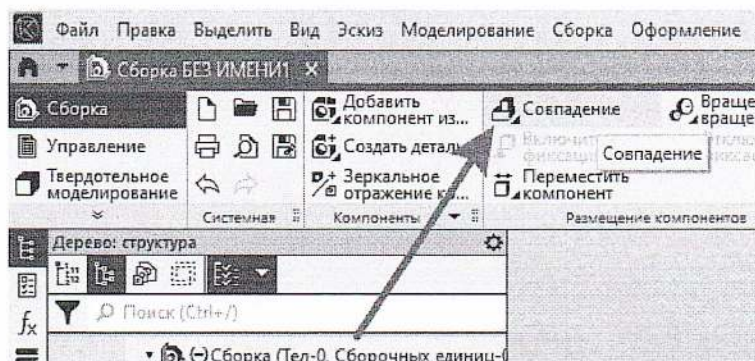


Рис. 4.7

Детали необходимо **сопрягать по ребрам** (рис. 4.8).

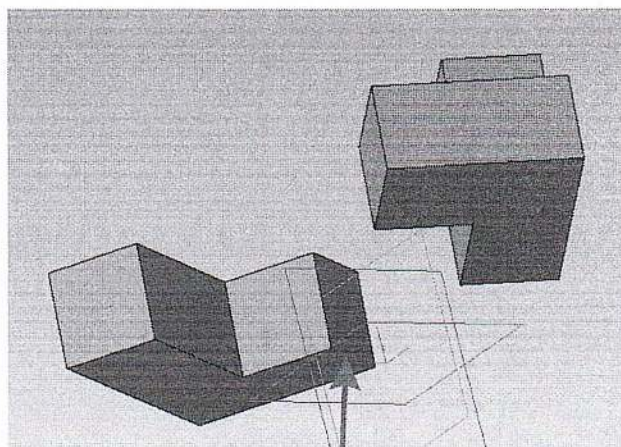


Рис. 4.8

**!Справка: не забывайте, что для лучшего видения вы можете вращать детали зажав правую кнопку мыши!**

**После каждого сопряжения необходимо нажимать Галочку!**

Сопряжение деталей представлено на рис. 4.9.

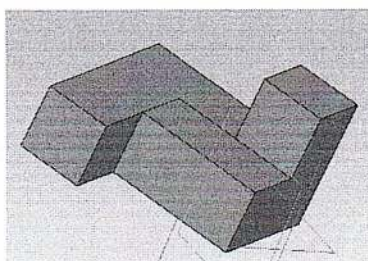


Рис. 4.9

После того, как соединили две детали, нажмите **Крестик**. Только после этого действия можете добавлять новую деталь (рис. 4.4).

**!Справка: если вы хотите повернуть или переместить деталь воспользуйтесь значком Переместить компонент (рис. 4.10). После выполненных действий необходимо нажать Крестик!**

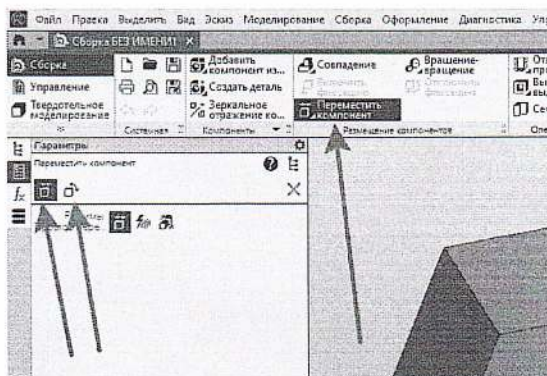


Рис. 4.10

Готовая сборка представлена на рис. 4.14.

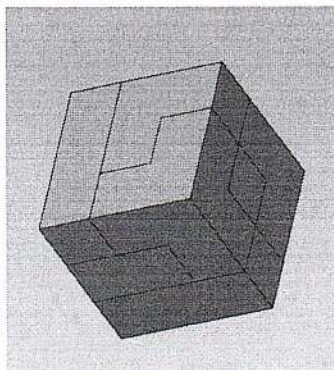


Рис. 4.14

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика}$ ;
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч}$ ;
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа}$ .

## Лабораторная работа 5 «Головоломка адмирала Макарова»

*Цель работы:* научиться создавать сложную сборку из нескольких деталей с использованием инструментов параметрического моделирования, отработать навыки пространственного мышления и точного позиционирования компонентов в сборке.

### *Задачи:*

- создать 3D-модели отдельных деталей головоломки по предоставленным образцам;
- освоить методы сборки в среде моделирования с использованием совмещений, сопряжений и угловых ограничений;
- правильно ориентировать детали в пространстве согласно указанным схемам поворота;
- проанализировать полученную сборку на соответствие итоговому изображению;
- рассчитать себестоимость изготовления модели (материал, время печати, затраты на постобработку).

### *Оборудование и материалы:*

- компьютер с установленной программой КОМПАС 3D v24;
- мышшь.

### *Порядок выполнения работы:*

Создать детали по образцу (рис. 5.1).

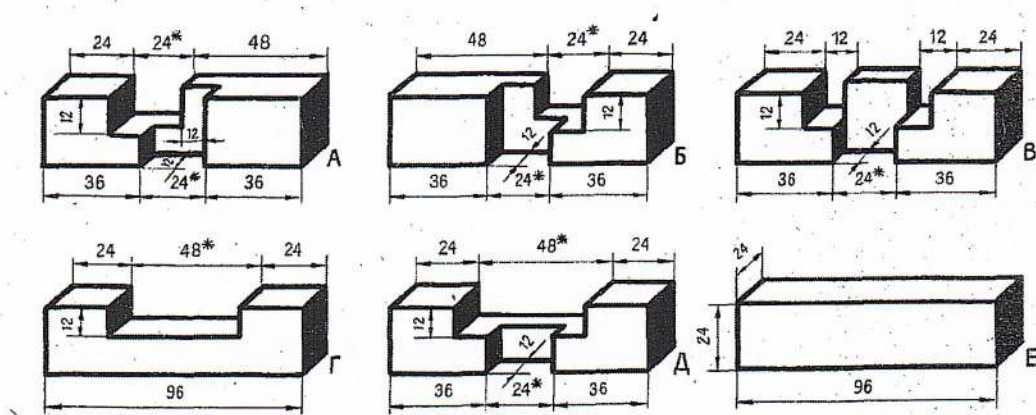


Рис. 5.1

Произвести сборку деталей по образцу (рис. 5.2).

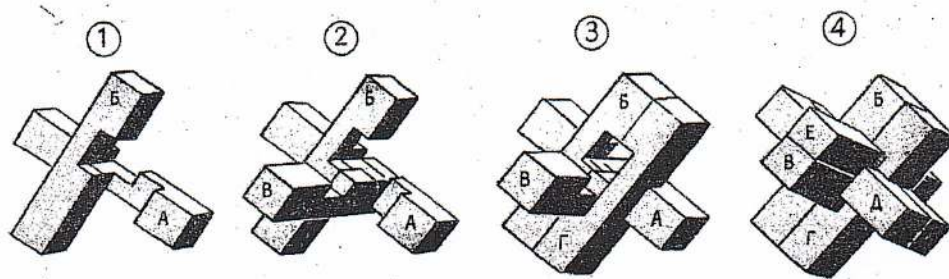


Рис. 5.2

Готовая сборка представлена на рис. 5.3.

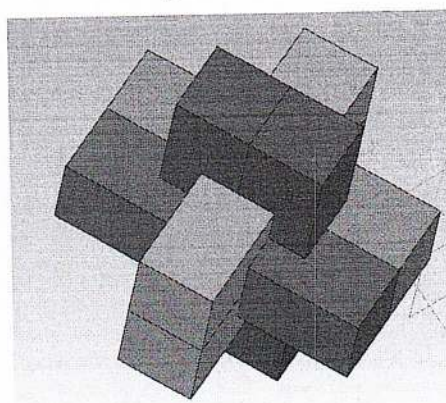


Рис. 5.3

**!Подсказка: при сборке модели деталь А необходимо повернуть, как показано на рис. 5.4. Деталь Д повернуть, как показано на рис. 5.5!**

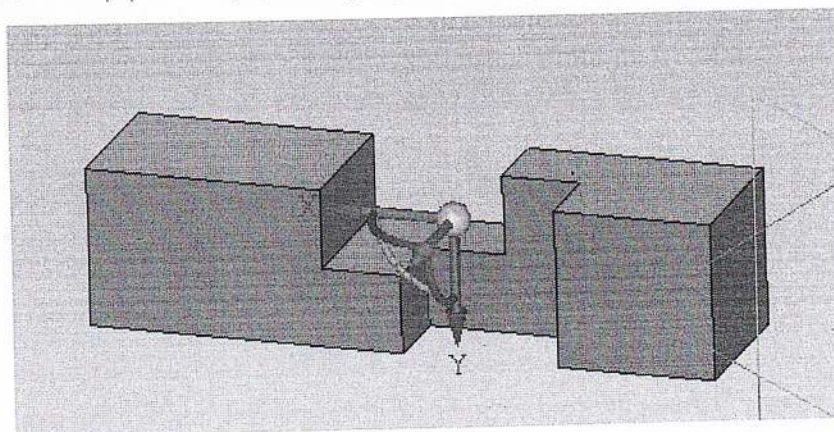


Рис. 5.4

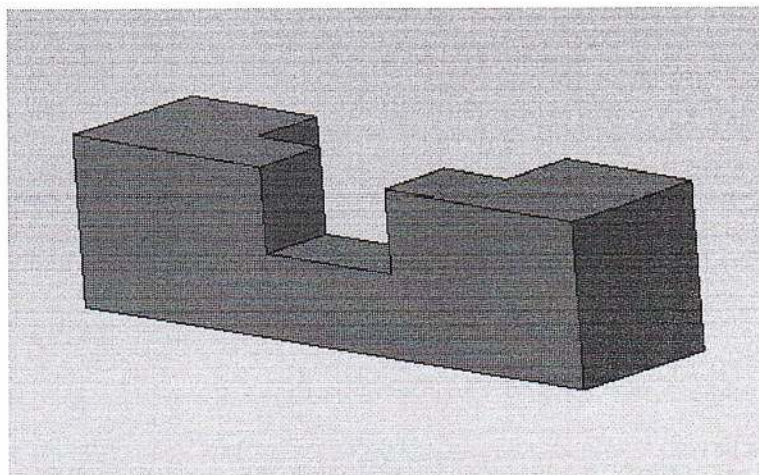


Рис. 5.5

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика};$
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч};$
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа}.$

## Лабораторная работа 6 «Подставка для телефона»

*Цель работы:* научиться создавать трехмерную модель подставки для телефона с помощью инструментов моделирования.

*Задачи:*

- освоить базовые принципы параметрического моделирования через создание и редактирование 2D-эскиза;
- научиться применять геометрические и размерные ограничения для обеспечения точности модели;
- создать готовую 3D-модель подставки для телефона в соответствии заданием;
- рассчитать себестоимость изготовления модели (материал, время печати, затраты на постобработку).

*Оборудование и материалы:*

- компьютер с установленной программой КОМПАС 3D v24;
- мышь

*Порядок выполнения работы:*

С помощью **Отрезка** создать контур будущей модели (рис. 6.1).

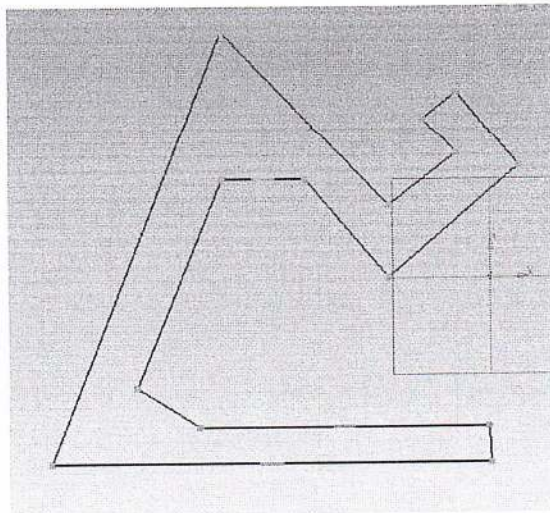


Рис. 6.1

Нажать **Крестик**.

Обозначить **Перпендикулярность (рис. 6.2)** в соответствии с рисунком

3.



Рис. 6.2

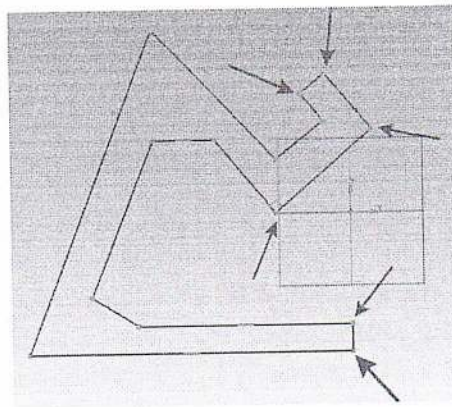


Рис. 6.3

Нажать **Крестик**.

Обозначить **Параллельность** отрезков (рис. 6.4) в соответствии с рисунком 6.5.

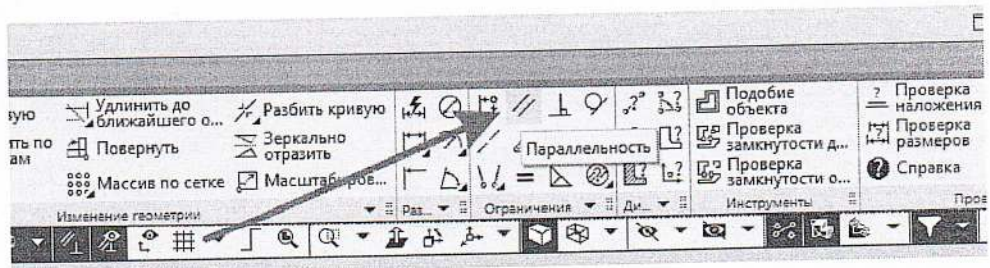


Рис. 6.4

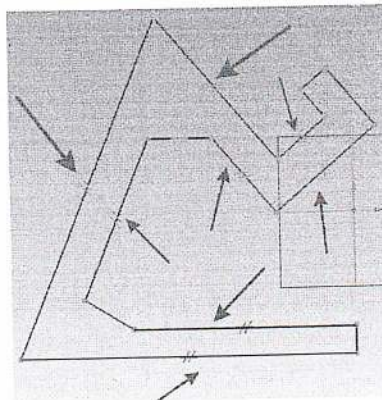


Рис. 6.5

Нажать **Крестик**.

С помощью команды **Авторамер** (рис. 6.6) расставить размеры в соответствии с рисунком 6.7.

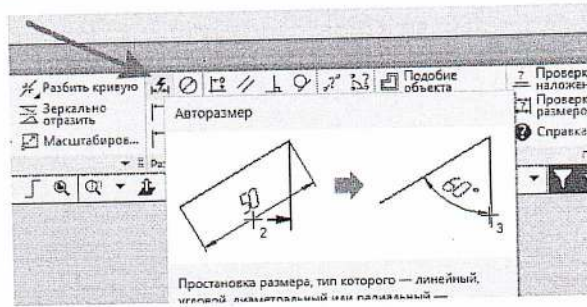


Рис. 6.6

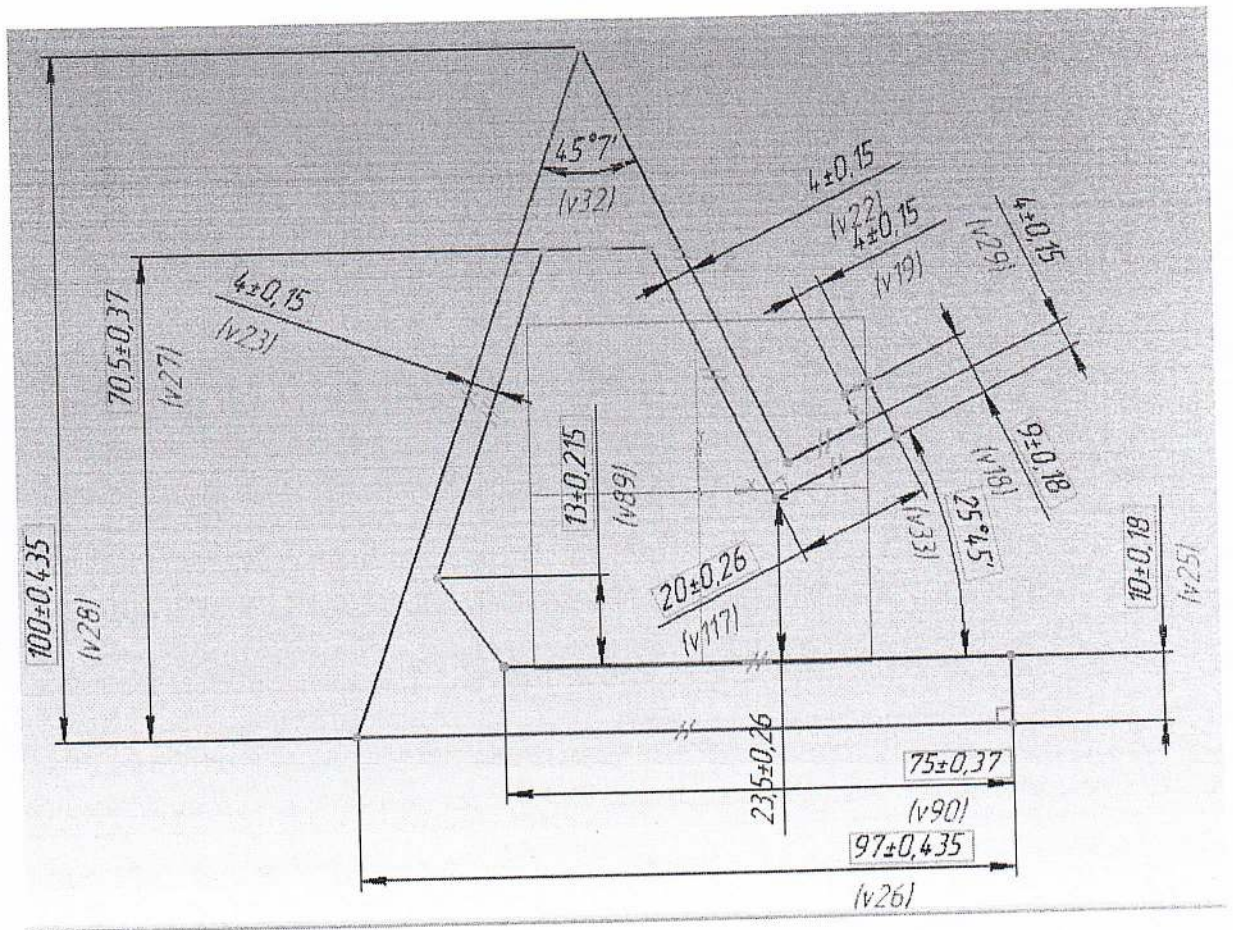


Рис. 6.7

Нажать **Крестик**.

Выбрать **Элемент выдавливания**. Включить опцию **Симметрично** (рис. 6.8).

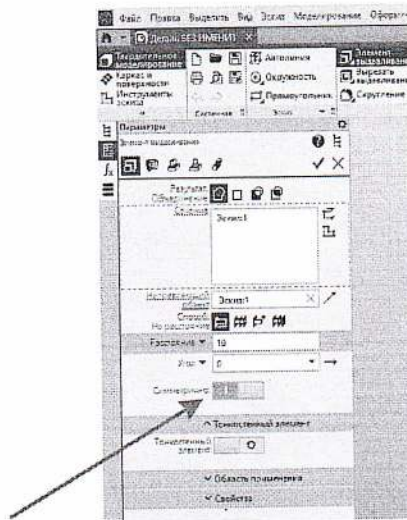


Рис. 6.8

Выдавить модель на расстояние **80 мм** (рис. 6.9).

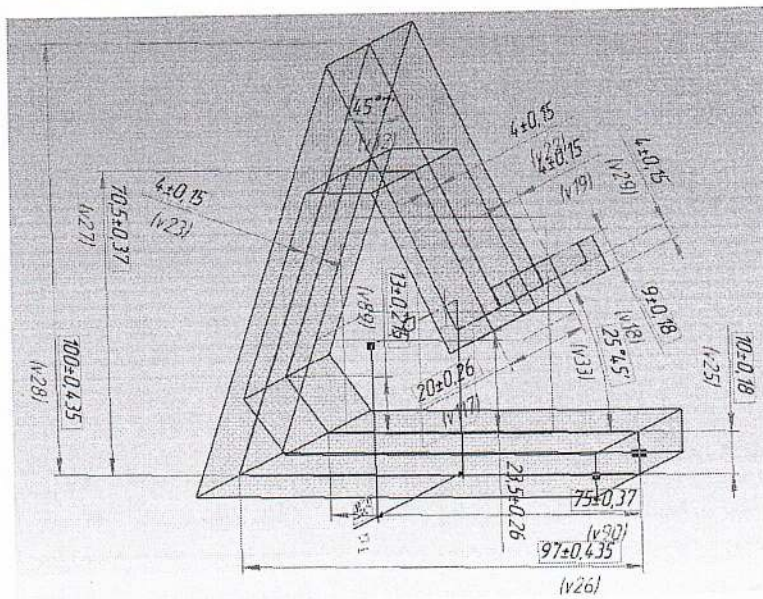


Рис. 6.9

**Нажать Галочку и Крестик.**

С помощью операции **Скругление** скруглить углы на **7 мм** в соответствии с рисунком 6.10.

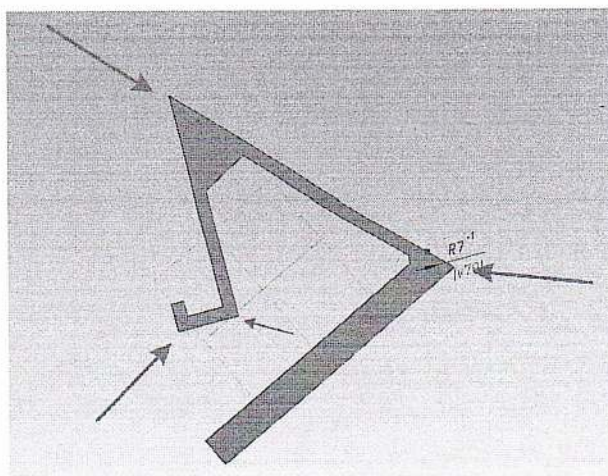


Рис. 6.10

Нажать **Галочку и Крестик**.

С помощью операции **Скругление** скруглить углы на **5 мм** в соответствии с рисунком 6.11.

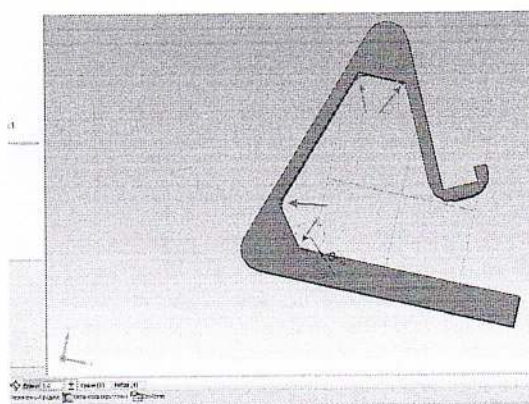


Рис. 6.11

Нажать **Галочку и Крестик**.

С помощью операции **Скругление** скруглить углы на **3 мм** в соответствии с рисунком 6.12.

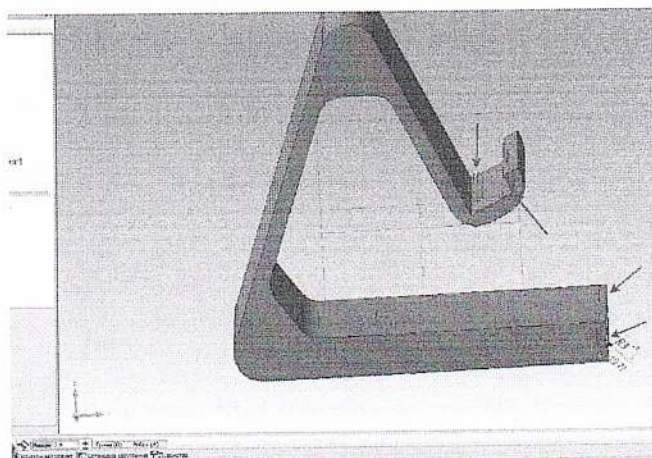


Рис. 6.12

Нажать Галочку и Крестик.

Готовая модель подставки для телефона представлена на рисунке 6.13.

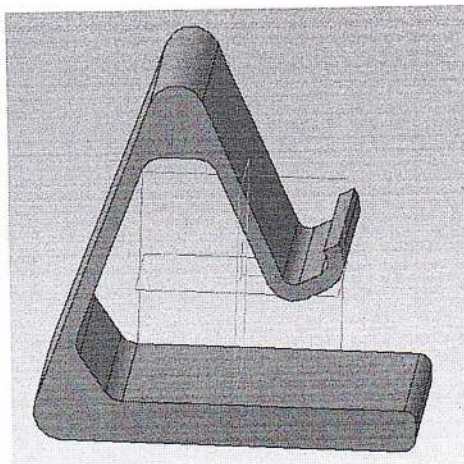


Рис. 6.13

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика};$
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч};$
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа.}$

## **Лабораторная работа 7 «Сравнительный анализ геометрических тел с использованием 3D-сканирования»**

*Цель работы:* изучить методики и режимы 3D-сканирования для объектов различной геометрической формы, текстуры и отражающей способности, а также освоить основные этапы обработки и редактирования полученных 3D-данных.

### *Задачи:*

- подобрать оптимальные режимы сканирования (точность, скорость, тип геометрии/текстуры) для предложенных моделей;
- освоить подготовку объектов и рабочего пространства для качественного сканирования;
- выполнить сканирование объектов с использованием ручного и автоматического режимов;
- провести постобработку сканов: сшивку, очистку, заполнение отверстий, сглаживание и текстурирование;
- экспортировать готовую 3D-модель в форматах STL, OBJ или PLY;
- провести сравнительный анализ качества сканирования в зависимости от выбранных параметров и типа объекта.

### *Перечень оборудования и материалов:*

- 3D сканер Creality CR-Scan Ferret;
- компьютер с установленным программным обеспечением для работы с 3D-сканером;
- мышь;
- набор моделей для сканирования;
- измерительный инструмент (штангенциркуль, линейка) для проверки размеров эталонных тел;
- вращающаяся платформа.

### *Порядок выполнения работы:*

1. Подготовка:

- убедитесь, что у вас установлены и настроены драйвера и программное обеспечение Creality Scan. Проверьте, что сканер подключен к компьютеру и правильно распознается;

- подготовьте объект сканирования: Очистите объект от пыли и грязи. Если объект блестящий, используйте матирующий спрей для улучшения сканирования. Убедитесь, что объект стабилен и не будет двигаться во время сканирования;

- подготовьте рабочее пространство: Обеспечьте достаточное освещение, избегая прямых солнечных лучей и сильных теней. Уберите все посторонние предметы из области сканирования. Рекомендуется использовать вращающуюся платформу для облегчения процесса.

## 2. Настройка сканера:

- подключите сканер к питанию и компьютеру;

- запустите программное обеспечение Creality Scan;

- выберите подходящий режим сканирования: Ferret обычно поддерживает режимы «высокая точность» и «быстрый». Для небольших объектов с большим количеством деталей выбирайте режим «высокая точность»;

- откалибруйте сканер (при необходимости): Следуйте инструкциям в программном обеспечении для калибровки сканера, если это необходимо. Обычно это требуется только при первом использовании или при смене условий сканирования;

- настройте параметры сканирования: Настройте параметры экспозиции, яркости и глубины в соответствии с объектом и условиями освещения. Проведите тестовое сканирование, чтобы отрегулировать эти параметры.

*Процесс сканирования:*

## 3. Начало сканирования:

- нажмите кнопку «Start» или «Scan» в программном обеспечении;

- наведите сканер на объект. Убедитесь, что объект находится в пределах рабочей области сканера;

- двигайте сканером плавно и равномерно вокруг объекта. Следуйте инструкциям в программном обеспечении для поддержания оптимального расстояния и угла между сканером и объектом. Перекрывайте каждый проход предыдущим, чтобы обеспечить достаточное количество данных для сшивания.

#### 4. Сканирование различных сторон объекта:

- сканируйте объект со всех сторон. Постепенно поворачивайте объект (или сканер вокруг объекта) для захвата всех поверхностей. Используйте вращающуюся платформу для облегчения этого процесса;

- сосредоточьтесь на сложных областях: Уделите больше внимания областям с большим количеством деталей или сложной геометрией. Замедлите скорость сканирования в этих областях, чтобы обеспечить более точный захват данных.

#### 5. Контроль прогресса:

- наблюдайте за прогрессом сканирования в программном обеспечении. Программа отображает захваченные данные в реальном времени. Обратите внимание на любые пробелы или области с недостаточной детализацией;

- при необходимости повторите сканирование определенных областей. Если вы заметили пробелы или ошибки в сканировании, вернитесь к этим областям и повторите сканирование.

#### *Обработка данных:*

#### 6. Остановка сканирования:

- Нажмите кнопку «Stop» или «Finish» в программном обеспечении.

#### 7. Обработка данных (в Creality Scan или другом ПО):

- сшивка (Merging): Объедините отдельные сканы в единую 3D-модель. Программное обеспечение автоматически обнаруживает и выравнивает перекрывающиеся области;

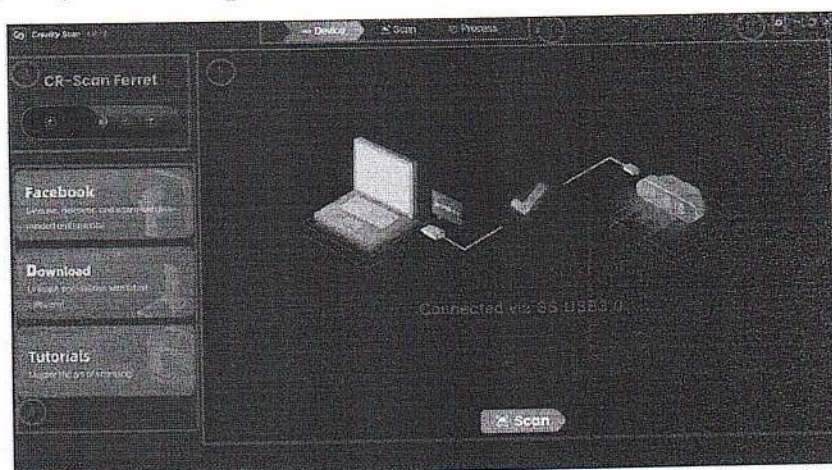
- очистка (Cleaning): Удалите шум и артефакты из сканированных данных;
- заполнение отверстий (Hole Filling): Закройте любые отверстия в 3D-модели. Это важно для создания замкнутой поверхности, необходимой для 3D-печати;
- сглаживание (Smoothing): Уменьшите шероховатость поверхности 3D-модели;
- упрощение (Simplification): Уменьшите количество полигонов в 3D-модели, чтобы уменьшить размер файла и улучшить производительность. Это может быть полезно для больших и сложных моделей;
- выравнивание (Alignment): Убедитесь, что модель правильно ориентирована в пространстве;
- оптимизация: Оптимизируйте модель для 3D-печати или других целей.

## 8. Экспорт:

- Экпортируйте 3D-модель в подходящем формате. Наиболее распространенные форматы: STL, OBJ, PLY. STL обычно используется для 3D-печати, а OBJ и PLY могут содержать информацию о цвете и текстуре.

*Руководство по сканированию:*

**Подтвердите, что «Устройство подключено»**



После открытия Crealty Scan подтвердите состояние подключения устройства:

Если устройство успешно подключено, появится всплывающее окно: «Устройство подключено. Вы хотите начать сканирование? В противном случае, пожалуйста, проверьте подключение».

При запуске программного обеспечения Creality Scan пользователям отображается пользовательский интерфейс устройства.


1. **Главное меню:** команда «Устройство» отображает информацию о сканере. Команда «Сканировать» открывает интерфейс сканирования. Команда «Процесс» открывает интерфейс процесса.

2. **Настройка системы:** Укажите язык; ссылка на это руководство онлайн.


3. Отображайте цифры сканера.

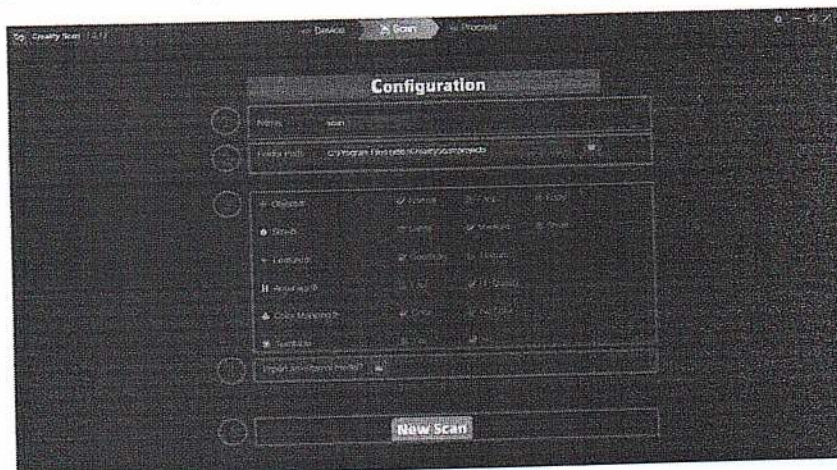
4. Покажите несколько веб-сайтов.



5. С помощью анимации, показанной в этом разделе, пользователи могут правильно подключить сканер к своему компьютеру.

Значок : начать сканирование.

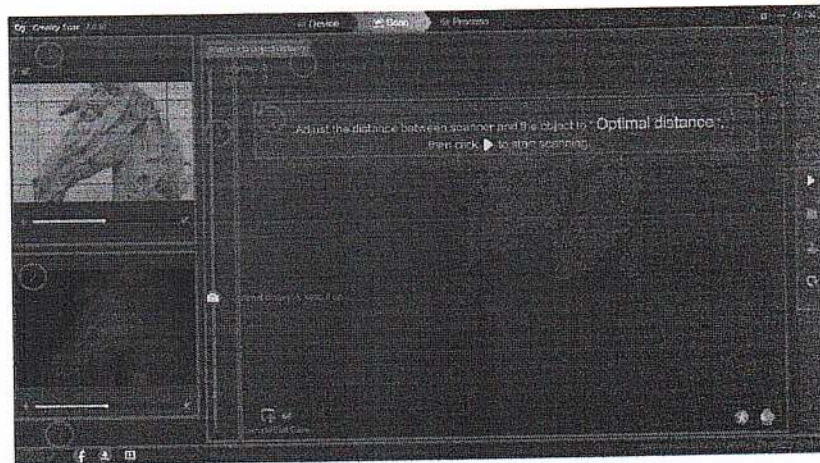
### Настройка перед сканированием


После успешного подключения устройство готово к сканированию. Нажмите «Да» во всплывающем окне или  на странице «Устройство», чтобы перейти на страницу настроек проекта. Настройте желаемые рабочие характеристики, как описано в разделе 3. Настройка проекта во введении к пользовательскому интерфейсу.




1. **Название:** Отобразите название создаваемой модели по умолчанию. При необходимости переименуйте его.
2. **Путь к папке:** отобразите папку с файлами модели, которую нужно сохранить. При необходимости измените.
3. **Настройки проекта**
4. **Импортируйте внешнюю модель:** импортируйте 3D-модель в форматах PLY, .OBJ или STL в Creality Scan, чтобы продолжить сканирование и зафиксировать больше деталей. Значок : выберите файл.
5. Значок : Начать новое сканирование.


### Предварительный просмотр




После выбора объекта, размера, особенностей, точности и параметров отображения цветов нажмите  для перехода на страницу сканирования. В левой части окна предварительного просмотра 3D-модели отображается расстояние. Расположите сканер на «**оптимальном расстоянии**» от объекта и старайтесь сохранять его во время сканирования.


При нажатии на  в пользовательском интерфейсе настроек проекта пользователям отображается пользовательский интерфейс сканирования.

1. **Камера RGB:** отображает изображение, снятое камерой RGB с текстурой.

Значок : эта опция помогает расположить сканируемый объект так, чтобы его могли видеть камеры.


Значок : яркость можно настроить вручную для достижения наилучших результатов.


2. **ИК-камера:** отображает ИК-изображение, снятое с текущей настройкой экспозиции.

Значок : яркость можно настроить вручную для достижения наилучших результатов (области, не отображаемые красным или синим цветом). Несмотря на то, что программное обеспечение может автоматически настраиваться для поиска подходящей настройки, не забывайте настраивать вручную, чтобы избежать изменений экспозиции, которые могут помешать сбору данных.

3. **Расстояние для сканирования:** расположите сканер на таком расстоянии от объекта, чтобы он находился в идеальной зоне для обеспечения точности сканирования. Отрегулируйте оптимальное расстояние в соответствии с подсказкой.



4. **Окно предварительного просмотра 3D-модели:** отображает данные 3D-модели, которые будут получены при запуске сканирования, или все данные, которые были получены после запуска сканирования. Модель можно перетаскивать или увеличивать в области предварительного просмотра 3D-модели с помощью мыши (левая кнопка мыши: поворот модели; колесико мыши: увеличение/уменьшение).


Значок : исключить облако точек на плоской поверхности во время сканирования.


Значок : остановить текущий проект сканирования и обработку облаков точек в пользовательском интерфейсе.


5. **Подсказка:** Отображение некоторых подсказок во время сканирования.

6. **Функциональные кнопки:**

Значок  /  : запуск / приостановка сканирования.


Значок : остановка текущего проекта сканирования и обработка облаков точек в пользовательском интерфейсе.

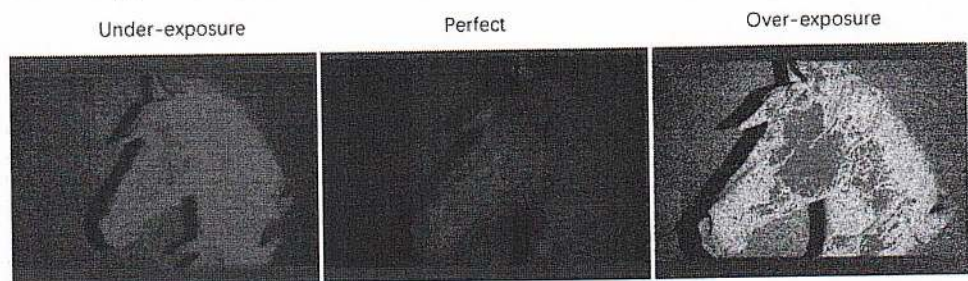
Значок:  удаление всех сохраненных облаков точек.

Значок:  удаление всего проекта для повторного запуска с пользовательского интерфейса устройства.


7. **Строка состояния:** Отображает подключение устройства и настройки проекта.

### Отрегулируйте яркость в камере глубины


Настройте значок «Солнце»  на маленьком дисплее. Если возможно, сначала попробуйте автоматический режим, но перед записью данных переключитесь на ручной режим, чтобы избежать зависания.




### Начать или приостановить сканирование

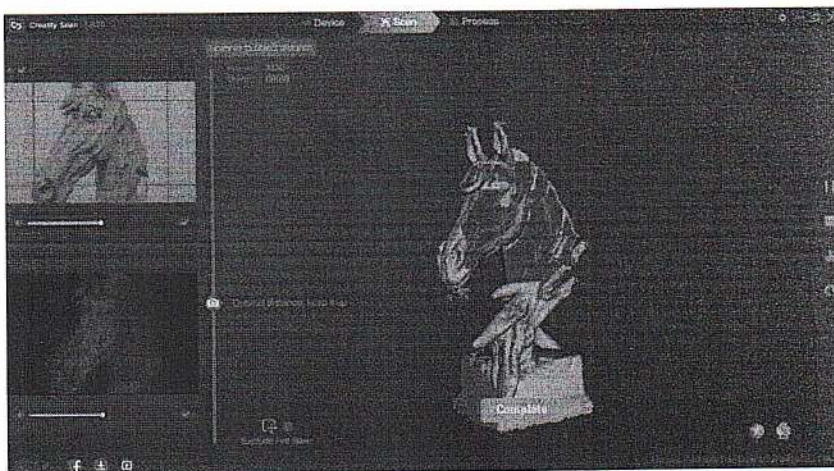
Нажмите  для запуска/приостановки сканирования. Во время сканирования убедитесь, что облако точек в окне «Камера глубины» соответствует требованиям, а шкала расстояния остается в положении «Идеально». Во время сканирования перемещайте сканер медленно и осторожно, сохраняя относительно фиксированное расстояние. После нажатия кнопки «Пауза» можно возобновить сканирование (например, после перемещения сканера или сканируемого объекта).



### Исключить Плоское Основание

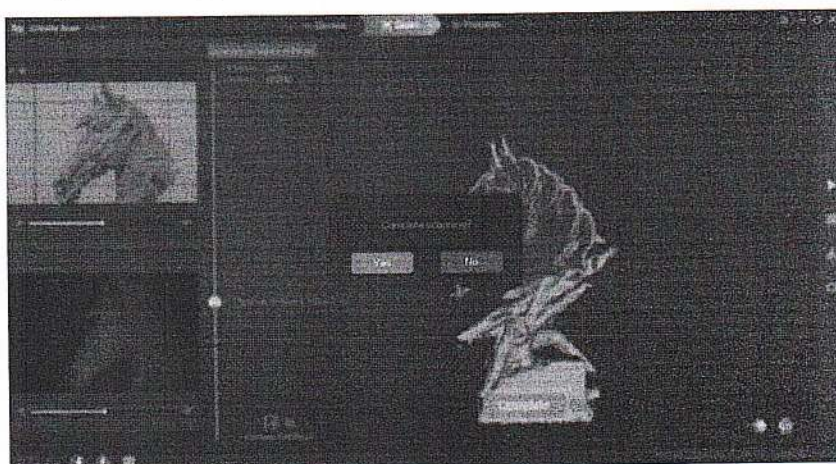
Нажмите на значок , чтобы исключить плоское основание, которое может оказывать негативное влияние во время сканирования. Эта функция настоятельно рекомендуется при сканировании небольшой цели на столе.

### Полное сканирование

Нажмите  для отображения карты качества. Вам нужно тщательно сканировать объект, пока вся карта качества не станет зелёной.



Если требуется облако точек, нажмите значок «Готово»  or , затем нажмите кнопку «Да» во всплывающем окне, чтобы завершить сканирование. После этого пользователи перейдут на страницу «Обработка» для дальнейшей обработки данных.



### Облако Точек предохранителя

Следующий шаг — объединение отсканированных 3D-облаков точек для получения более качественной модели облака точек. Эту функцию можно выполнить двумя способами. В автоматическом режиме для оптимизации

объединения облаков точек используются параметры по умолчанию. В ручном режиме вы можете настроить желаемое разрешение облака точек (то есть шаг точек). Чем меньше шаг точек, тем выше детализация 3D-модели.





1. **Окно предварительного просмотра 3D-модели:** отображает данные 3D-модели, которые будут получены при запуске сканирования, или все данные, полученные после запуска сканирования. Модель можно перетаскивать или увеличивать в области предварительного просмотра 3D-модели с помощью мыши (левая кнопка мыши: поворот модели; колесико мыши: увеличение/уменьшение).

2. **Подсказка:** Отображение некоторых подсказок во время обработки.


3. **Функциональные кнопки:**


Значок  Обработка в один клик. Обработка в один клик для завершения всех операций.


Значок  Оптимизация облака точек. Интегрируйте отсканированные облака точек для получения высококачественных моделей облаков точек. Это можно сделать двумя способами. Автоматический режим использует параметры по умолчанию для оптимизации слияния облаков точек. Ручной режим позволяет самостоятельно настраивать параметры.

Значок  Создание сетки. Преобразуйте отсканированные данные 3D-облака точек в треугольники. Эту функцию можно выполнить двумя

способами. В автоматическом режиме сетки создаются с параметрами по умолчанию. В ручном режиме вы можете настроить параметры самостоятельно. Если при определении режима сканирования выбрано «Без цвета», модель будет состоять только из облака точек и информации о сетке. Если выбрано «Цвет», модель также будет содержать информацию о цвете каждой точки.

Значок  **Текстурирование.** Будет создана UV-карта для раскрашивания модели сетки.

Значок  **Очистить сканирование.** Это позволит очистить все отсканированные данные и начать новое сканирование.

Значок  **Экспортируйте** готовую 3D-модель. Формат. Поддерживаются форматы .PLY, .OBJ и .STL. Облако точек будет экспортировано одновременно с файлом сетки.


### **Редактировать Облако точек**



1. **Панель инструментов:** отображение инструментов редактирования.

Значок  **выбора лассо.**


Значок  **выбора прямоугольника.**

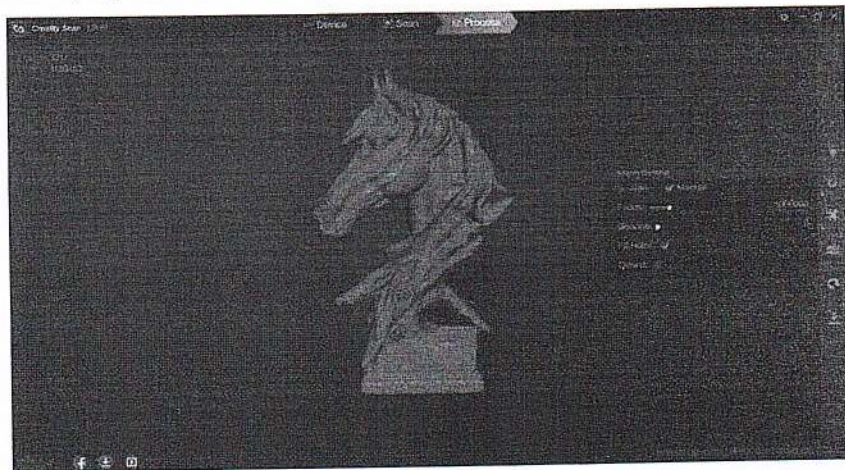
Значок  **удаления.** Удаление выделенных точек.

Значок  отмены. Восстановление удаленных точек.

2. **Подсказка:** отобразите подсказку о работе мыши.

### Сцепление

Нажмите  для начала преобразования отсканированных данных облака точек в сетку. Эту функцию можно выполнить двумя способами. В автоматическом режиме модель сетки создаётся с параметрами по умолчанию. В ручном режиме вы можете настроить параметры самостоятельно. Вы можете задать количество желаемых граней, уровень шумоподавления, а также заполнить отверстия и получить замкнутую модель. Чем выше уровень шумоподавления, тем более гладкой будет сетка. Режим заполнения отверстий автоматически заполняет отверстия в модели. Закрытый режим автоматически генерирует геометрически замкнутую 3D-модель для модели с отсутствующими поверхностями. Если при определении режима сканирования не выбран цвет, модель будет состоять только из облаков точек и информации о сетке. Если выбран цвет, модель также будет содержать информацию о цвете каждой точки.

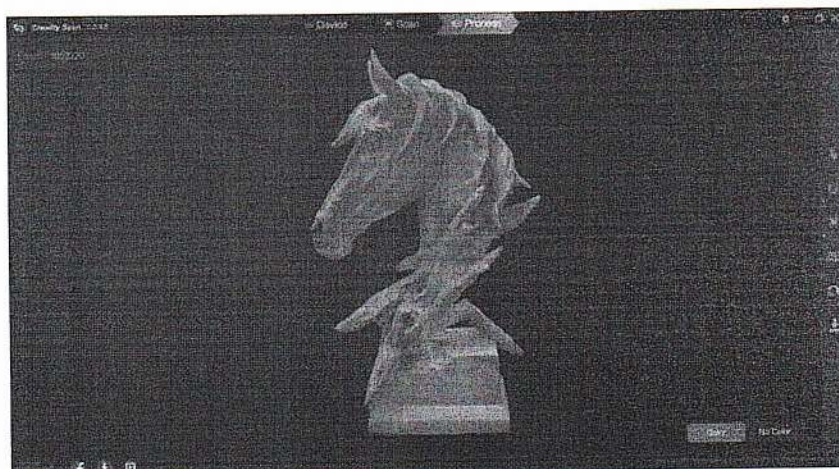





## Текстурирование

Функция «Текстура» применяется только в режиме сканирования с выбранным параметром «Цвет».

Нажмите  для применения текстуры к модели.



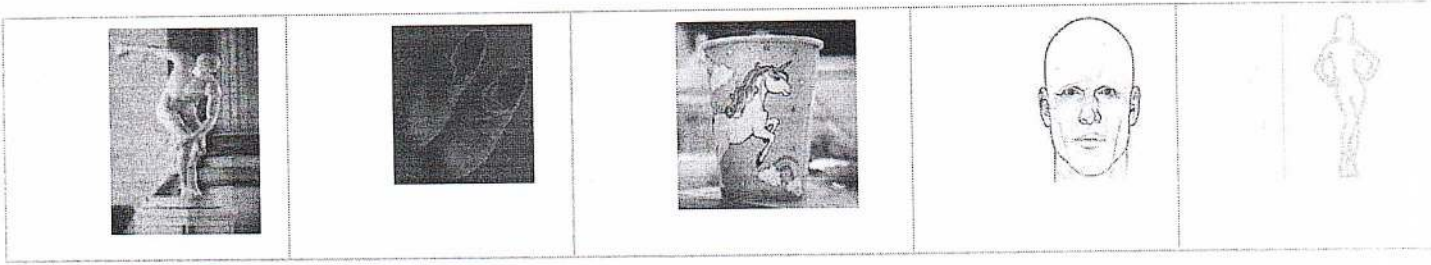
## Экспорт

Нажмите  для экспорта 3D-модели. Выберите имя файла и формат файла (поддерживаются .PLY, .OBJ и .STL).

## Сканировать объекты

Чтобы обеспечить качество модели, объекты, пригодные для сканирования, делятся на 5 типов в соответствии с их размерами, указанными в таблице ниже.

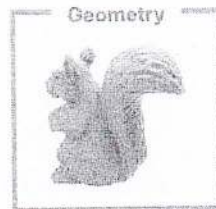
|                                    |                                  |                                |      |      |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------|------|
| 50<br>см<Крупные<br>объекты<200 см | 25<br>см<Средний<br>объект<50 см | 15 см<Мелкие<br>предметы<25 см | Лицо | Тело |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|------|------|



### Тип объекта

#### – Геометрия:

Этот режим сканирования идеально подходит для съёмки объектов с замысловатыми геометрическими деталями и неправильной формы. Однако он может не подойти для объектов с большим количеством плоскостей или окружностей. Этот режим особенно рекомендуется для сканирования таких материалов, как гипсовые портреты и изделия ручной работы.


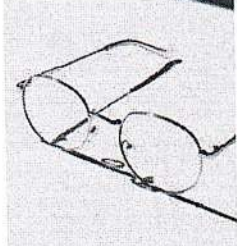



#### – Текстура:

Этот режим сканирования лучше всего подходит для объектов с богатой текстурой и сложными цветовыми узорами. Однако он может оказаться неэффективным при сканировании объектов с однотонной или повторяющейся текстурой. Настоятельно рекомендуется использовать этот режим при сканировании таких объектов, как столы с текстурой древесины.



Режим «Текстура» очень полезен, так как его можно использовать для сканирования различных объектов, если на их поверхности можно закрепить или нарисовать маркеры.

|  |  |  |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Высокая<br>отражающая способность  | Прозрачный   | Живые животные   |

Не

рекомендуется выделять отражающие (металлические или покрытые лаком) объекты, полупрозрачные и прозрачные (стеклянные чашки, стаканы). Такие объекты для сканирования необходимо посыпать (жидкой пудрой, мукой, шампунем для химической чистки, закрепителем) и затем сканировать. Не рекомендуется сканировать легко деформируемые объекты (например, мягкие сумки, животных).

### Не рекомендуемый объект

#### Параметр точности

**Быстро:** более быстрое сканирование, но точность в этом режиме относительно ниже, чем при сканировании высокого качества.

**Высокое качество:** можно добиться более высокой точности сканирования. Однако время обработки будет относительно больше.

#### Цветная карта

– **Карта/цвет:** окончательный результат обработки модели прилагается с цветовой картой (Creality Scan может экспортировать только цветные объекты в форматах PLY и OBJ).



– **Без карты/без цвета:** окончательная обработанная модель отображается сплошным цветом без какой-либо информации о цвете, сохраняется только информация о форме.

No Color



## Лабораторная работа 8 «Сканирование объекта»

*Цель работы:* освоить технологию 3D-сканирования на примере конкретного объекта, получить практические навыки работы с 3D-сканером и программным обеспечением для обработки данных, создать готовую к использованию 3D-модель.

### *Задачи:*

- подготовить объект и оборудование к сканированию;
- выполнить сканирование объекта с максимальным качеством;
- обработать полученные данные: выполнить сшивку, очистку, заполнение отверстий, сглаживание и оптимизацию модели;
- проанализировать и устранить возможные артефакты и ошибки в модели;
- экспортировать модель в подходящем формате для дальнейшего использования;
- оценить временные затраты на сканирование и постобработку.

### *Перечень оборудования и материалов:*

- 3D сканер Creality CR-Scan Ferret;
- компьютер с установленным программным обеспечением для работы с 3D-сканером;
- мышь;
- набор моделей для сканирования;
- вращающаяся платформа.

### *Задание к лабораторной работе:*

1. Для выполнения работы получите у преподавателя 3D-сканер и объект для сканирования, согласно вашему варианту.
2. Выполните сканирование объекта, получив при этом максимально возможное качество модели.
3. Продемонстрируйте результат преподавателю.

### *Порядок выполнения работы:*

9. Подготовка:

– убедитесь, что у вас установлены и настроены драйвера и программное обеспечение Creality Scan. Проверьте, что сканер подключен к компьютеру и правильно распознается;

– подготовьте объект сканирования: Очистите объект от пыли и грязи. Если объект блестящий, используйте матирующий спрей для улучшения сканирования. Убедитесь, что объект стабилен и не будет двигаться во время сканирования;

– подготовьте рабочее пространство: Обеспечьте достаточное освещение, избегая прямых солнечных лучей и сильных теней. Уберите все посторонние предметы из области сканирования. Рекомендуется использовать вращающуюся платформу для облегчения процесса;

#### 10. Настройка сканера:

– подключите сканер к питанию и компьютеру;

– запустите программное обеспечение Creality Scan;

– выберите подходящий режим сканирования: Ferret обычно поддерживает режимы «высокая точность» и «быстрый». Для небольших объектов с большим количеством деталей выбирайте режим «высокая точность»;

– откалибруйте сканер (при необходимости): следуйте инструкциям в программном обеспечении для калибровки сканера, если это необходимо. Обычно это требуется только при первом использовании или при смене условий сканирования;

– настройте параметры сканирования: настройте параметры экспозиции, яркости и глубины в соответствии с объектом и условиями освещения. Проведите тестовое сканирование, чтобы отрегулировать эти параметры.

#### *Процесс сканирования:*

#### 11. Начало сканирования:

– нажмите кнопку «Start» или «Scan» в программном обеспечении;

- наведите сканер на объект. Убедитесь, что объект находится в пределах рабочей области сканера;

- двигайте сканером плавно и равномерно вокруг объекта. Следуйте инструкциям в программном обеспечении для поддержания оптимального расстояния и угла между сканером и объектом. Перекрывайте каждый проход предыдущим, чтобы обеспечить достаточное количество данных для сшивания.

## 12. Сканирование различных сторон объекта:

- сканируйте объект со всех сторон. Постепенно поворачивайте объект (или сканер вокруг объекта) для захвата всех поверхностей. Используйте вращающуюся платформу для облегчения этого процесса;

- сосредоточьтесь на сложных областях: Уделите больше внимания областям с большим количеством деталей или сложной геометрией. Замедлите скорость сканирования в этих областях, чтобы обеспечить более точный захват данных.

## 13. Контроль прогресса:

- наблюдайте за прогрессом сканирования в программном обеспечении. Программа отображает захваченные данные в реальном времени. Обратите внимание на любые пробелы или области с недостаточной детализацией;

- при необходимости повторите сканирование определенных областей. Если вы заметили пробелы или ошибки в сканировании, вернитесь к этим областям и повторите сканирование.

### *Обработка данных:*

## 14. Остановка сканирования:

- Нажмите кнопку «Stop» или «Finish» в программном обеспечении.

## 15. Обработка данных (в Creality Scan или другом ПО):

- сшивка (Merging): Объедините отдельные сканы в единую 3D-модель. Программное обеспечение автоматически обнаруживает и выравнивает перекрывающиеся области;

- очистка (Cleaning): Удалите шум и артефакты из сканированных данных;
- заполнение отверстий (Hole Filling): Закройте любые отверстия в 3D-модели. Это важно для создания замкнутой поверхности, необходимой для 3D-печати;
- сглаживание (Smoothing): Уменьшите шероховатость поверхности 3D-модели;
- упрощение (Simplification): Уменьшите количество полигонов в 3D-модели, чтобы уменьшить размер файла и улучшить производительность. Это может быть полезно для больших и сложных моделей;
- выравнивание (Alignment): Убедитесь, что модель правильно ориентирована в пространстве;
- оптимизация: Оптимизируйте модель для 3D-печати или других целей.

#### 16. Экспорт:

- экспортируйте 3D-модель в подходящем формате. Наиболее распространенные форматы: STL, OBJ, PLY. STL обычно используется для 3D-печати, а OBJ и PLY могут содержать информацию о цвете и текстуре.

## **Лабораторная работа 9 «Изучение параметров лазерной гравировки и их влияния на качество изображения»**

*Цель работы:* изучить влияние различных параметров лазерной гравировки (мощность лазера, скорость гравировки, разрешение) на качество получаемого изображения, включая глубину гравировки, контрастность и детализацию.

### *Задачи:*

- изучить теоретические основы лазерной гравировки и её параметров;
- освоить подготовку материала (фанеры) к гравировке;
- научиться настраивать лазерный гравер (на примере Mooz 3DF Plus) и управлять им через ПО;
- провести серию экспериментов с варьированием мощности, скорости и количества проходов;
- проанализировать полученные образцы, оценив качество гравировки по заданным критериям;
- сформулировать рекомендации по выбору параметров для гравировки на фанере;
- оценить затраты на гравировку при разных параметрах (материал, время, мощность).

### *Оборудование и материалы:*

- учебная модульная станция;
- фанера;
- штангенциркуль или микрометр;
- компьютер с программным обеспечением для управления лазерным гравером;
- мышь
- набор тестовых изображений;
- набор для шлифовки;
- защитные очки для лазерной работы.

### *Техника безопасности:*

- Строго соблюдайте инструкции по безопасности, прилагаемые к лазерному граверу.
- **!!!**Всегда используйте защитные очки, предназначенные для работы с лазерным излучением**!!!**
- Убедитесь, что в помещении обеспечена хорошая вентиляция.
- Никогда не оставляйте работающий лазерный гравер без присмотра.
- Убедитесь, что рядом нет легковоспламеняющихся материалов.

### *Задание к лабораторной работе:*

1. Создайте файл для гравировки, содержащий набор тестовых изображений (линии разной толщины, окружности, текст разных размеров и шрифтов).
2. Зафиксируйте мощность лазера и скорость гравировки.
3. Разделите тестовое изображение на несколько участков, каждый из которых будет гравироваться с разными мощностью и скоростью.

### *Порядок выполнения работы:*

1. Подготовка дерева:
  - поверхность: убедитесь, что поверхность дерева ровная, чистая и гладкая. Отшлифуйте поверхность наждачной бумагой с мелкой зернистостью, чтобы удалить любые неровности. Удалите пыль тряпкой или сжатым воздухом.
2. Настройка Mooz 3DF Plus:
  - импорт изображения: Импортируйте ваше подготовленное изображение в программное обеспечение;
  - размер и положение: Задайте размер изображения в программном обеспечении в соответствии с размером вашего деревянного изделия. Позиционируйте изображение на виртуальной рабочей поверхности так, чтобы оно соответствовало положению дерева на станке;

- параметры лазера: Это ключевой этап! Правильные настройки мощности и скорости определяют качество гравировки;

- мощность: Начните с низкой мощности (например, 10-20%) и постепенно увеличивайте ее, пока не получите желаемый результат. Более высокая мощность быстрее прожигает дерево, но может привести к обгоранию;

- скорость: Начните с низкой скорости (например, 100-200 мм/мин) и постепенно увеличивайте ее. Более низкая скорость позволяет лазеру дольше прожигать дерево, что приводит к более темной и глубокой гравировке. Более высокая скорость приводит к более светлой и менее глубокой гравировке;

- количество проходов: Если одного прохода недостаточно для достижения желаемой глубины, можно увеличить количество проходов;

- фокусировка лазера: Очень важно правильно сфокусировать лазер. Следуйте инструкциям в руководстве к Mooz 3DF Plus, чтобы правильно сфокусировать лазер на поверхности дерева. Неправильная фокусировка приведет к размытой и некачественной гравировке.

### 3. Гравировка:

- загрузите файл: Загрузите файл с параметрами лазерной гравировки в Mooz 3DF Plus;

- закрепите дерево: Надежно закрепите деревянное изделие на рабочей поверхности, чтобы оно не двигалось во время гравировки;

- запустите гравировку: Запустите процесс гравировки и внимательно следите за ним. Убедитесь, что лазер работает правильно и что нет никаких проблем;


- вентиляция: Убедитесь, что помещение хорошо проветривается, так как лазерная гравировка дерева может выделять дым и вредные вещества. Используйте систему вытяжки, если она есть.

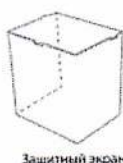
### 4. После обработки:

- очистка: После завершения гравировки дайте дереву остыть. Удалите пыль и остатки с помощью щетки или ткани;

– отделка (опционально): Вы можете нанести слой лака, масла или воска на гравировку, чтобы защитить ее и улучшить внешний вид.

### Руководство по работе с лазерным модулем:

 **Примечание:** при работе с модулем лазерной гравировки обязательно надевайте защитные очки и используйте защитный экран!

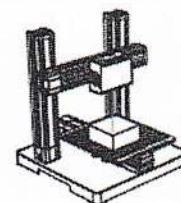
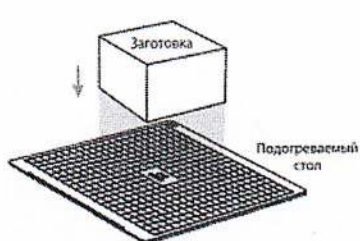


Защитный экран

Не прикасаться!

#### 4.1 Замена модуля и установка заготовки

**Пошаговая инструкция:** разместите заготовку на подогреваемом столе, не выходя за границы размеченной координатной сетки. Зафиксируйте заготовку на рабочей поверхности подогреваемого стола при помощи небольшой полоски двустороннего скотча.

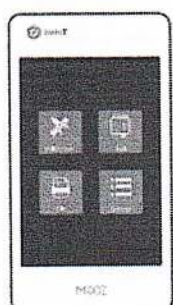


Все функциональные модули должны быть закреплены на устройстве с использованием набора отверстий справа

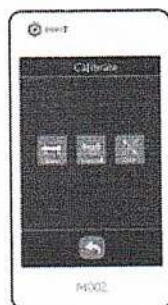
Наденьте защитные очки для калибровки фокусного расстояния и нулевой точки

#### 4.2 Установка нулевой точки

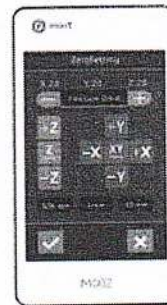
**Пошаговая инструкция:**



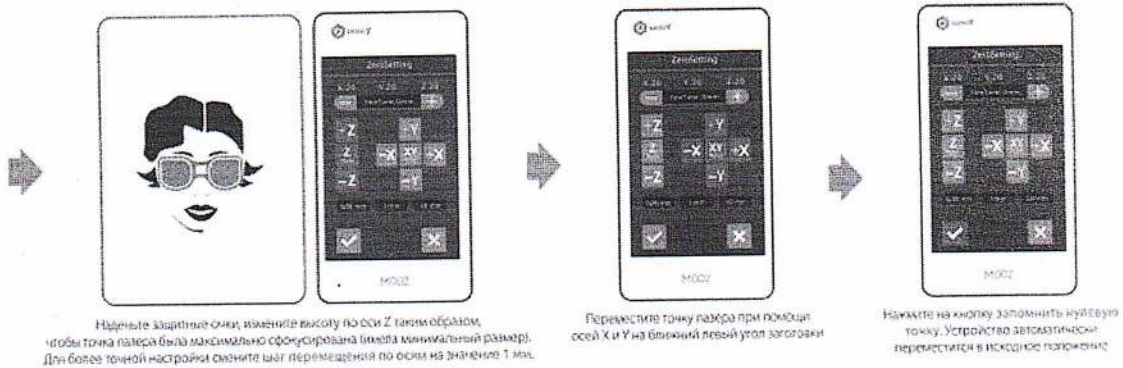
Нажмите на кнопку входа в меню управления функциональным модулем



Нажмите на кнопку входа в меню управления функциональным модулем



Нажмите на кнопку входа в меню управления функциональным модулем



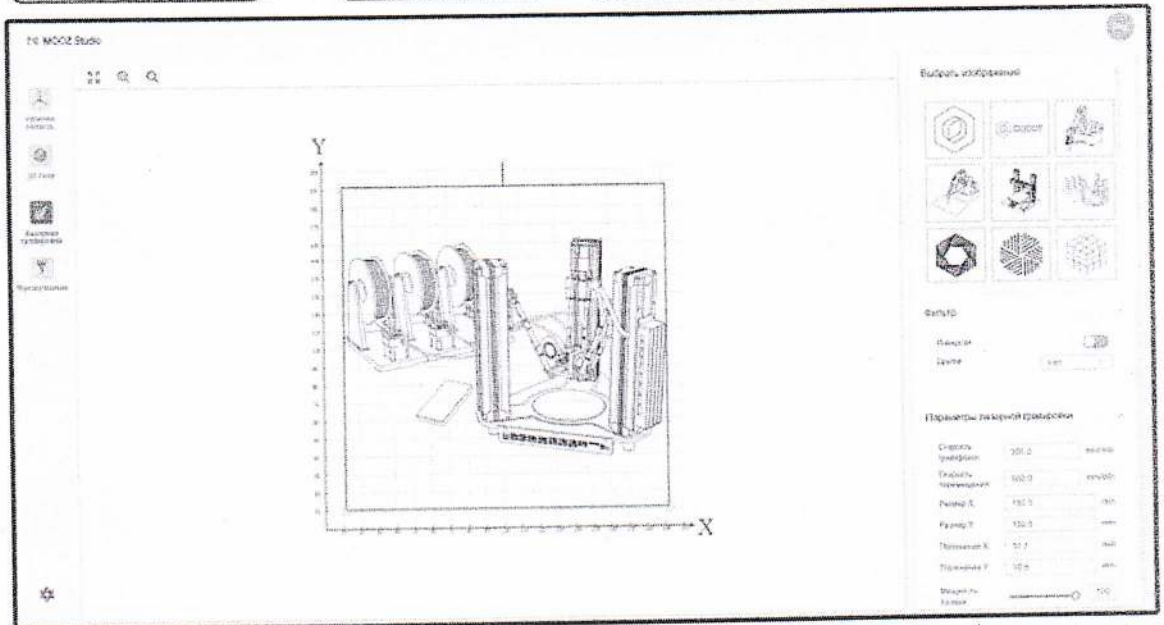
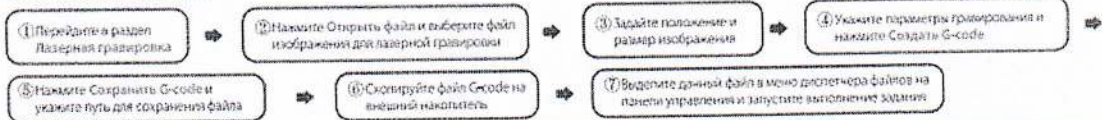
**Предупреждение:** Перед включением системы убедитесь, что все кабели подключены верно! Подключение кабелей во время работы устройства строго запрещено! Подключение кабелей во время работы устройства может вызвать его выход из строя!

- Примечание:**
1. Для калибровки модуля лазерной гравировки необходимо задать положение по осям XYZ.
  2. После отключения питания устройства настройки калибровки сохраняются. В случае смены функционального модуля или повторной установки подогреваемого стола вместе с основанием, необходимо вновь выполнить калибровку нулевой точки.
  3. В случае замены заготовки или ее размеров (длина/ширина/высота заготовки) необходимо повторно выполнить калибровку фокуса и нулевой точки.
  4. Фокусное расстояние имеет длину 5-10 мм, для калибровки фокуса не требуется изменять шаг перемещения по осям ниже 1 мм.

#### 4.4 Подготовка файла G-code

**Примечание:** Загрузите ПО Robot MOOZ Studio с официального сайта производителя в PDF robot.ru в разделе Поддержка → Центр загрузки → Серия MOOZ. Лазерная гравировка может быть выполнена с внешних накопителей или при подключении к компьютеру и ПО Robot MOOZ Studio с помощью USB-кабеля.

##### Пошаговая инструкция:



##### Описание параметров:

1. Скорость гравирования: настройка скорости гравировки. Для более прочных материалов требуется меньшее значение скорости.
2. Скорость перемещения: настройка скорости перемещения между зонами гравировки.
3. Размер: настройка толщины линии рамки вокруг изображения. По умолчанию это значение равно нулю.
4. Размер X/Y и Положение X/Y: настройка размера и положения изображения. Размер по осям X и Y измеряется в миллиметрах.

**Примечание:**

1. Черно-белый; режим гравировки изображения в оттенках серого (черно-белое изображение). Данный режим работает с растровой графикой (jpeg, jpg, bmp, png). Лазер движется построчно.
2. Бинарный (монокромный); режим гравировки изображения с применением только двух цветов: белый (лазер выключен, мощность 0 %) и черный (лазер включен, мощность 100 %). Данный режим работает с растровой графикой (jpeg, jpg, bmp, png). Лазер движется построчно.
3. Контурный; режим гравировки контуров изображения. Данный режим работает с векторной графикой (svg). Лазер движется по контуру изображения без заполнения. Режим активируется автоматически при открытии соответствующего типа файла изображений.

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика};$
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч};$
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа.}$

## Лабораторная работа 10 «Проект: от идеи до реализации. Комплексный проект с использованием 3D-печати и лазерной гравировки»

*Цель работы:* разработать и реализовать собственный проект, объединяющий технологии 3D-моделирования, печати и/или лазерной обработки.

*Задачи:*

- выбрать идею проекта;
- создать 3D-модели деталей в КОМПАС 3D v24;
- подготовить файлы для печати и/или гравировки;
- изготовить детали на 3D-принтере и/или лазерном станке;
- выполнить сборку и финальную отделку;
- провести презентацию проекта с обоснованием выбранных решений;
- разработать экономическое обоснование проекта (расчет себестоимости, предложение по цене продажи, пути оптимизации затрат).

*Оборудование и материалы:*

- учебная модульная станция;
- фанера;
- компьютер с программным обеспечением для управления лазерным гравером и для работы с 3D-сканером, с КОМПАС 3D v24;
- мышь;
- 3D-принтер;
- инструменты для постобработки;
- пластик (PLA);
- защитные очки для лазерной работы.

*Порядок выполнения работы:*

1. выбор темы и формулирование идеи;
2. поиск вдохновения и анализ примеров;
3. создание эскиза;

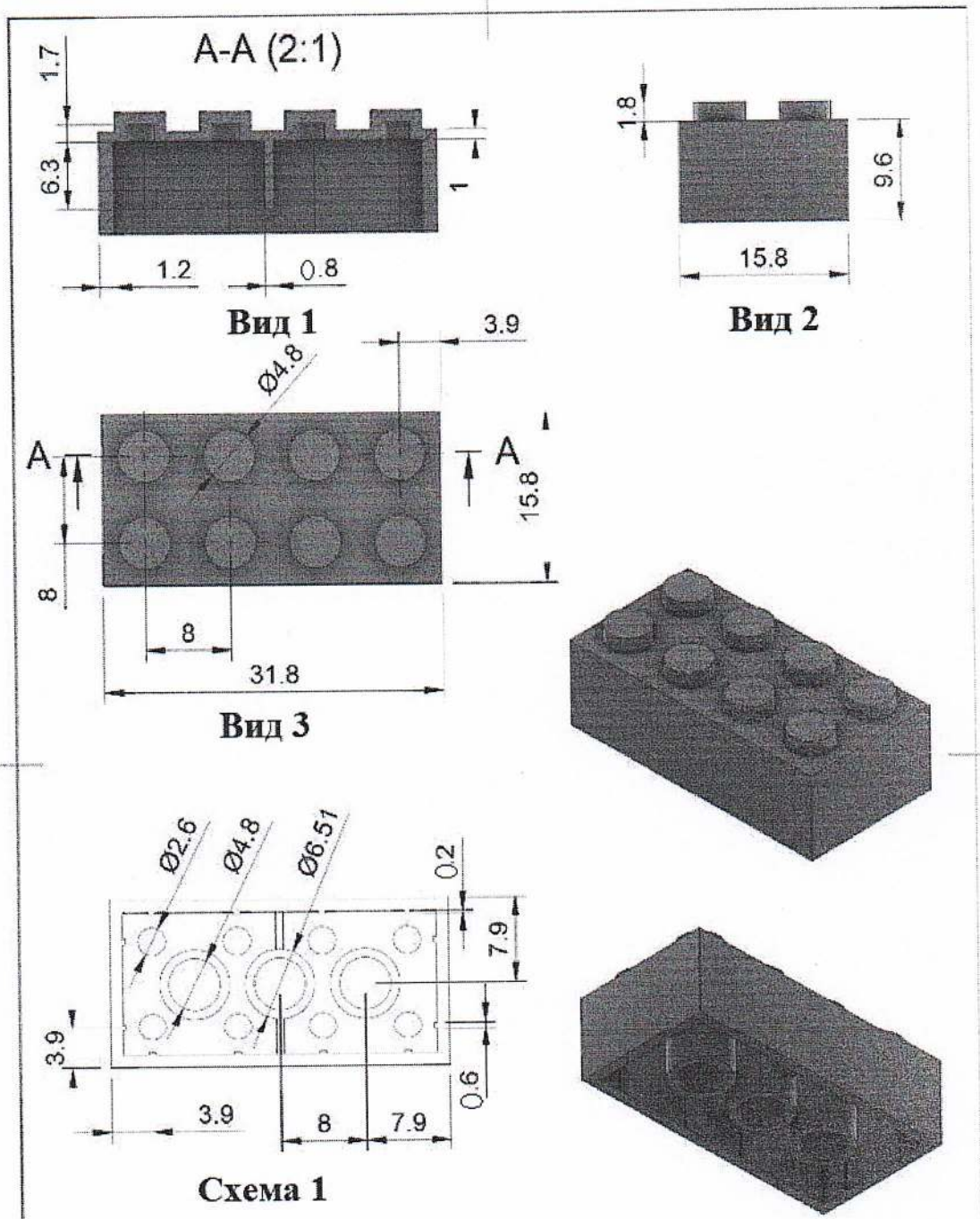
4. доработка эскиза;
5. экспорт в формат для 3D-принтера/лазерного гравера;
6. проверка проекта;
7. 3D-печать/гравировка;
8. оценка результата и постобработка;
9. презентация проекта.

*Расчёт себестоимости изготовления изделия по формуле:*

$$\text{Себестоимость} = C_{\text{материал}} + C_{\text{электроэнергия}} + C_{\text{амортизация}}$$

Где:

- $C_{\text{материал}} = \text{вес модели (г)} \times \text{цена за 1 кг пластика}$ ;
- $C_{\text{электроэнергия}} = \text{время печати (ч)} \times \text{мощность принтера (кВт)} \times \text{тариф за кВт}\cdot\text{ч}$ ;
- $C_{\text{амортизация (упрощённо)}} = \text{время работы оборудования} \times \text{коэффициент износа}$ .



Dept. Technical reference

Created by  
 Christoph Bartneck 27/03/19

Approved by

Document type

Document status

Scale 2:1

Title  
**LEGO Brick  
 Dimensions &  
 Measurements**

DWG No.

| Rev. | Date of issue | Sheet |
|------|---------------|-------|
|      | 27/03/2019    | 1/1   |

