

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники

Г. Е. Уцын

**ИНЖЕНЕРНАЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА.
СБОРКА**

Учебно-методическое пособие для практических и самостоятельных работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей всех форм обучения

Томск
2023

УДК 514.18(075.8)+76:621(0.75.8)

ББК 30.11я73

У-89

Рецензенты:

Бочкарева С. А., доцент кафедры механики и графики ТУСУР, канд. физ.-мат. наук;

Люкшин П. А., ст. науч. сотр. Лаборатории механики полимерных композиционных материалов ИФПМ СО РАН, д-р физ.-мат. наук

Уцын, Григорий Евгеньевич

У-89 Инженерная и компьютерная графика. Сборка: учебно-методическое пособие для лабораторных и самостоятельных работ для студентов технических направлений подготовки и специальностей всех форм обучения / Г.Е. Уцын. – Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 71 с.

Настоящее учебно- методическое пособие по черчению и проектированию в среде Компас 3D составлено с учетом требований федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО).

В учебном пособии приводятся сведения, необходимые для выполнения автоматизированным способом 3D моделей сборочной единиц в полном соответствии с требованиями стандартов Единой системы конструкторской документации. Рассматриваются теоретические и практические материалы для практических и самостоятельных работ.

Одобрено на заседании каф. Механики и Графики, протокол №157 от 03.04.2023

УДК 514.18(075.8)+76:621(0.75.8)

ББК 30.11я73

© Уцын Г.Е., 2023

© Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023

Содержание

Введение.....	4
1 Основы работы в КОМПАС-3D	5
2 Создание деталей.....	8
3 Деталь Опора	9
4 Деталь Втулка	16
5 Деталь Ручка	23
6 Сборка.....	28
7 Стандартные изделия	34
8 Дополнительные сведения и сообщения об ошибках.....	37
9 Варианты задания.....	39
Контрольные вопросы	69
Заключение	70
Список литературы	71

Введение

Сегодня КОМПАС-3D является одной из самых популярных программ, предназначенных для создания 2D чертежей и 3D моделей. Система КОМПАС является не только прикладной системой автоматизации чертежно-графических работ, но и мощным средством моделирования сложных каркасных, полигональных (поверхностных) и объемных (твердотельных) конструкций. Большинство инженеров используют именно ее для того, чтобы разрабатывать планы зданий и целых строительных площадок. Также она широко используется для инженерных расчетов и других подобных целей. В большинстве случаев первой программой для 3D моделирования, которую учит программист, инженер или строитель, является именно Компас-3D.

В данном пособии студенты познакомятся с основами создания 3D моделей деталей и сборочных единиц в среде «КОМПАС-3D», являющимся одним из пакетов систем автоматизированного проектирования (САПР). Выполняя лабораторную работу или практическую работу по созданию трехмерной модели, студенты смогут приобрести навыки выполнения трехмерного моделирования деталей и сборочных единиц.

Практикум по выполнению лабораторных работ по компьютерной графике (КОМПАС-3D) является основой для освоения студентами технологии разработки графических конструкторских документов, реализованной в среде универсальной графической системы КОМПАС.

1 Основы работы в КОМПАС-3D

Основные компоненты КОМПАС-3D: Система трехмерного моделирования, Модуль проектирования спецификаций и Текстовый редактор. Все модули тесно интегрированы друг с другом. Библиотеки и Приложения подключаются к системе по мере необходимости.

КОМПАС-3D имеются два основных типа файлов для создания трехмерных моделей: **Деталь** и **Сборка**. На рисунке 1.1 показана сборочная единица, которая состоит из трех основных деталей.

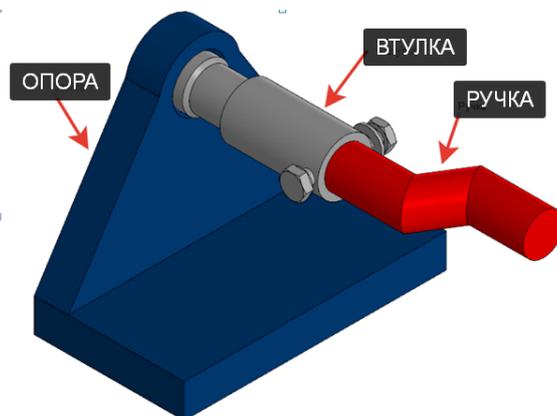


Рисунок 1.1 – Сборочная единица (изделие)

Деталь – изготовленное, изготавливаемое или же подлежащее изготовлению изделие, являющееся частью изделия, машины или же какой-либо технической конструкции, изготавливаемое из однородного по структуре и свойствам материала без применения при этом каких-либо сборочных операций.

Сборка – образование соединений составных частей изделия. Технологический процесс сборки заключается в последовательном соединении и фиксации всех деталей, составляющих ту или иную сборочную единицу в целях получения изделия.

Детали создаются с помощью операций. Условно в твердотельном моделировании операции построения тел можно разделить на формообразующие, добавляющие или удаляющие материал, и дополнительные. Основными формообразующими операциями являются **Выдавливание** и **Вращение** (по траектории или по сечениям). Которые будут рассмотрены ниже.

Также в КОМПАС-3D предоставляется возможность подготовки модели – детали или сборки – к разработке технологического процесса ее изготовления или компоновки. Для этого используется тип модели – технологическая сборка.

Чертеж сборочный может быть построен как на основе трехмерной модели, так и без нее. На сборку также может быть выпущена спецификация, содержащая ассоциативные данные о ее составе. Для упрощения и ускорения разработки чертежей и сборок, содержащих типовые и стандартизованные детали (крепеж, пружины, подшипники, резьбовые отверстия, канавки, элементы электросхем, строительные конструкции и т.п.), предусмотрено использование готовых Приложений – параметрических библиотек, работающих в среде КОМПАС-3D.

Инструментальная область

В инструментальной области видимы команды, пиктограммы которых расположены на трех строках. Команды распределены по панелям в соответствии с их

назначением: **Системная**, **Размещение**, **Операции**, **Вспомогательные объекты** и другие (рисунок 1.2).

Для компактности некоторые команды объединены в группы, рядом с пиктограммой группы команды изображен треугольник-стрелочка. Если команда или группа команд невидима, разверните нужную панель. Для этого щелкните мышью по полю названия панели (рисунок 1.2).



Рисунок 1.2

Чтобы вызвать команду, нужно щелкнуть мышью на ее пиктограмму. Если команда находится в группе, щелкните мышью по пиктограмме с треугольником и, не отпуская мышью, выберите из раскрывшегося меню нужную команду (рисунок 1.3).

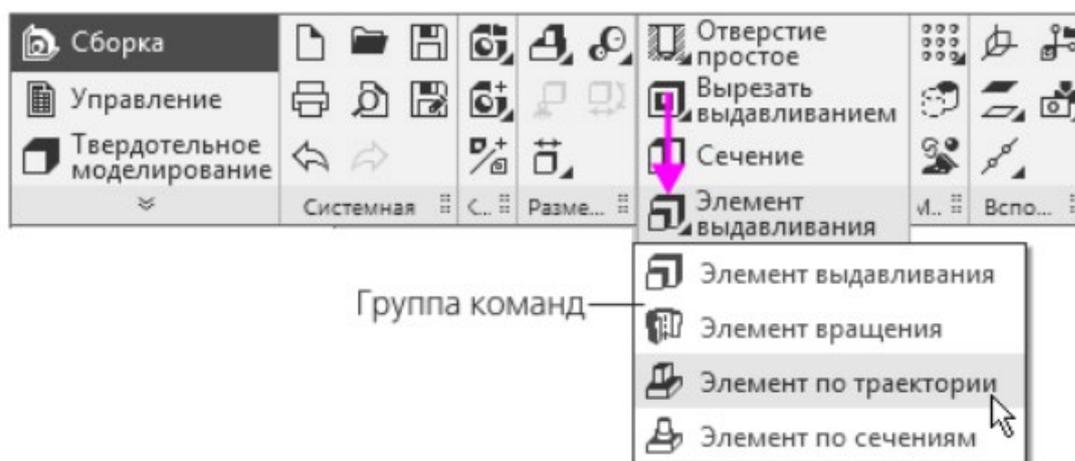


Рисунок 1.3

Список наборов инструментальных панелей

Список наборов инструментальных панелей включает в себя панели **Сборка** (для сборок), **Твердотельное моделирование**, **Каркас** и **Поверхности**, **Листовое моделирование**, **Управление**, **Элементы эскиза** и другие (рисунок 1.4). Переключение на другой набор выполняется щелчком мыши по его строке. Например, щелчок по строке **Листовое моделирование** переключает на набор панелей команд создания листового тела, а щелчок по строке **Управление** – на набор панелей команд создания спецификаций и отчетов.

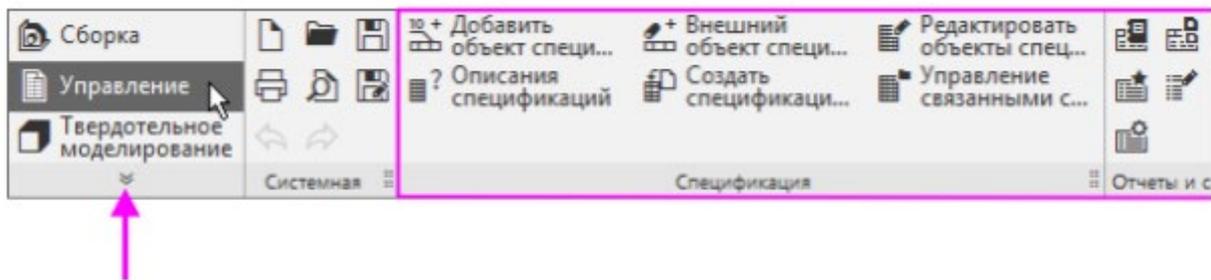


Рисунок 1.4

Набор панелей включает в себя как типовые панели команд для данного вида работы, так и общие, находящиеся в нем для удобства использования. Например, общие панели **Вспомогательные объекты** и **Эскиз** входят в наборы **Твердотельное моделирование**, **Листовое моделирование** и другие.

Для каждого типа документа в инструментальной области отображаются три панели по умолчанию. Кнопка  (рисунок 1.4) открывает список панелей, из которого щелчком мыши могут быть выбраны другие наборы. Также в этом списке доступны панели приложений, подключенных по умолчанию. Приложение представляет собой дополнительный функционал, в котором собраны команды определенной тематики.

2 Создание деталей

Создадим сборку, показанную выше на рисунке 1.1. Для этого нужно последовательно создать все входящие в нее детали.

Размеры деталей задайте самостоятельно, соблюдая пропорции и так, чтобы размеры элементов, подлежащих соединению в сборке (рисунок 1.1), совпадали и их можно было соединить между собой.

Создайте **файл Деталь** (рисунок 2.1):

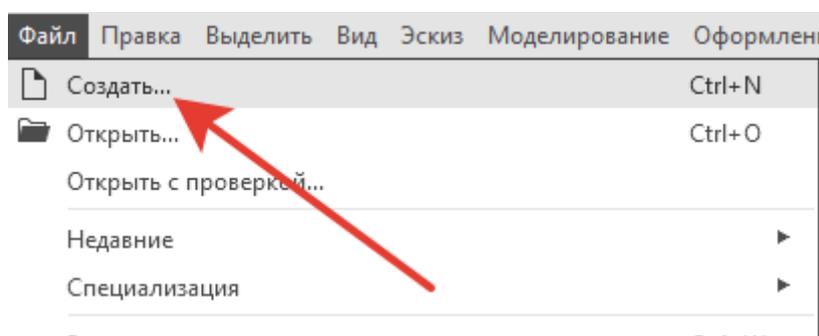


Рисунок 2.1

Выбор начальной ориентации модели

На панели быстрого доступа нажмите кнопку меню справа от кнопки **Ориентация**  и укажите вариант **Изометрия** (рисунок 2.2).

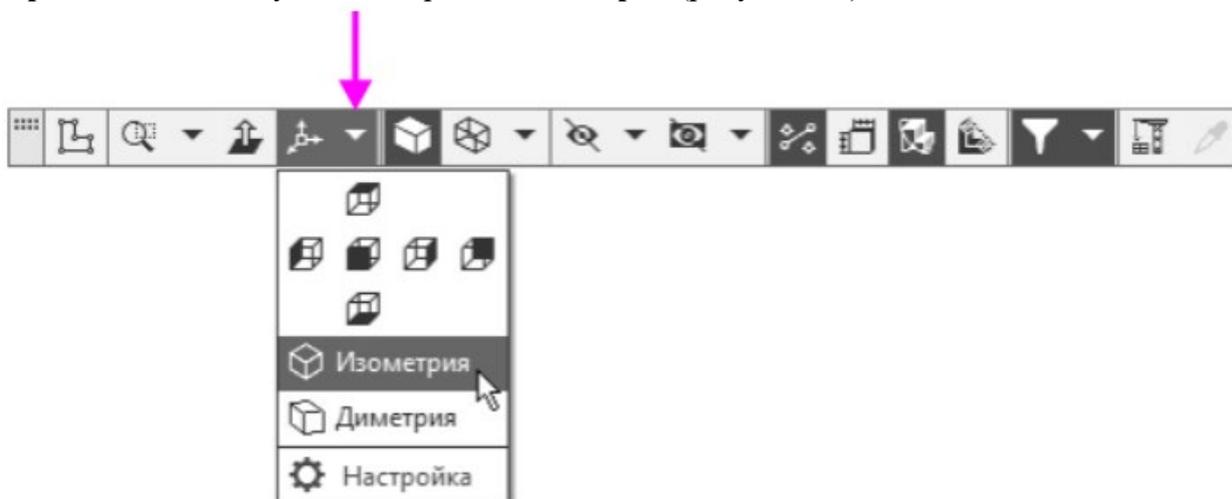


Рисунок 2.2

Выбор начальной ориентации модели не оказывает влияния на ход ее моделирования и на ее свойства. От этого будет зависеть только ее отображение в графической области.

3 Деталь Опора

Создадим деталь **Опора** (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1.

Построение детали начнем с создания одного основного элемента – нижней части опоры (параллелепипед), к которой удобнее добавлять все прочие элементы. Элементами детали будем называть геометрические тела, из которых она состоит: параллелепипеды, призмы, цилиндрические вырезы или цилиндры и т. д.

Выберем мышкой плоскость, на которой создадим эскиз (рисунок 3.2):

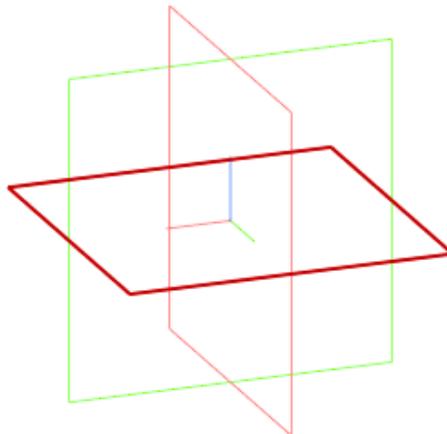


Рисунок 3.2

Построение нижнего основания детали Опора

Создадим эскиз прямоугольник (рисунок 3.3):

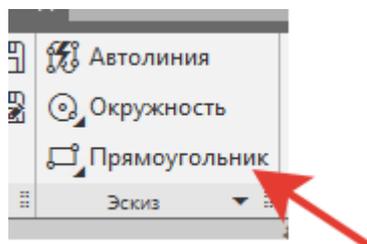


Рисунок 3.3

Получим:

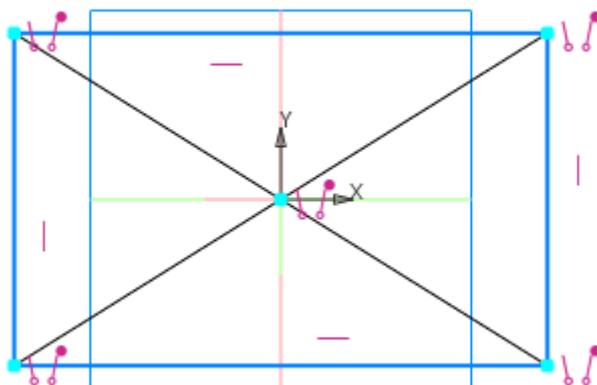
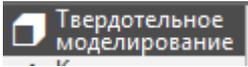


Рисунок 3.4

Нажмем команду , чтобы завершить эскиз. На панели  выберем **Выдавить**  **Элемент выдавливания**, чтобы выдавить деталь на заданную толщину. Завершим операцию -Esc, получим параллелепипед (рисунок 3.5).

Построение боковой стенки

Выберем боковую плоскость (рисунок 3.5):

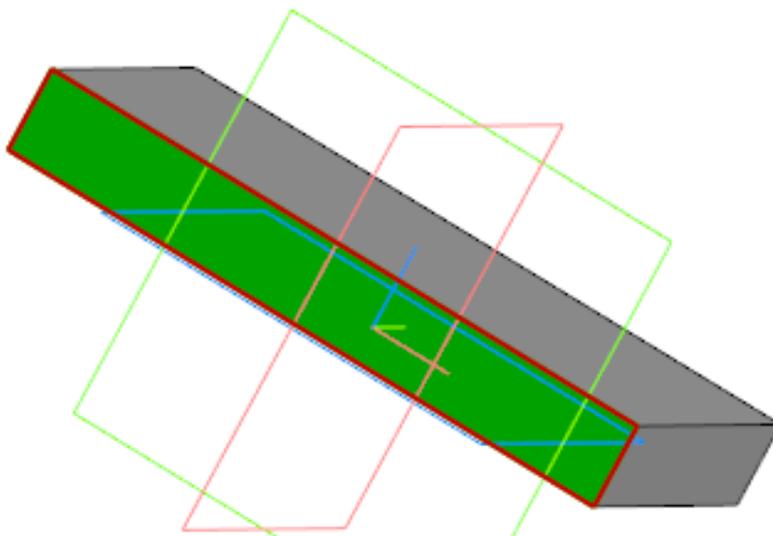


Рисунок 3.5

Создадим на плоскости **Эскиз** (рисунок 3.6):

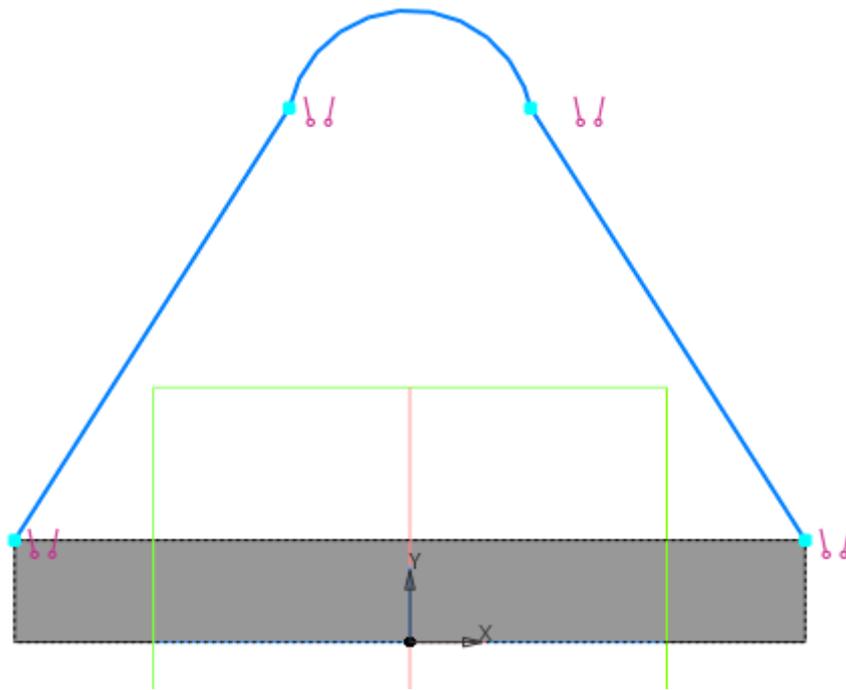


Рисунок 3.6

Чтобы выполнить выдавливание, **контур** должен быть замкнутым!
 Выполним выдавливание (рисунок 3.7):

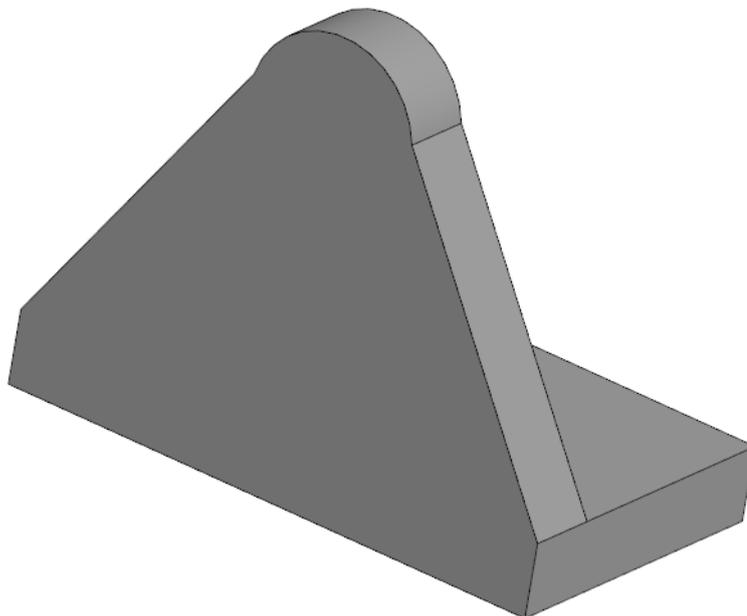


Рисунок 3.7

Создание отверстия

На боковой грани создадим отверстие. Для этого создадим на ней новый **Эскиз**.
 Построим **Окружность** (рисунок 3.8):

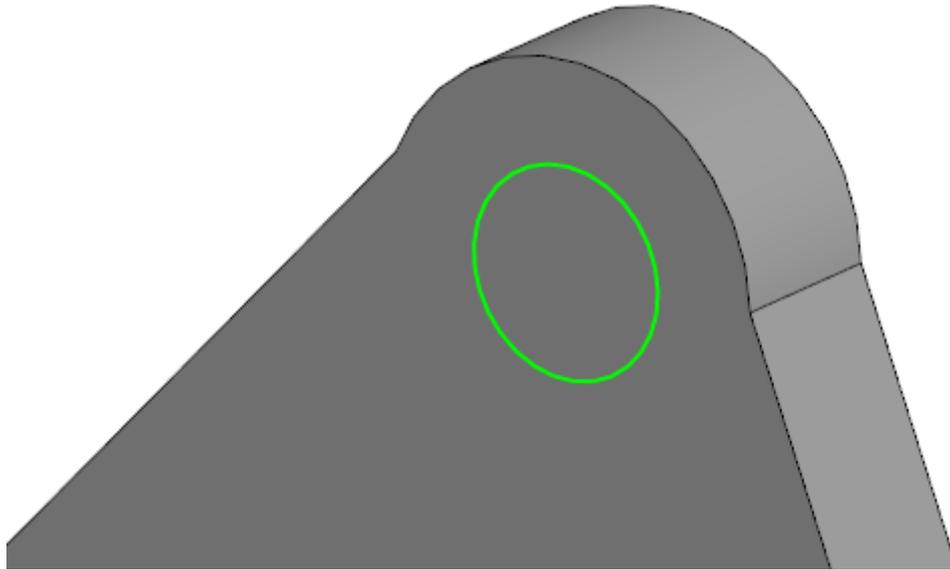
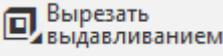


Рисунок 3.8

Выдавим окружность командой  **Вырезать выдавливанием** насквозь (рисунок 3.9):

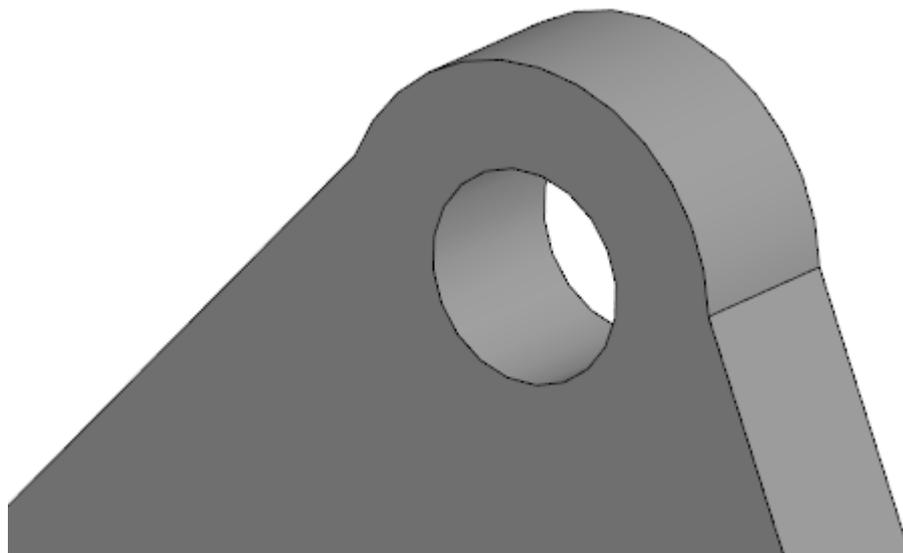
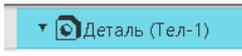


Рисунок 3.9

3.10)

Сменим цвет детали. В окне **Дерево** выделите **Деталь**  (рисунок

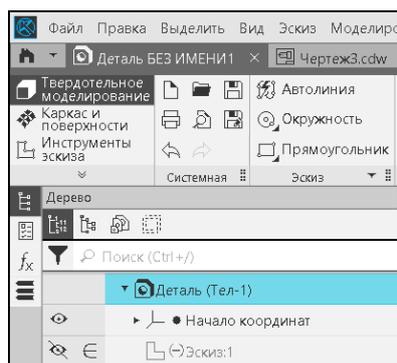


Рисунок 3.10

и нажмите на вкладку **Параметры**  (рисунок 3.11).

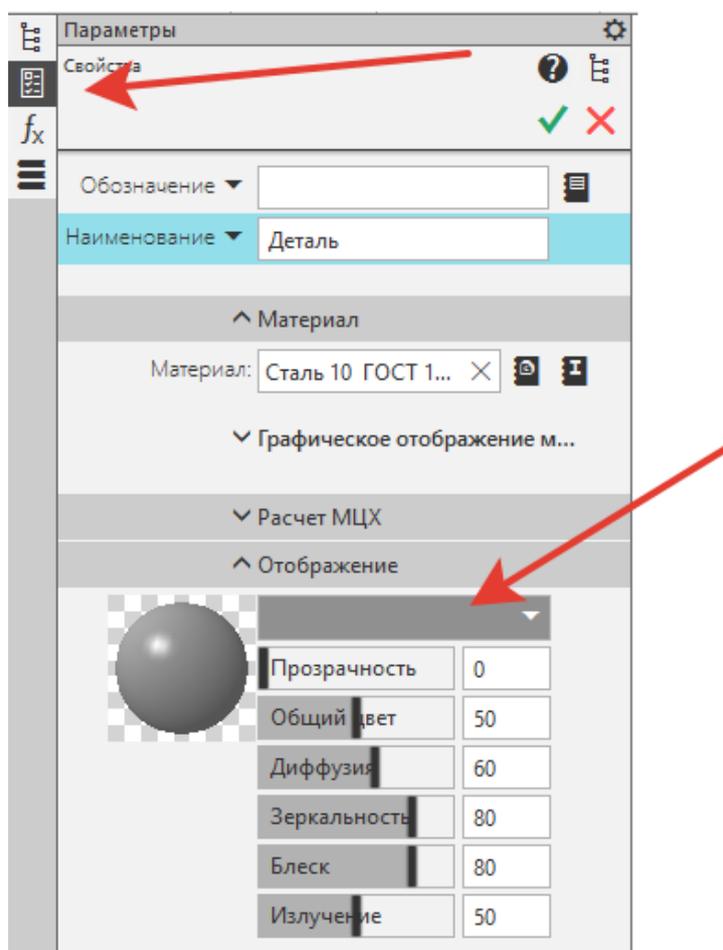


Рисунок 3.11

Сохраним деталь полученную деталь (рисунок 3.12) в папку Вашего проекта (как «Опора»).

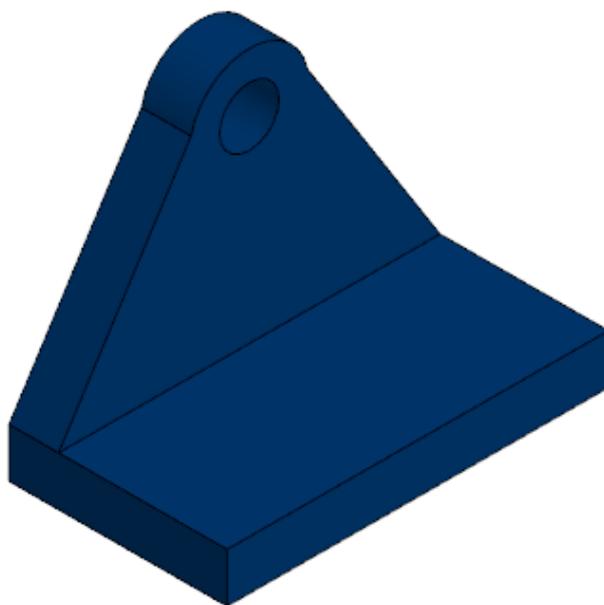
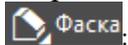


Рисунок 3.12

Выполним резьбу в отверстии. Предварительно сделаем фаску с двух сторон отверстия. Нажмите команду  Фаска.

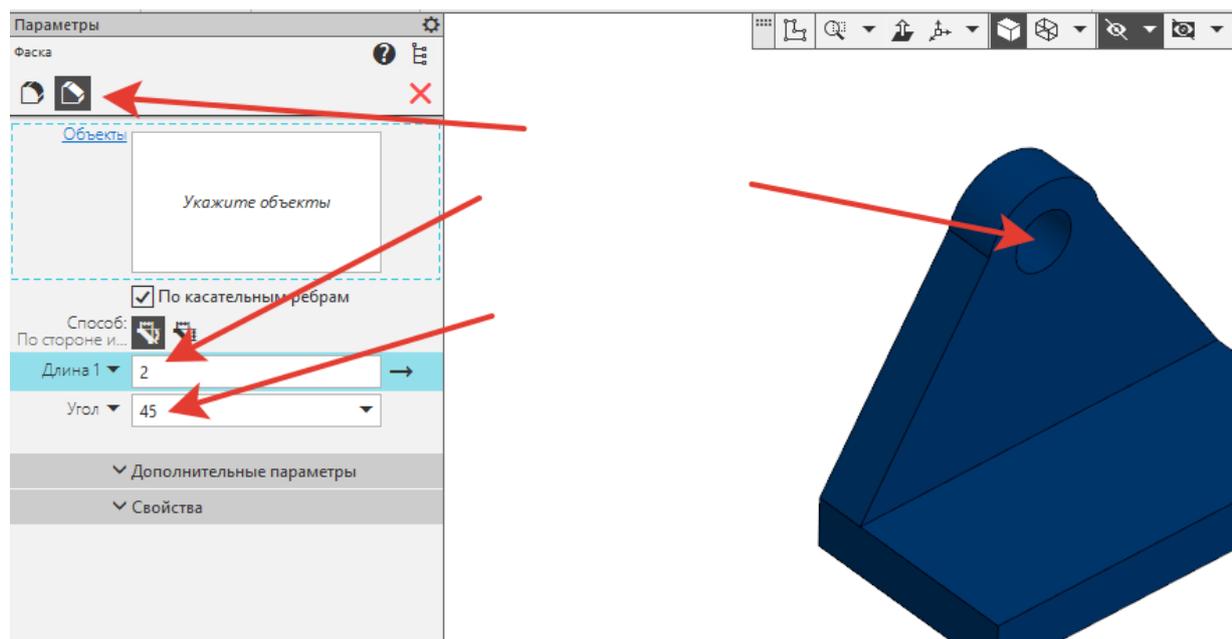


Рисунок 3.13

Получим:

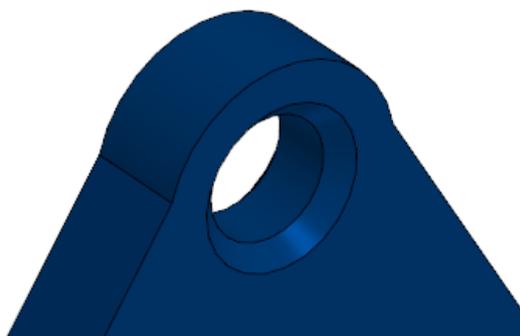


Рисунок 3.14

Сделаем резьбу  :

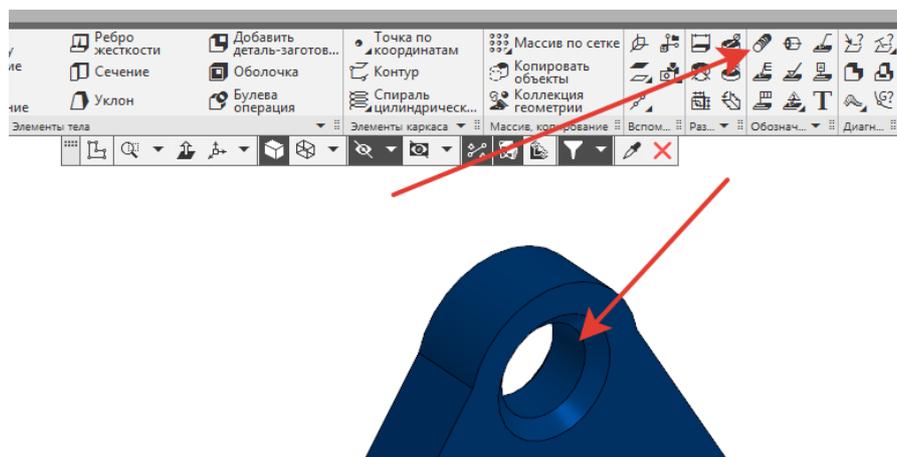


Рисунок 3.15

В результате резьбу может быть не видно на трехмерной модели, все зависит от настроек. Но на чертеже резьба будет видна:

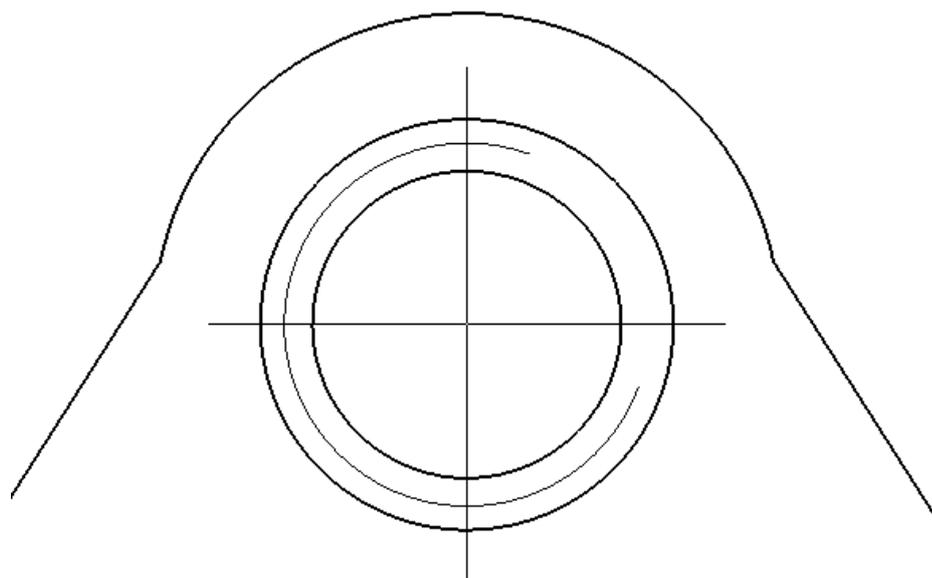


Рисунок 3.16

4 Деталь Втулка

Выполним вторую деталь Втулка (рисунок 1.1). Деталь вращения имеет профиль и ось вокруг которой производится вращение. Создадим новый **Эскиз** и командой **Отрезок** построим замкнутый контур (рисунок 4.1). *Помните, что размеры соединяемых в сборке элементов должны соответствовать друг другу.*

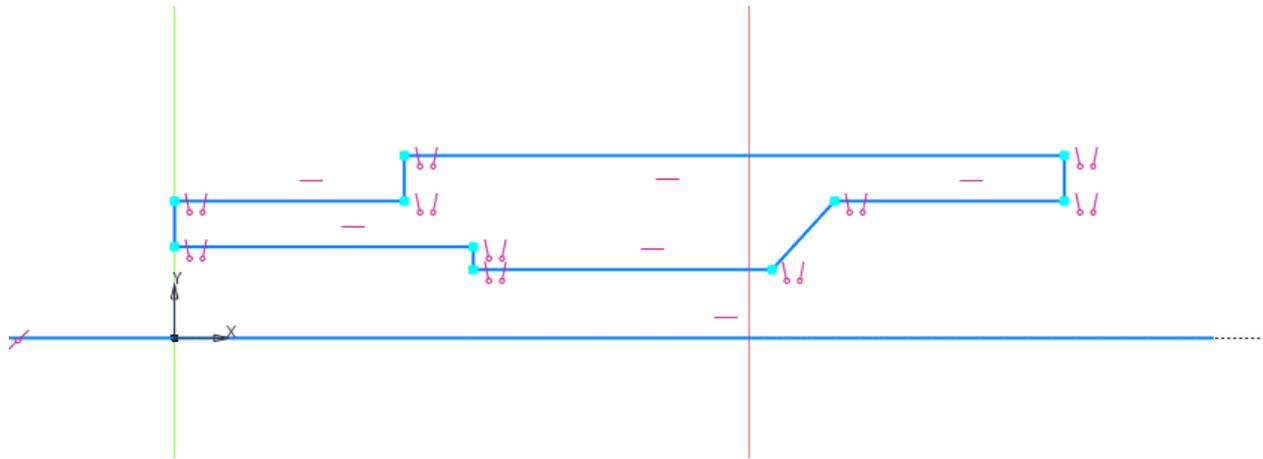


Рисунок 4.1



Нажмите – завершить **Эскиз** . Получим следующее (рисунок 4.2):

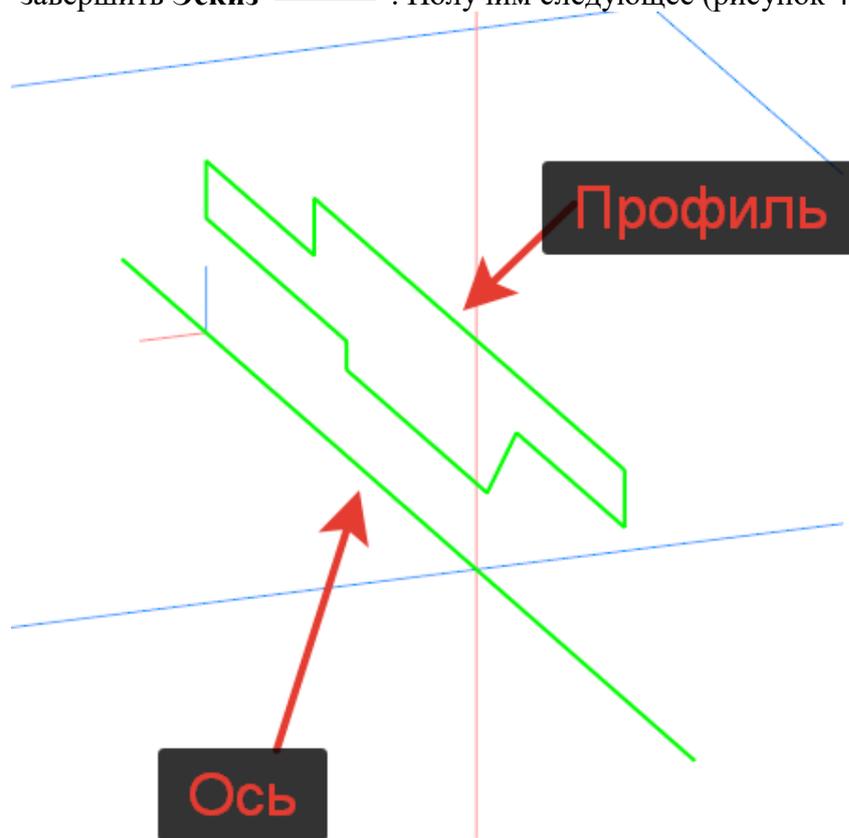


Рисунок 4.2

Нажмем элемент выдавливания . В ветке типов выберем **Элемент вращения** (рисунок 4.3):

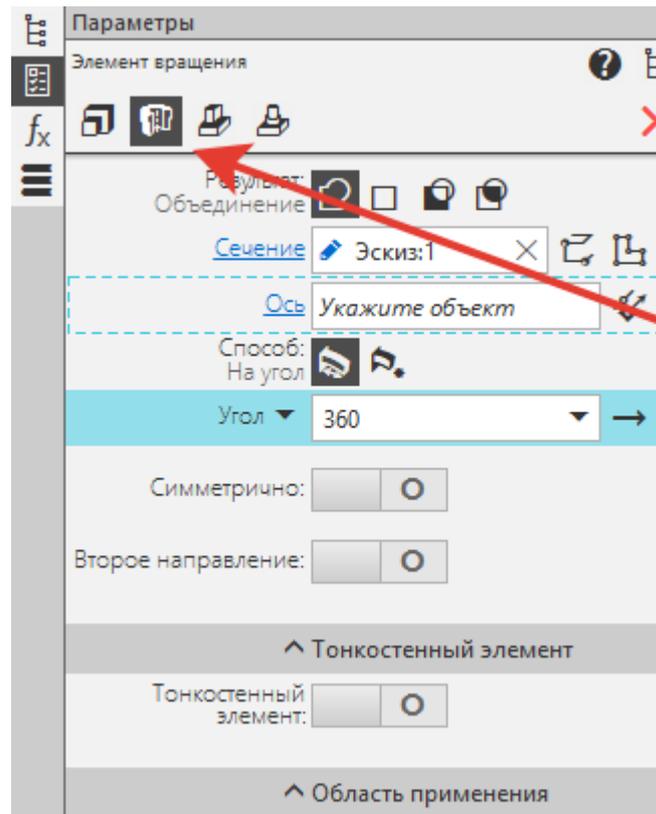


Рисунок 4.3

Выберите плоскость, которая должна быть повернута вокруг оси, которую тоже нужно указать (рисунок 3.4):

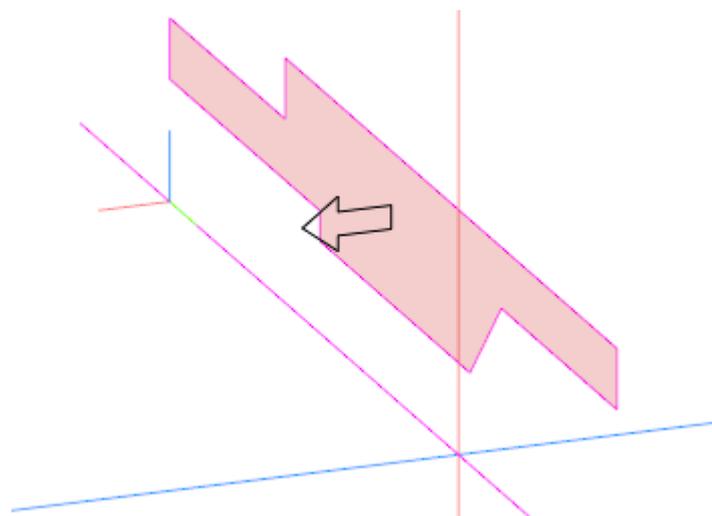


Рисунок 4.4

Указав мышкой **Сечение** (плоскость или эскиз) – он должен быть замкнутый и указав **Ось**, получите следующий вид (рисунок 4.5):

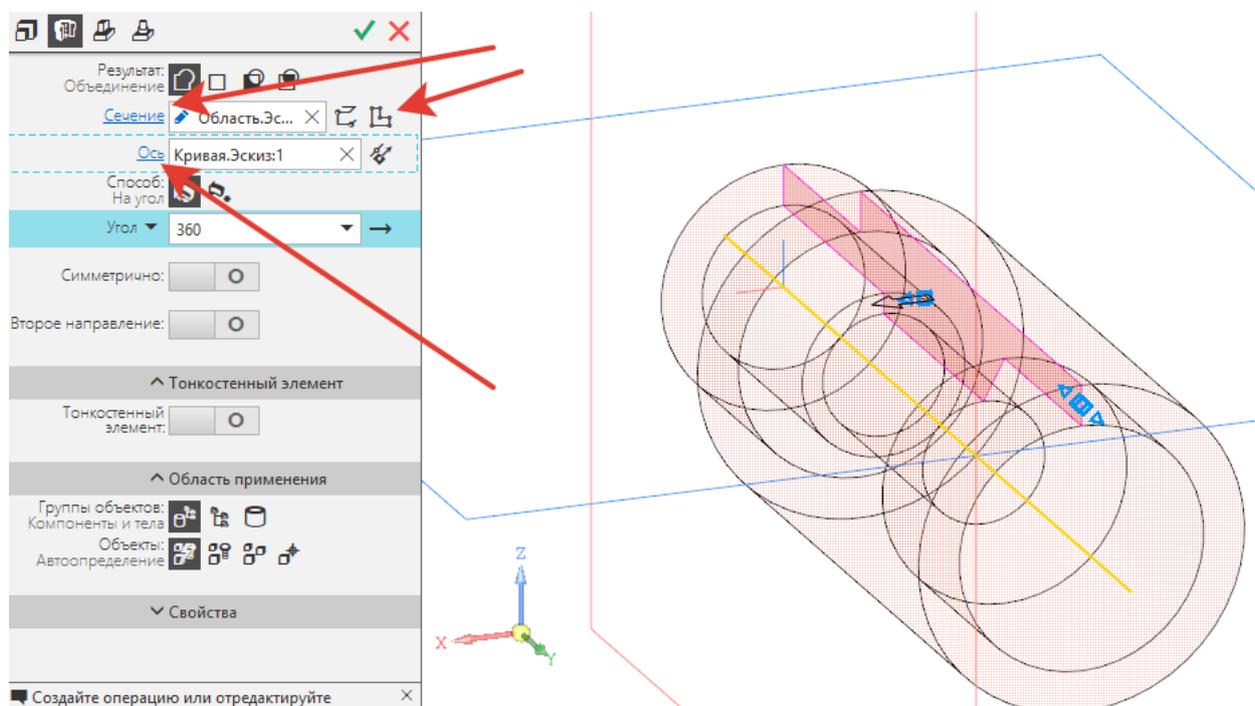


Рисунок 4.5

Нажав на , получим:

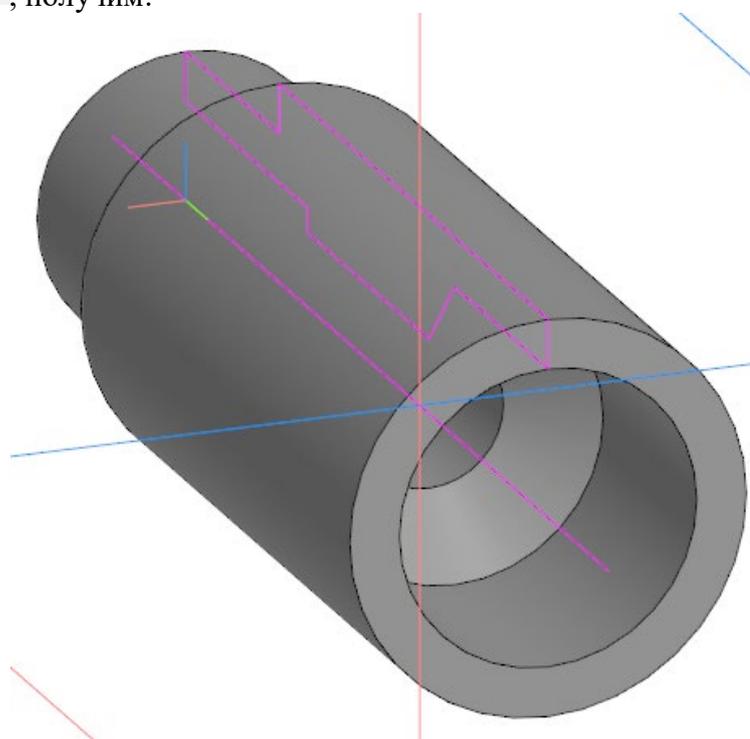


Рисунок 4.6

Построим новый эскиз на торце и сделаем две окружности диаметром **8** и **14** мм, концентрично.

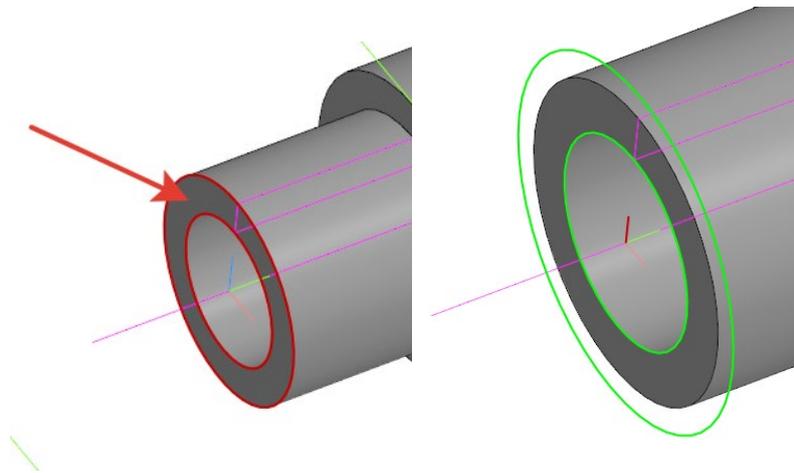


Рисунок 4.7

Сделаем выдавливание на **14 мм**:

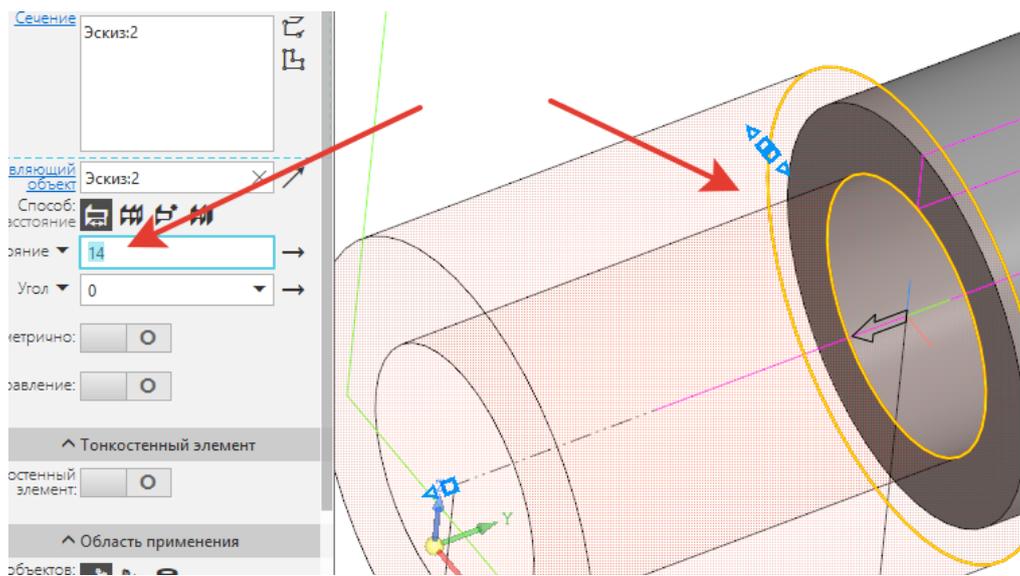


Рисунок 4.8

Выполним фаску на торцах **2 мм** под углом **45 градусов**.

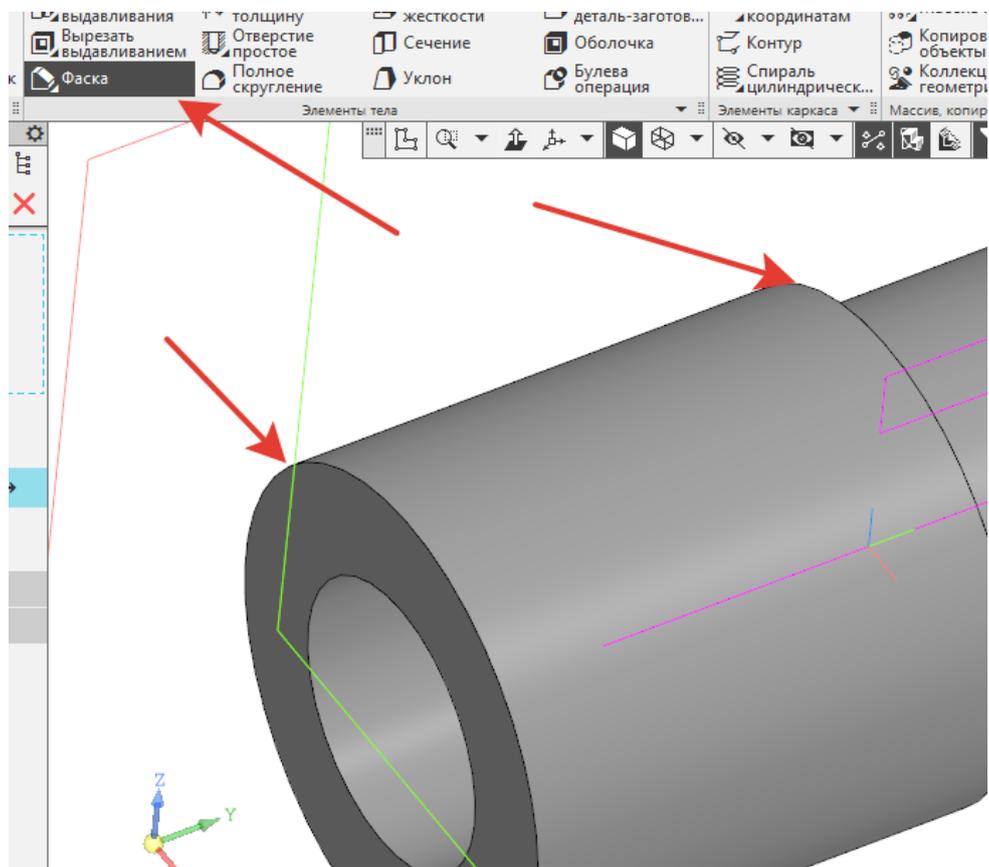


Рисунок 4.9

Получим:

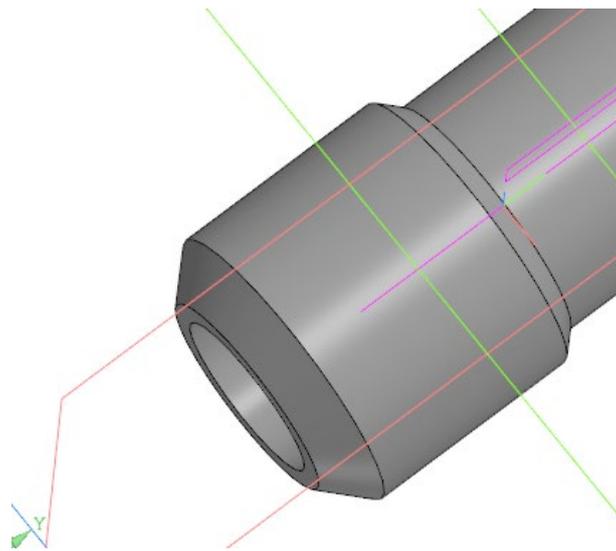


Рисунок 4.10

Сделаем резьбу:

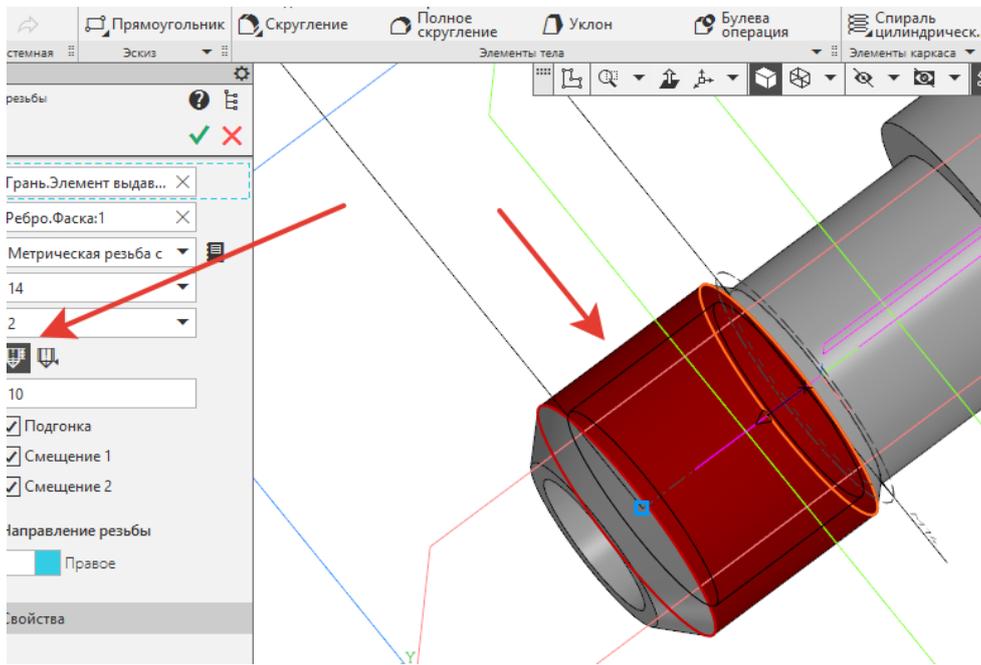


Рисунок 4.11

Получим:

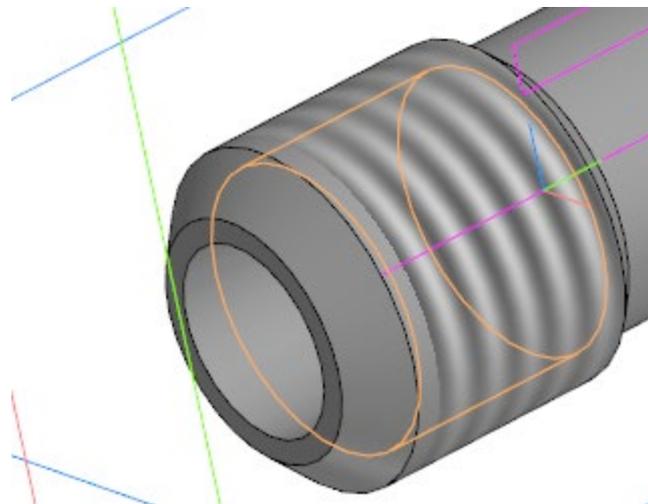


Рисунок 4.12

Сделаем новый эскиз на рабочей плоскости. Построим окружность диаметром 4 мм:

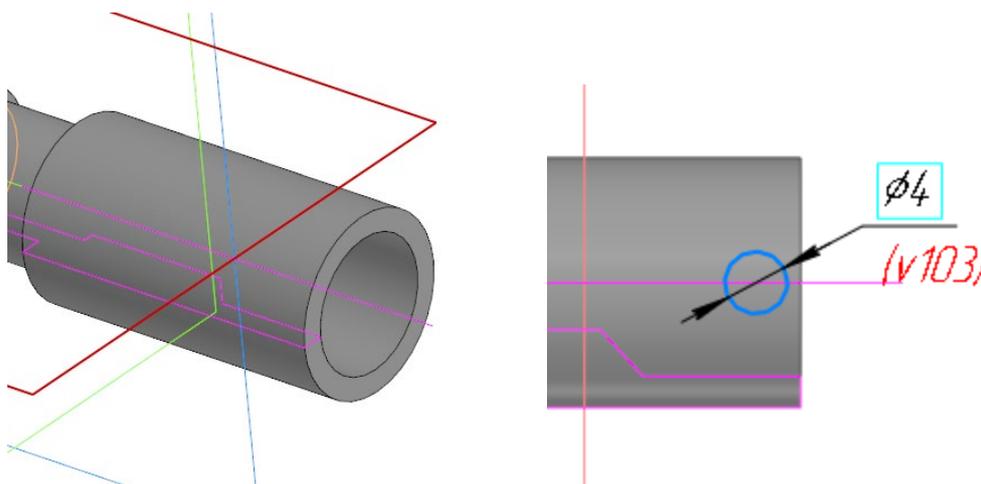


Рисунок 4.13

Выдавливанием насквозь сделаем отверстие:

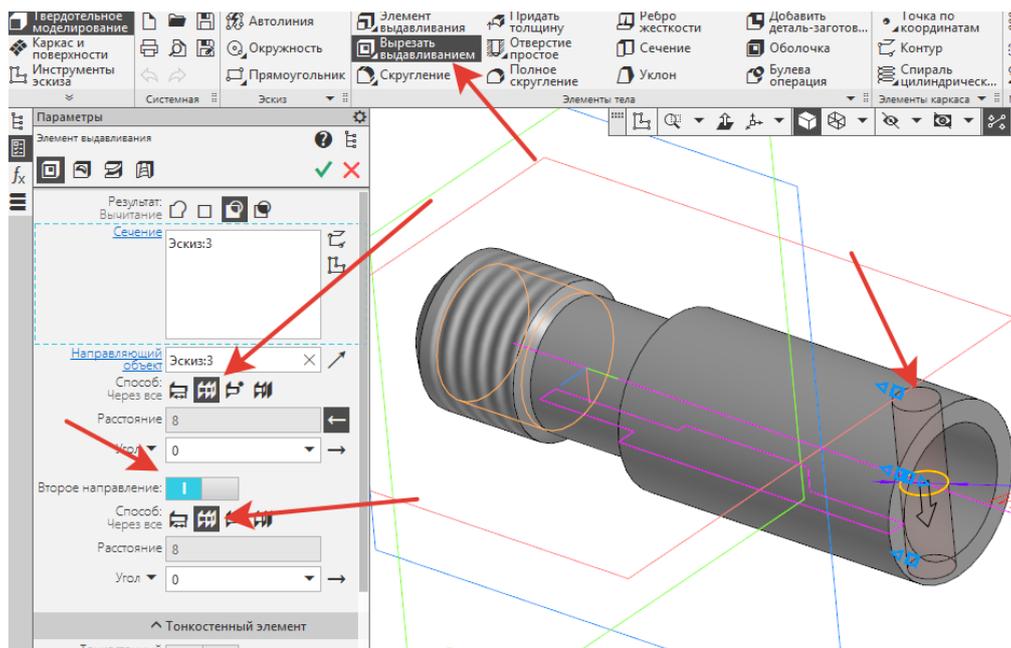


Рисунок 4.14

В результате получим:

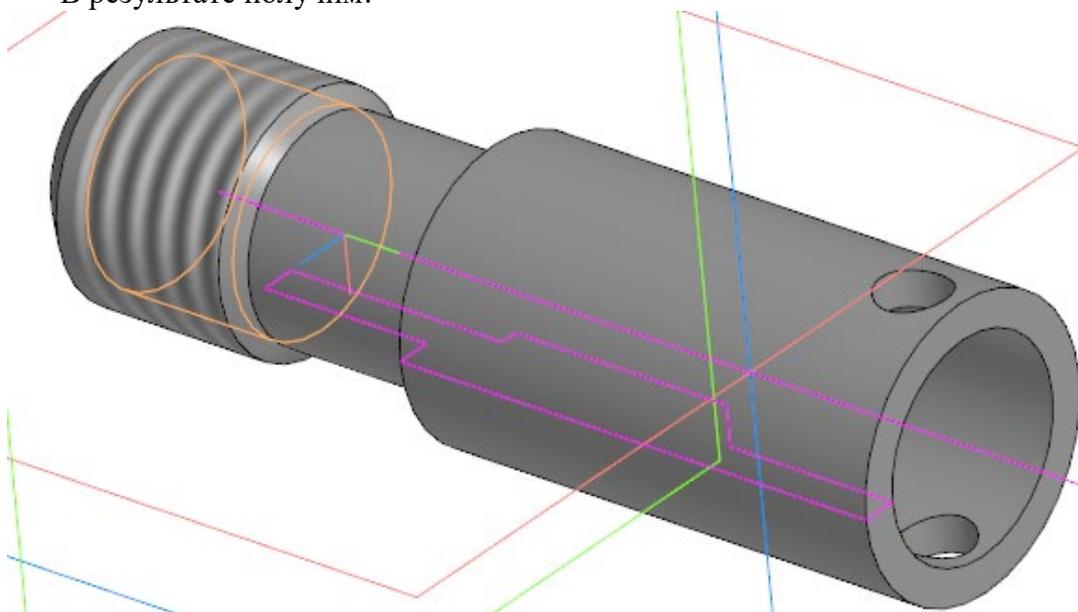


Рисунок 4.15

Не забудьте сохранить деталь (сохраним как «Втулка»).

5 Деталь Ручка

Создадим новую деталь **Ручка** (рисунок 1.1). На **плоскости XZ** создадим Эскиз **Окружности** (рисунки 4.1, 4.2) с размерами, соответствующими детали Втулка.

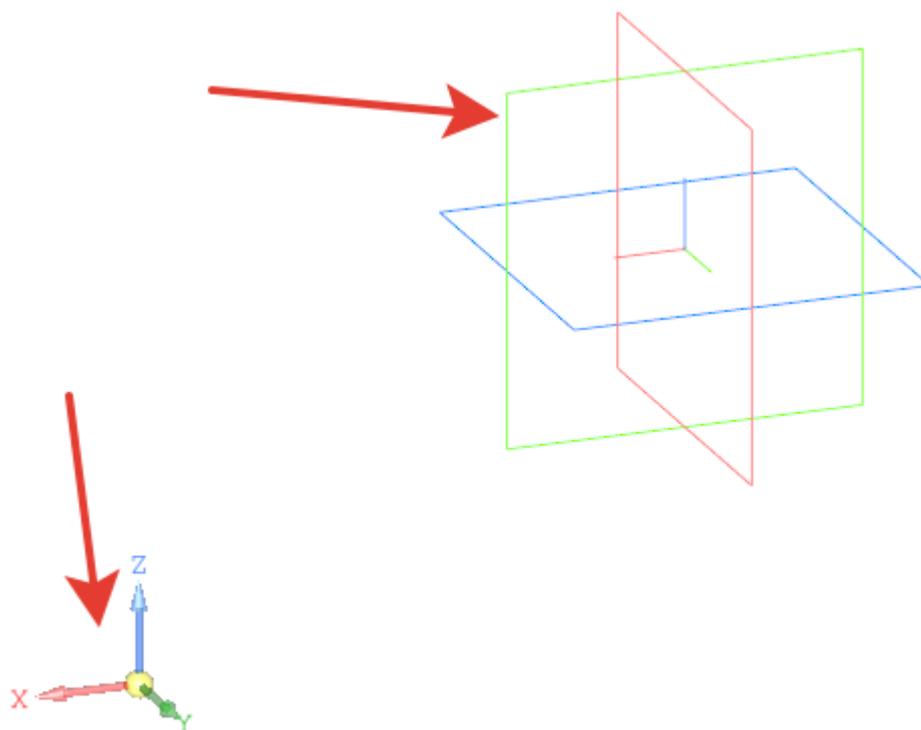


Рисунок 5.1

Получим:

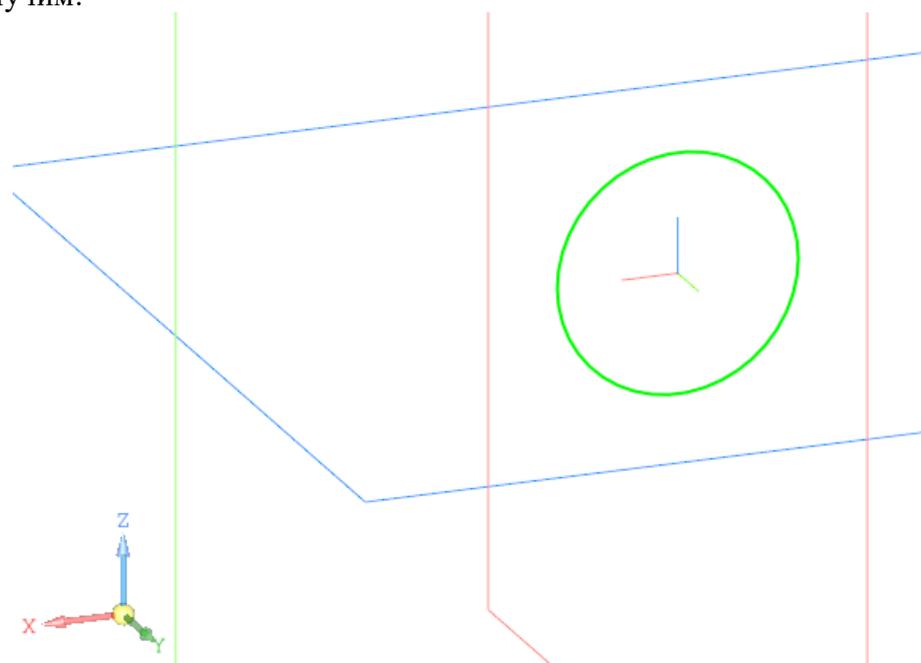


Рисунок 5.2

В **плоскости XY** командой **Отрезок** создадим траекторию с началом в центре окружности (рисунок 5.3):

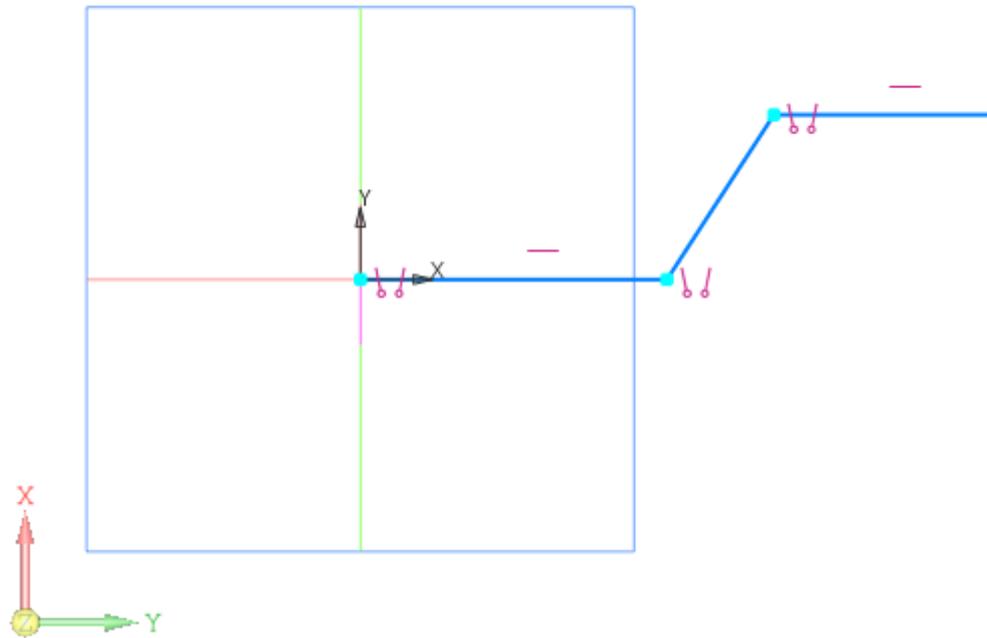


Рисунок 5.3

В результате получим:

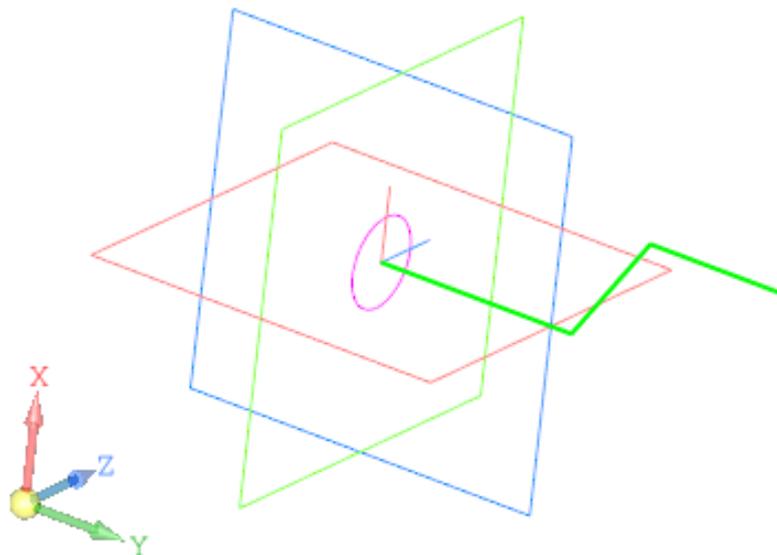


Рисунок 5.4

Нажмем элемент выдавливания  Элемент выдавливания. В ветке типов выберем Элемент по траектории (рисунки 5.5, 5.6):

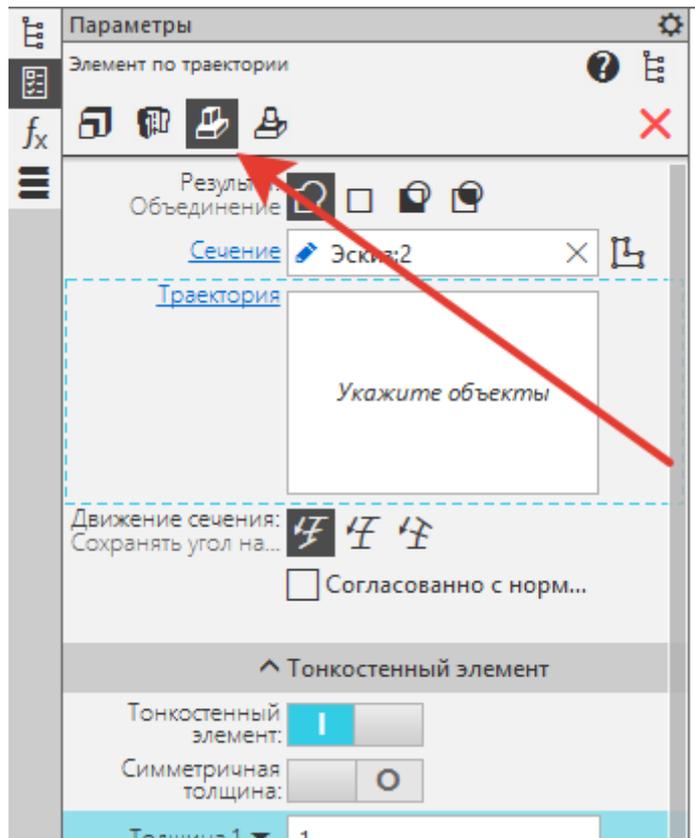


Рисунок 5.5

Укажем Сечение и Траекторию:

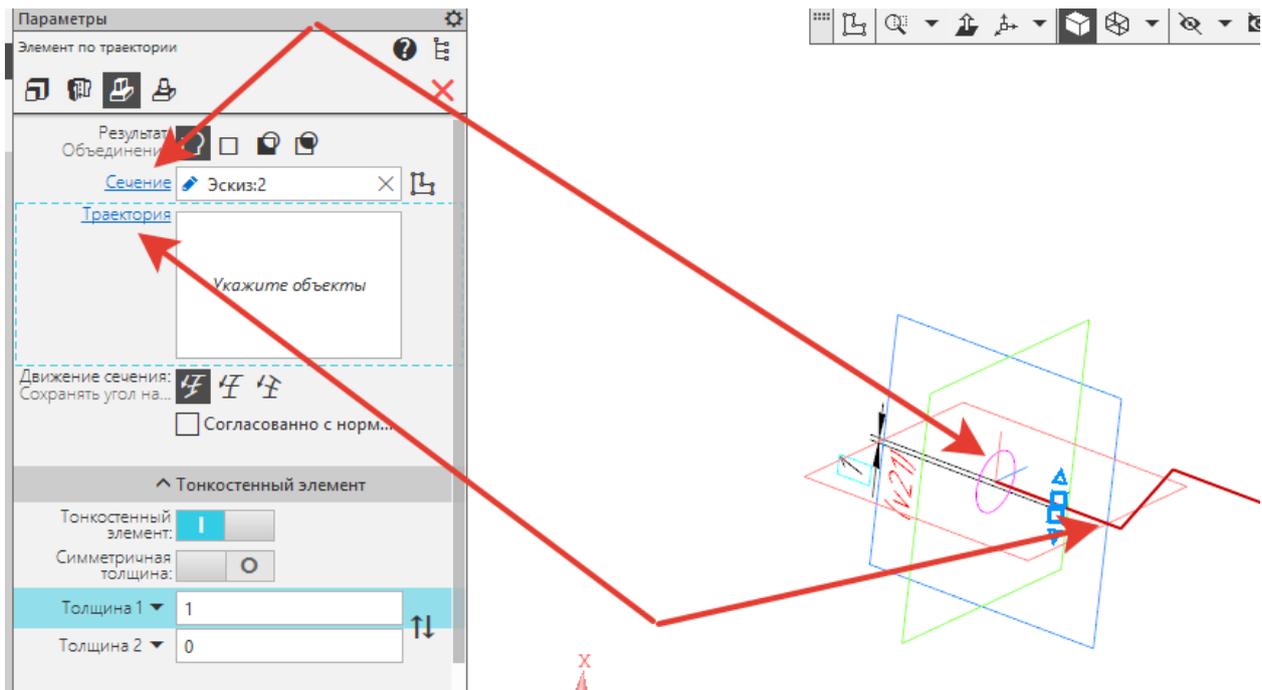


Рисунок 5.6

Нажав на , получим (рисунок 5.7):

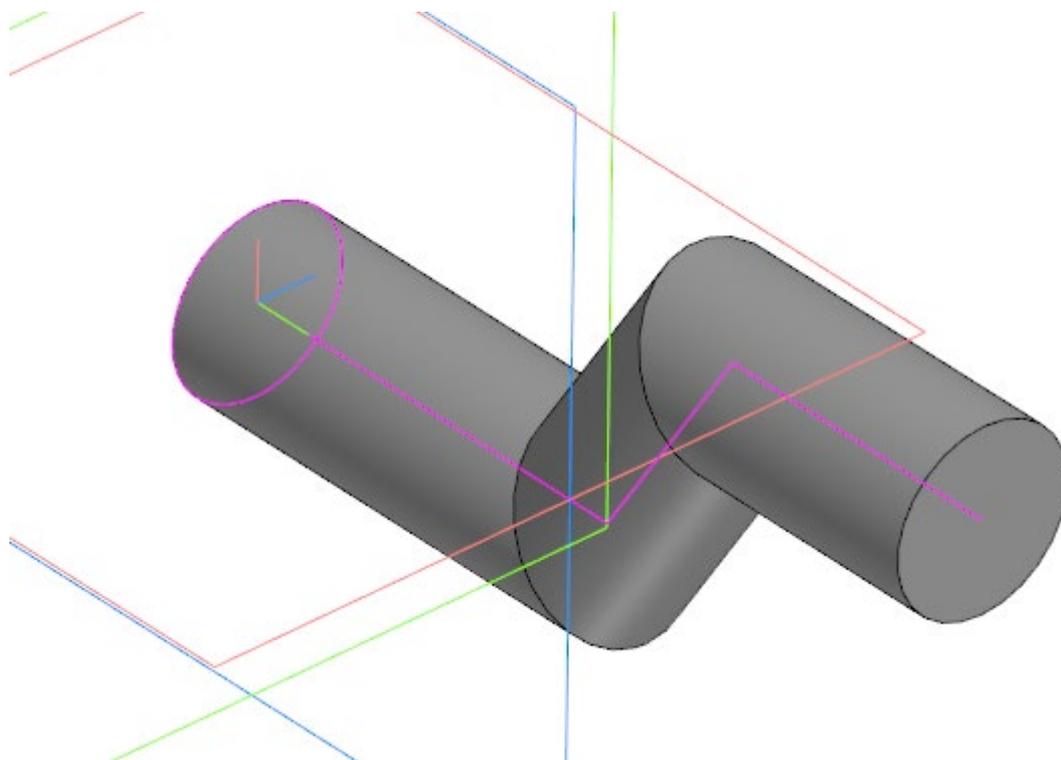


Рисунок 5.7

В свойствах детали изменим цвет и получим (рисунок 5.8):

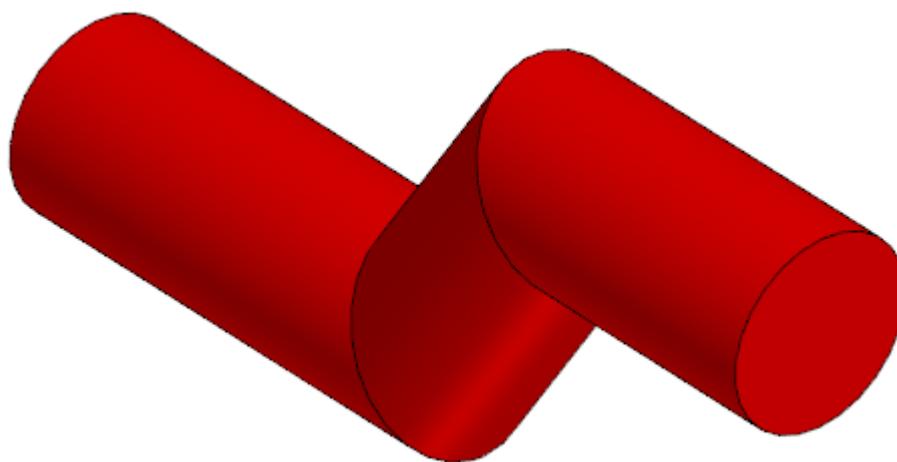


Рисунок 5.8

Цвет детали изменяем только для удобства дальнейшей сборки, чтобы детали не сливались, имея одинаковый цвет.

На рабочей плоскости создадим эскиз. На эскизе сделаем окружность диаметром 4 мм:

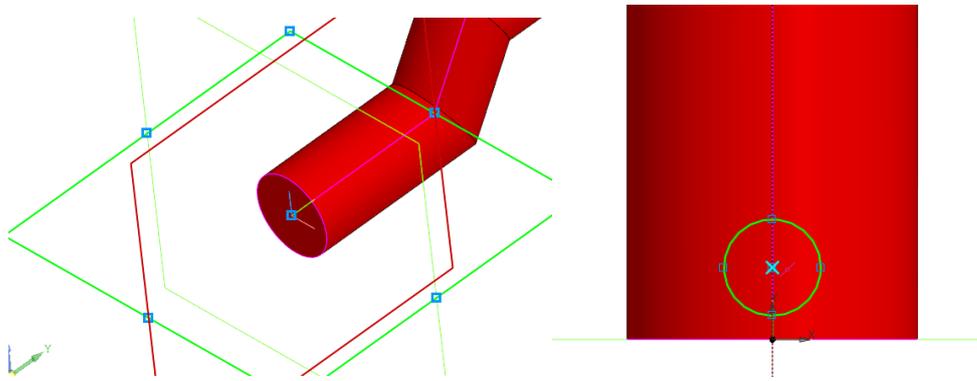


Рисунок 5.9

Сделаем сквозное отверстие выдавливанием симметрично, через все:

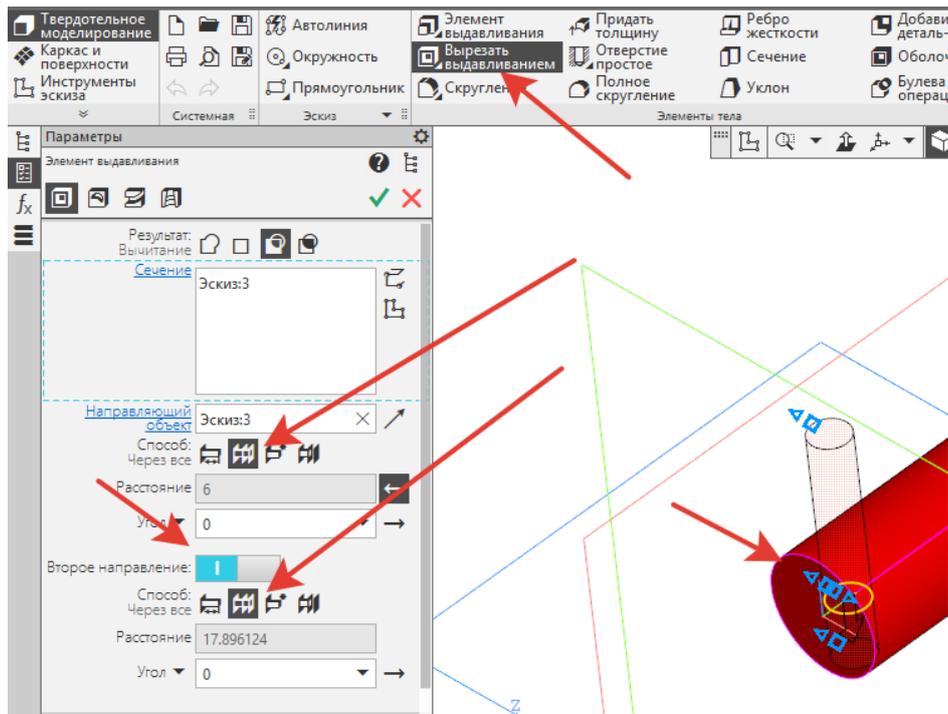


Рисунок 5.10

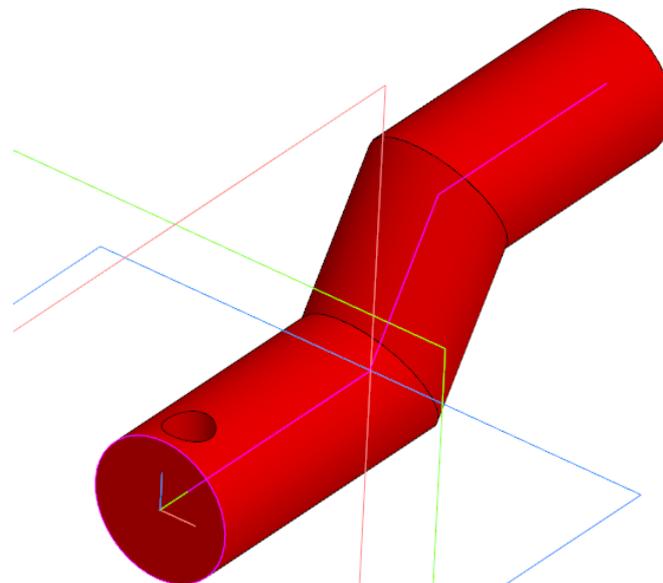


Рисунок 5.11

6 Сборка



Создадим сборку **Сборка**. Для добавления детали в сборку нажмем и выберем соответствующую деталь (рисунок 6.1):

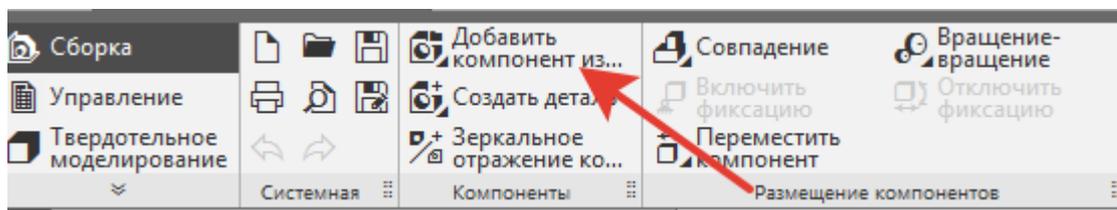


Рисунок 6.1

Можно добавлять одну и ту же деталь несколько раз. То есть, если в сборке есть несколько одинаковых деталей, можно создать одну и добавить ее неограниченное количество раз в сборку.

Последовательно добавим в сборку все созданные детали (рисунок 6.2):

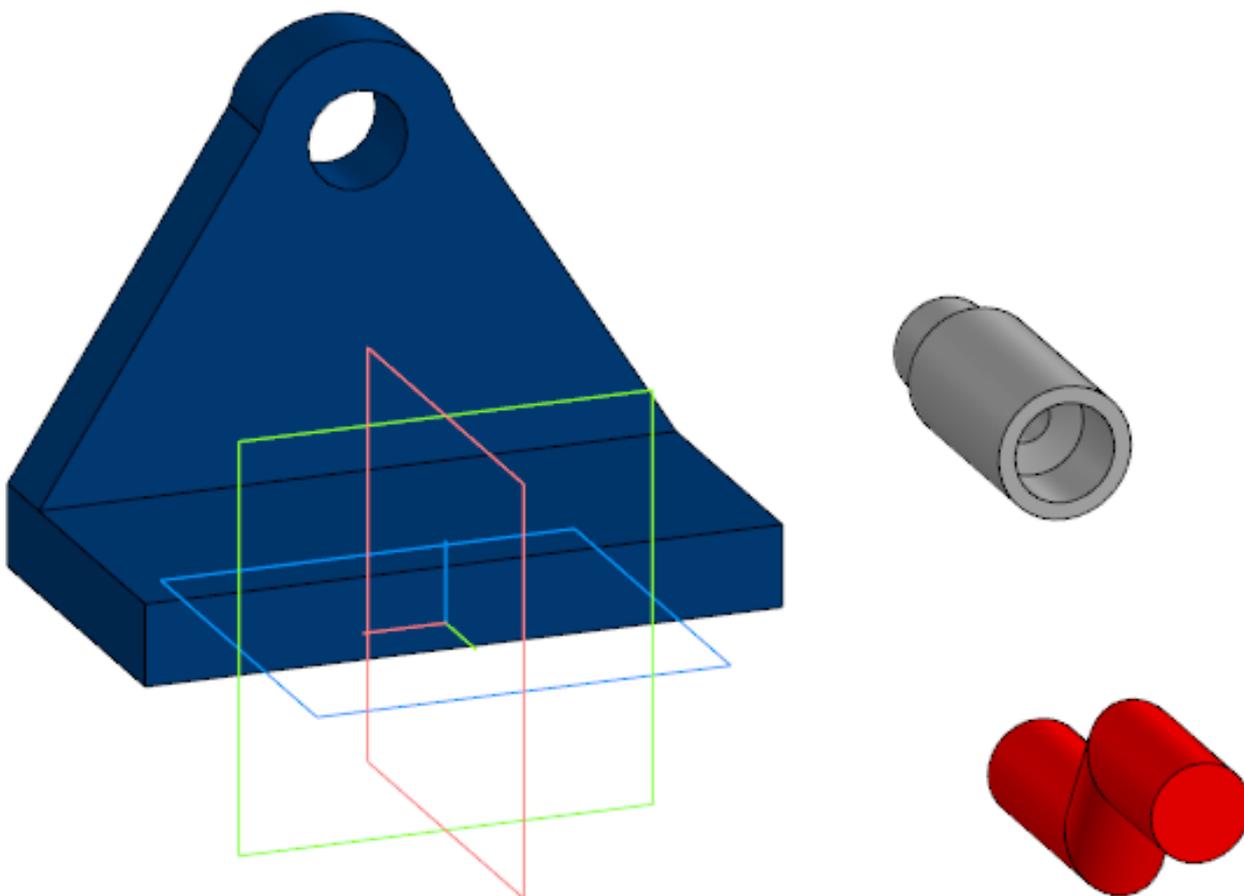


Рисунок 6.2

Чтобы совместить компоненты, воспользуемся инструментом **Совпадение** (рисунок 6.3):

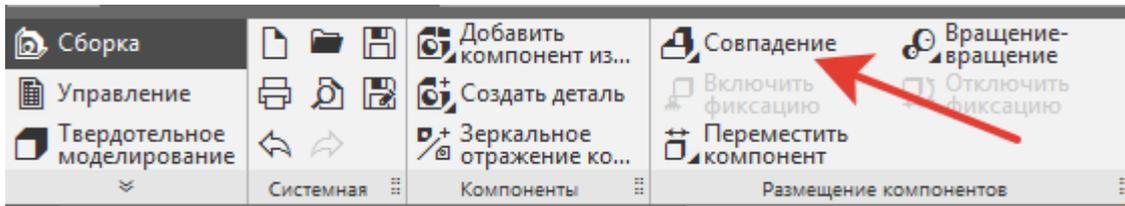


Рисунок 6.3

Используем тип совпадения **Соосность** (рисунок 6.4):

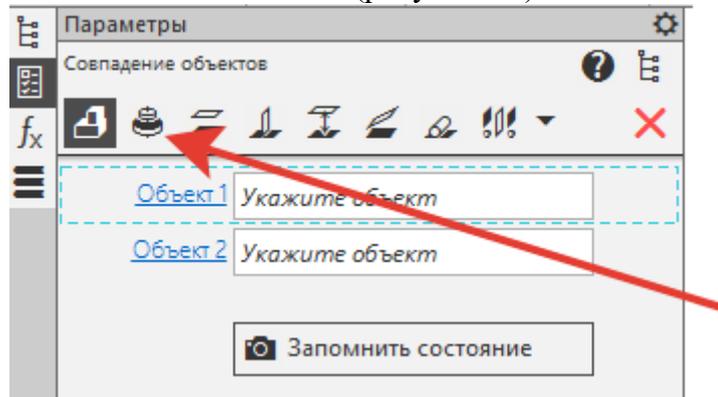


Рисунок 6.4

Укажите поверхности, которые должны быть соосными (рисунок 6.5):

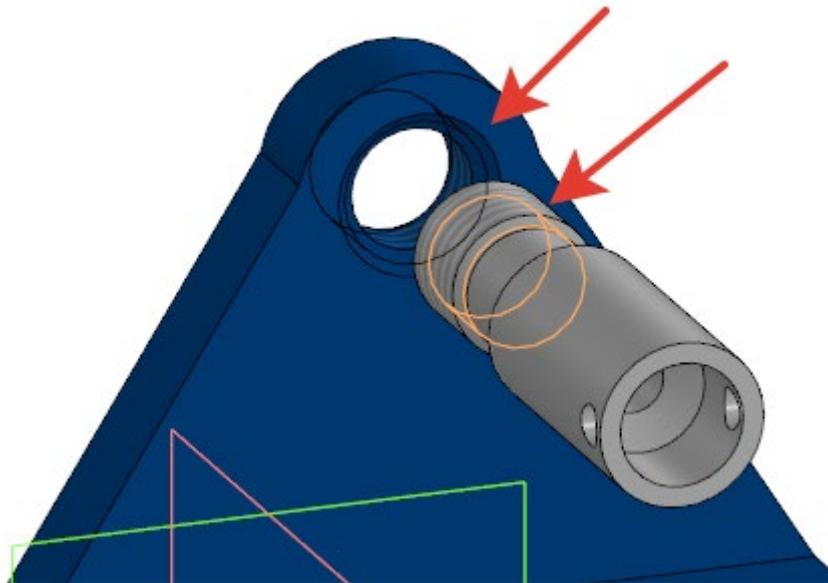


Рисунок 6.5

Зажав правую кнопку мыши, поверните сборку (рисунок 6.6):

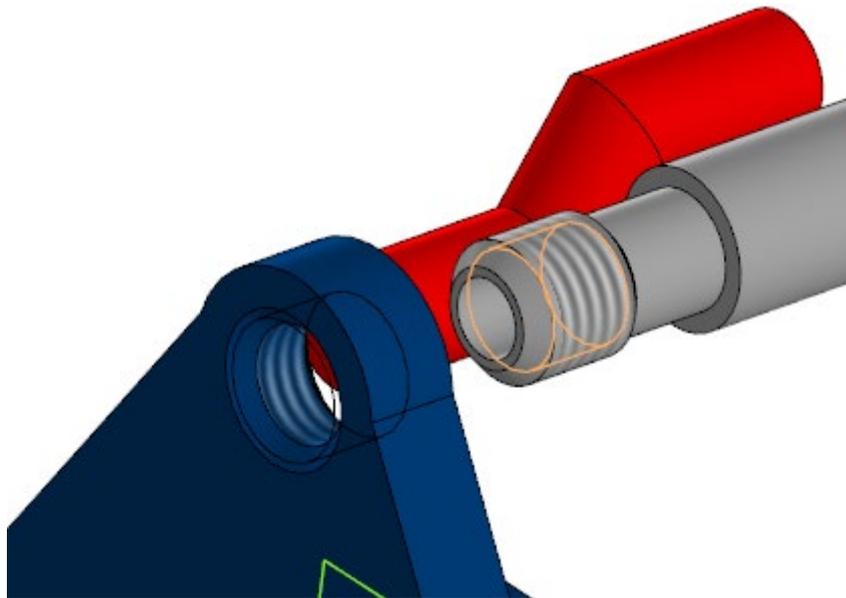


Рисунок 6.6

Используем инструмент **Совпадение** (рисунок 6.7):

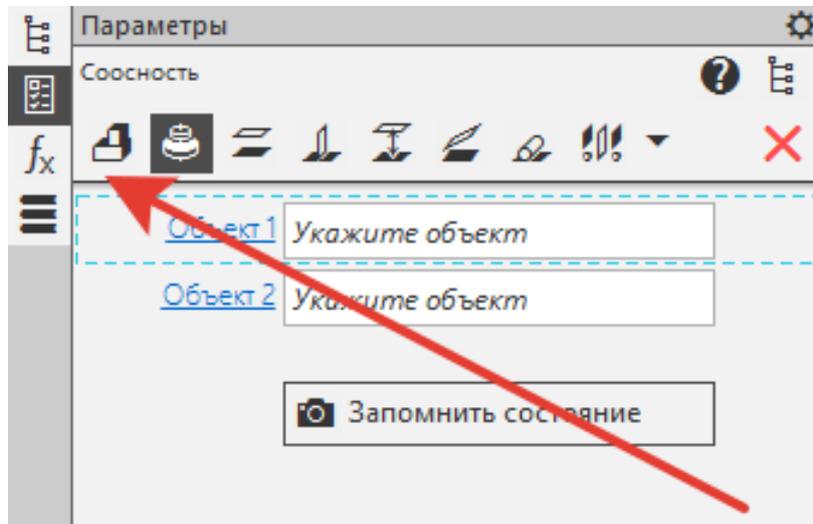


Рисунок 6.7

Укажите плоскости, которые должны совпадать (быть на одном уровне) (рисунок 6.8):

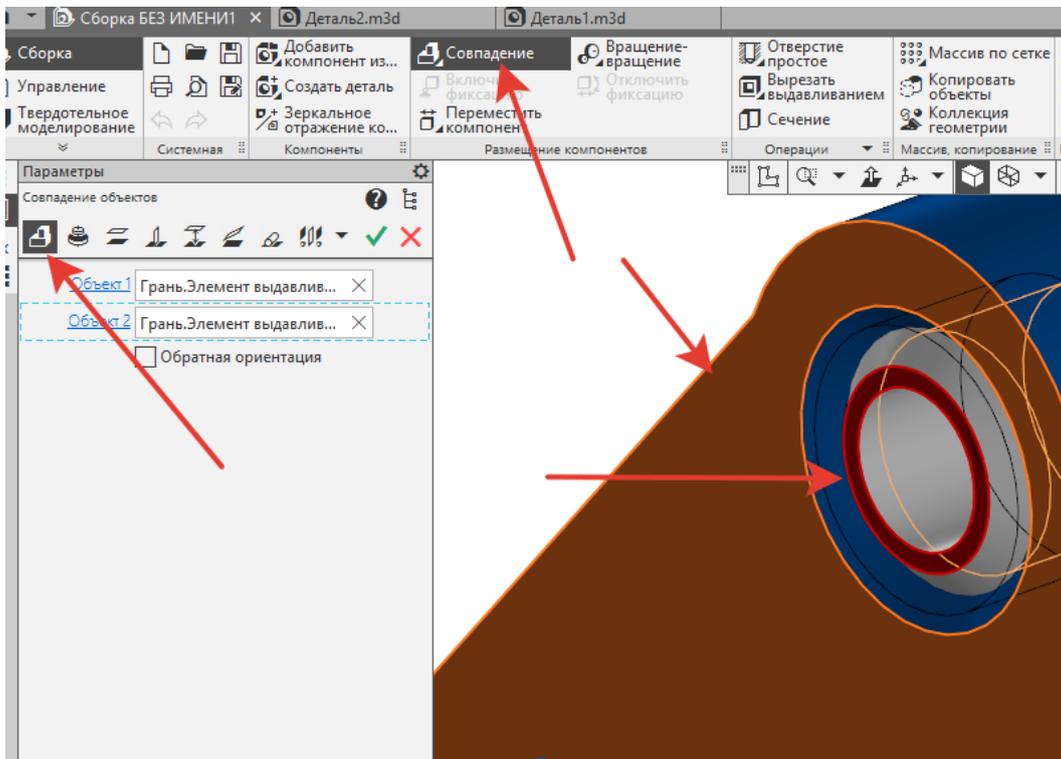


Рисунок 6.8

Снова используем **Соосность** и укажем поверхности (рисунок 6.9):

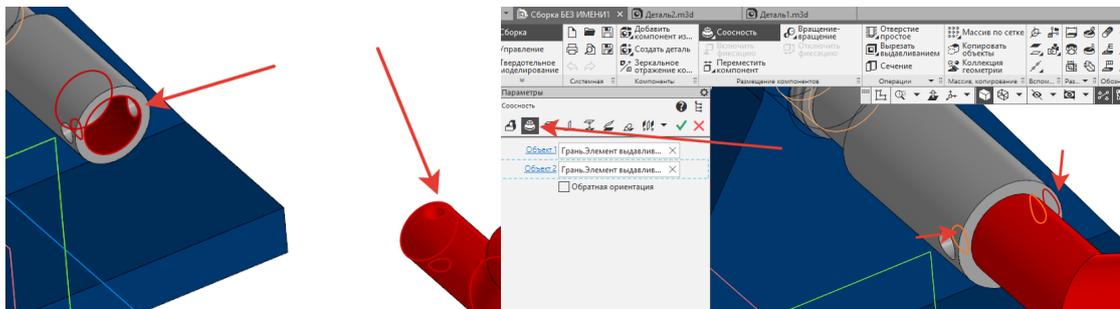


Рисунок 6.9

Вставим болт из библиотеки:

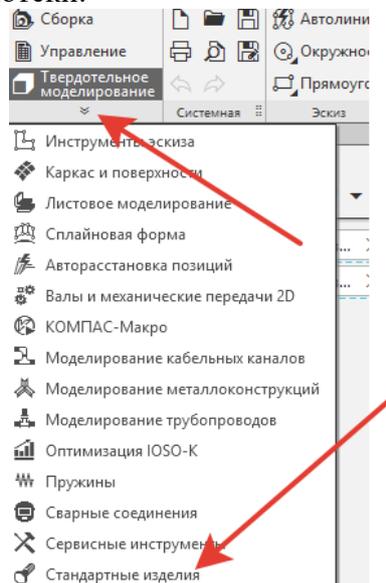


Рисунок 6.10

Выберем винт диаметром резьбы 4 мм и длиной 25 мм :

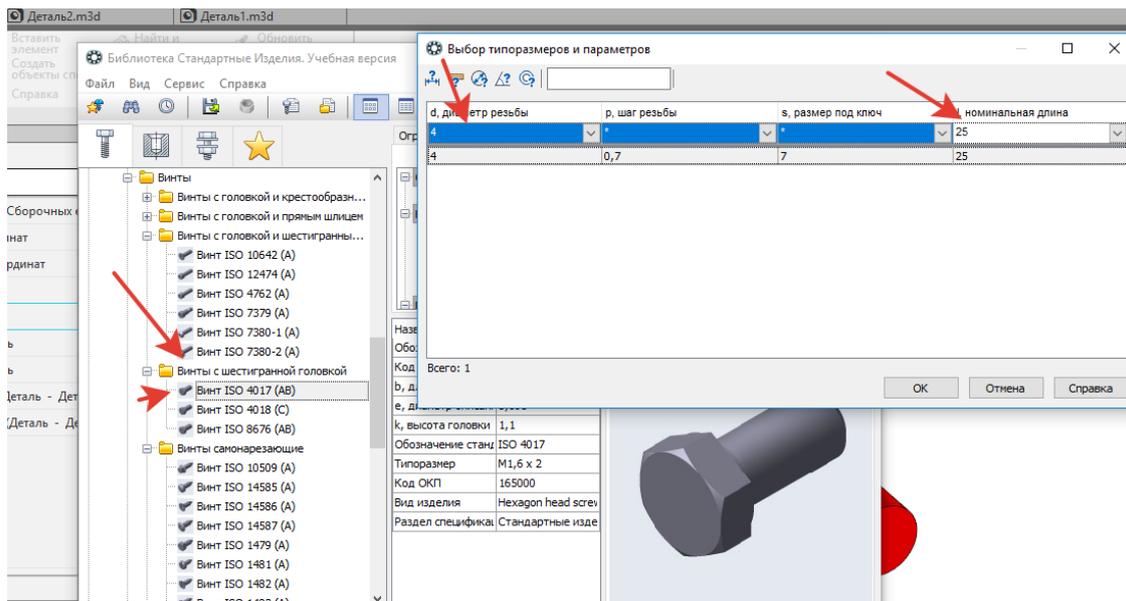
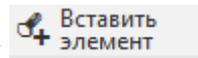


Рисунок 6.11

Установим винт:

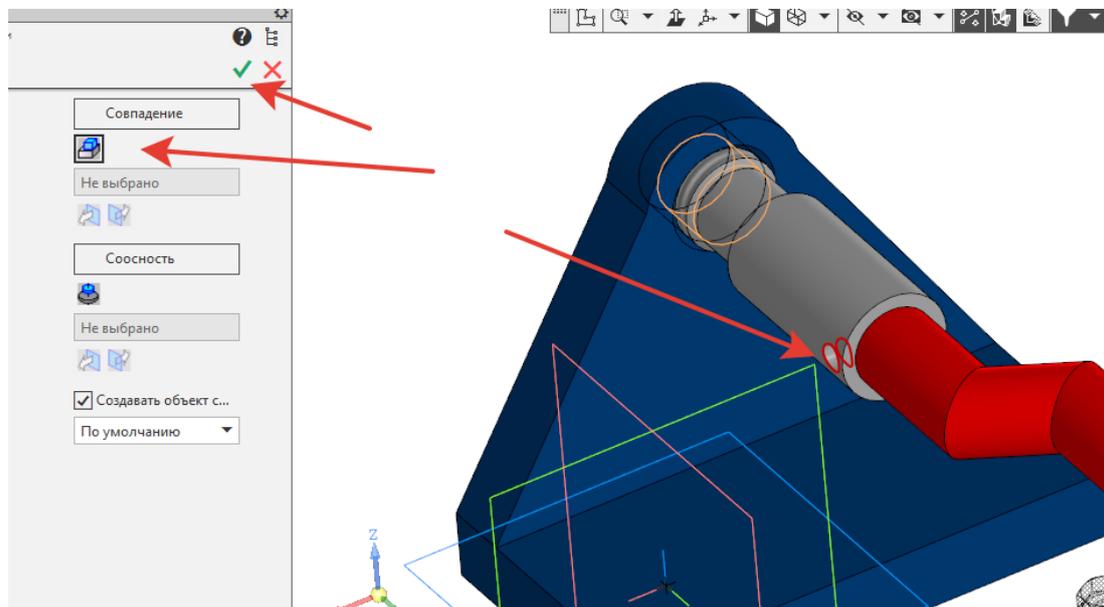


Рисунок 6.12

Из библиотеки выберем и установим шайбу и гайку:

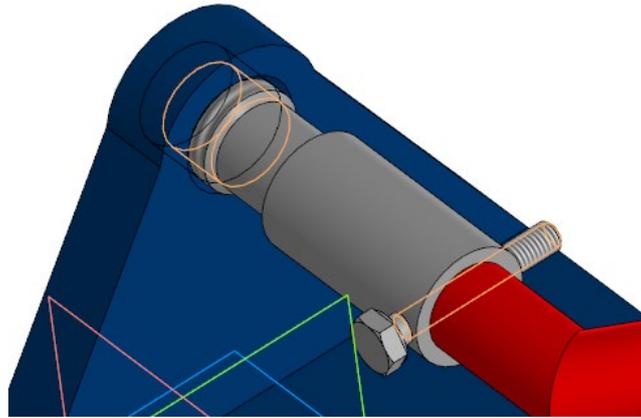


Рисунок 6.13

После завершения процесса сборки, ее необходимо сохранить файл в папку Вашего проекта под названием «Сборка». Готовая сборка показана на рисунке 6.14.

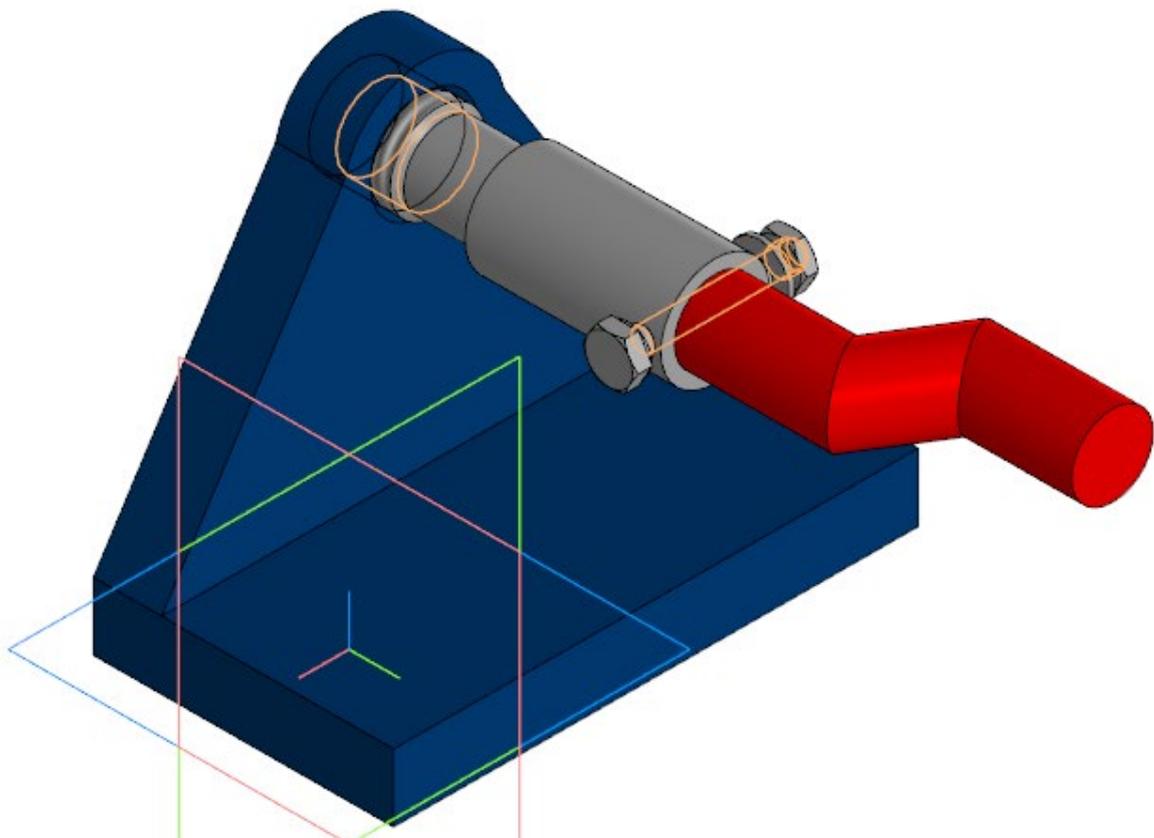


Рисунок 6.14

7 Стандартные изделия

В КОМПАС-3D, есть библиотека стандартных изделий.
Выберите панель **Твердотельное моделирование**
Затем – **Стандартные изделия** (рисунок 7.1)

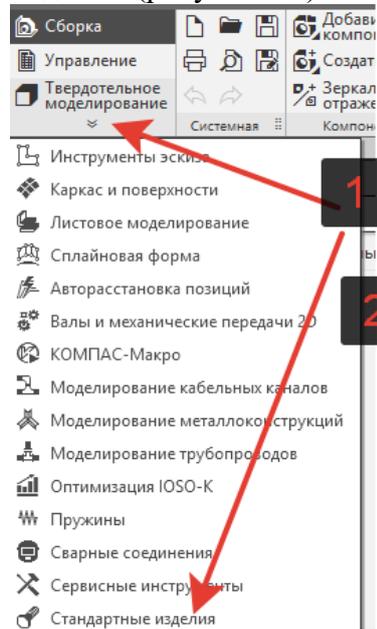


Рисунок 7.1

Затем выберите **Вставить элемент** (рисунок 7.2):

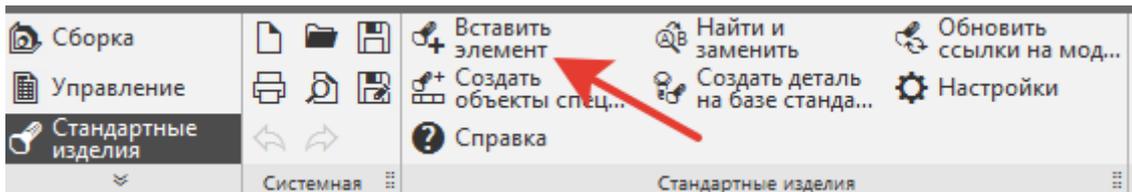


Рисунок 7.2

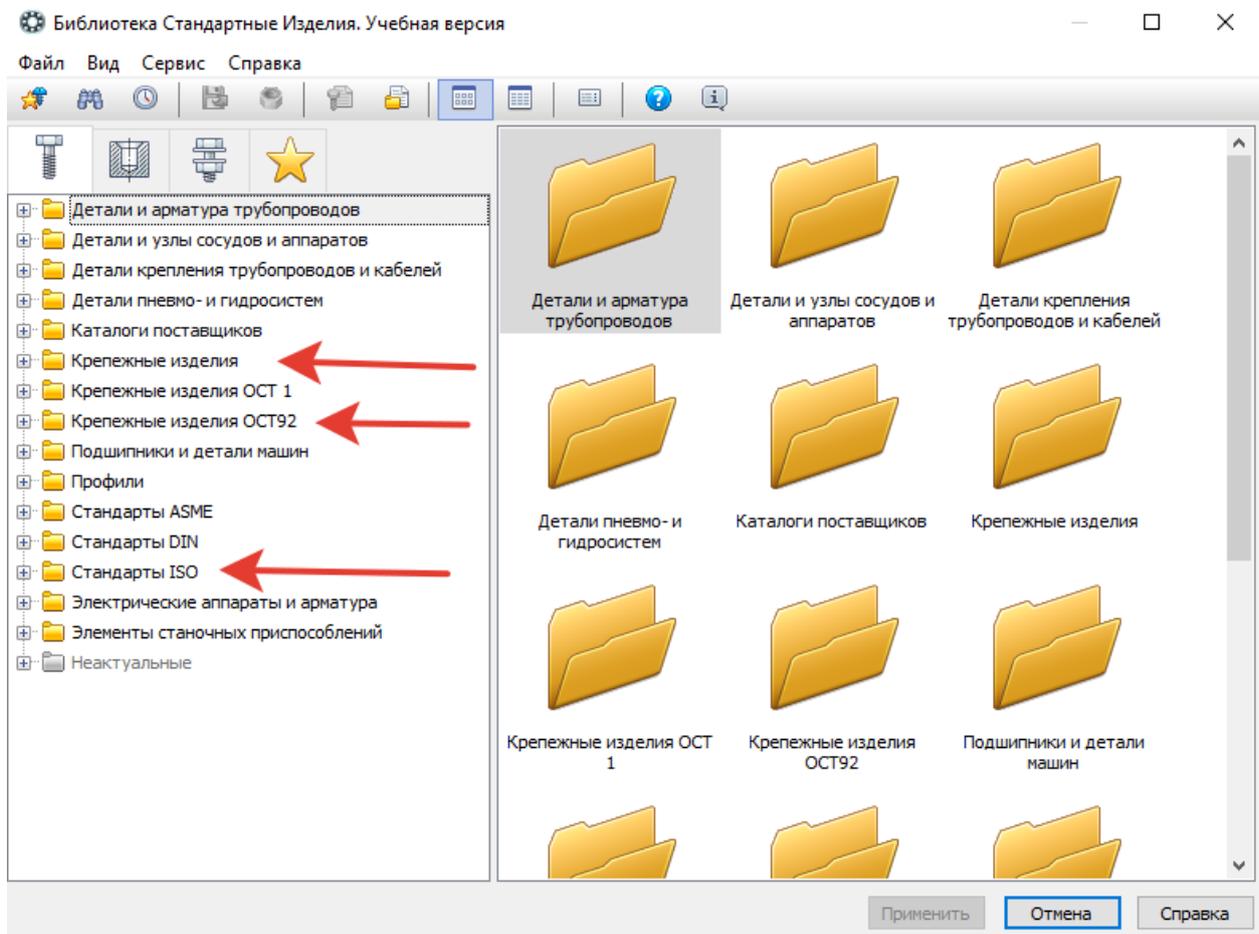


Рисунок 7.3

Здесь можно выбрать различные крепежные изделия (рисунок 7.4): **болты гайки, шайбы**. Выбрать их тип, размеры и другие параметры. Параметры изделий ограничены соответствующим ГОСТом. Если их параметры не удовлетворяют параметрам сборки, выберите изделия из других разделов.

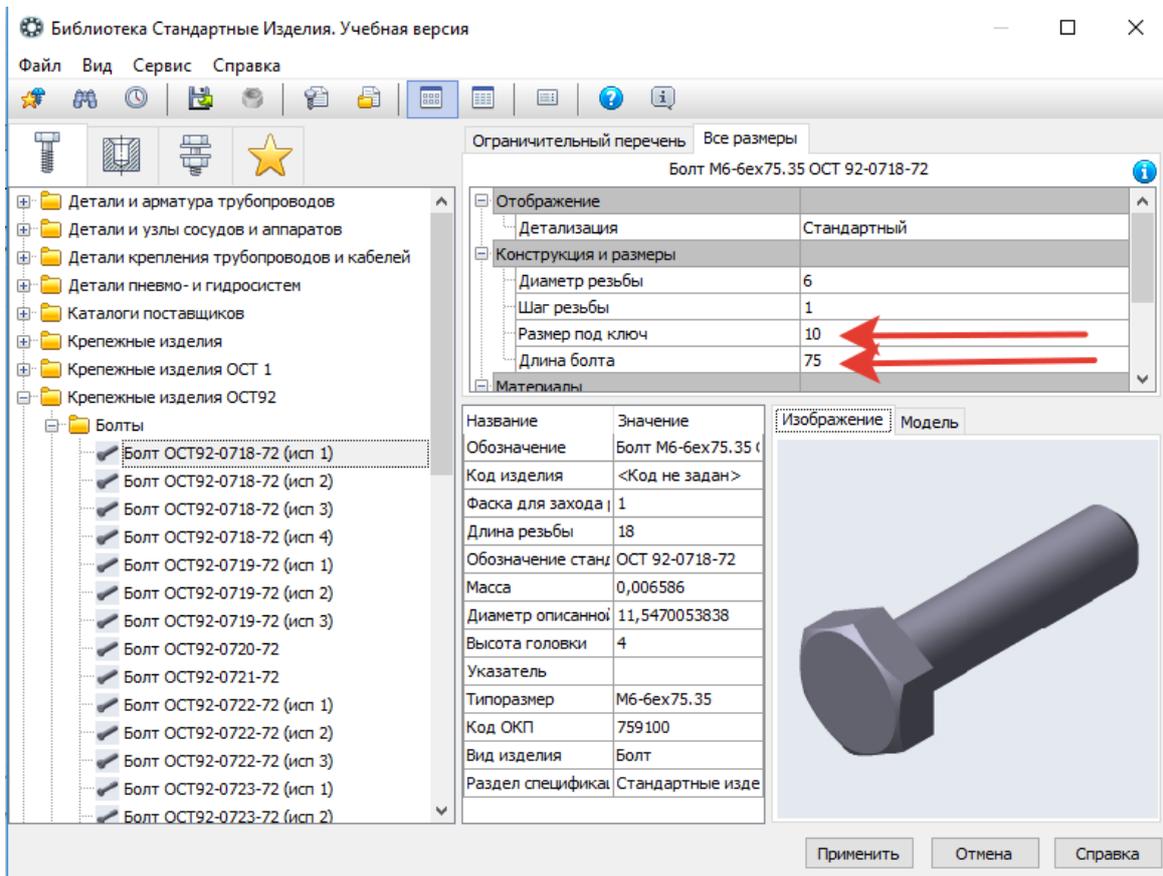


Рисунок 7.5

При добавлении изделия, можно сразу выбрать и указать параметры вставки детали (рисунок 7.6):

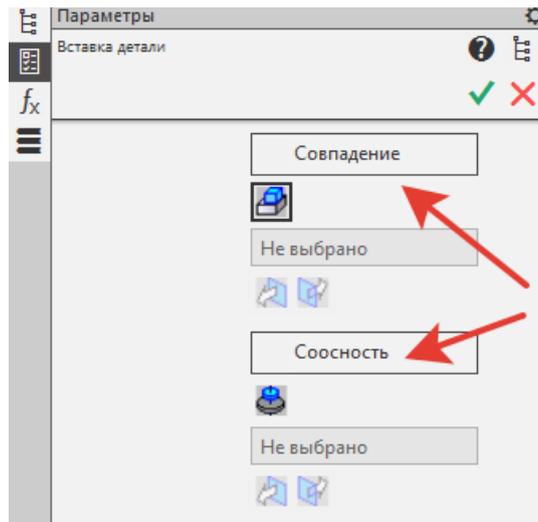


Рисунок 7.6

При добавлении стандартного компонента откроется окно спецификации. Закройте его (рисунок 7.7).

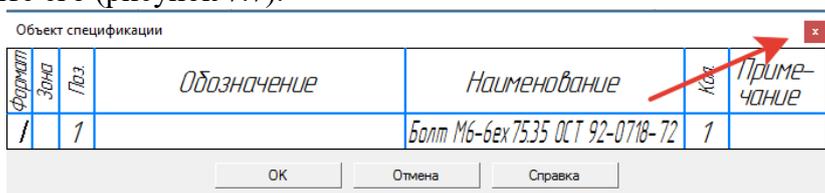


Рисунок 7.8

8 Дополнительные сведения и сообщения об ошибках

После завершения построения в Дереве могут появиться значки рядом с пиктограммой объекта – признак того, что вы совершили некорректное действие. В качестве примера ошибки рассмотрим случай, когда в модели были созданы избыточные сопряжения.

Для того чтобы посмотреть, как отображается ошибка, включите сопряжение в расчет в Дереве. После включения в расчет модель будет требовать перестроения, о чем свидетельствует пиктограмма  в Дереве (рисунок 8.1).

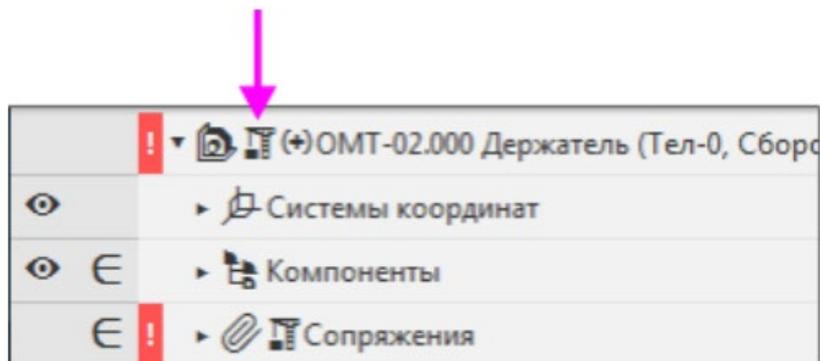


Рисунок 8.1

Нажмите кнопку **Перестроить**  на **Панели быстрого** доступа или клавишу <F5>.

Чтобы выяснить причину ошибки, выделите сопряжение, например **Параллельность**, и вызовите команду из контекстного меню **Что неверно?** (рисунок 7.2)

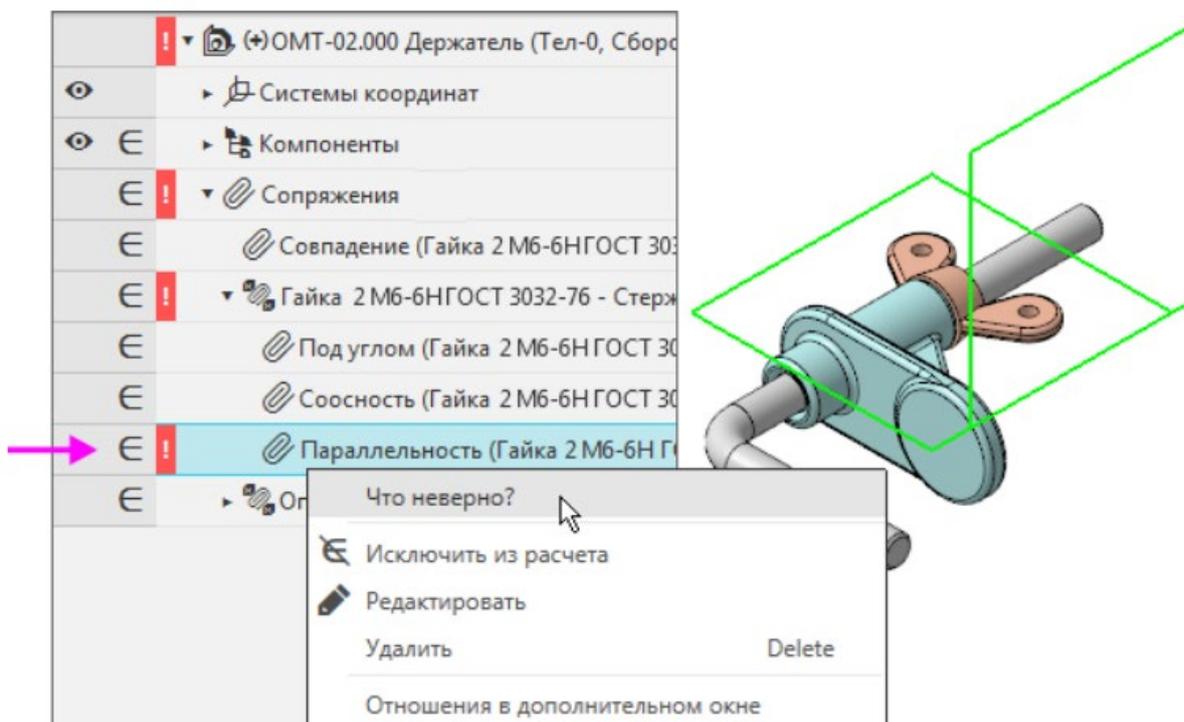


Рисунок 8.2

На экране появится диалог с описанием ошибки. В нашем примере это сообщение о том, что сопряжение переопределяет модель (рисунок 8.3).

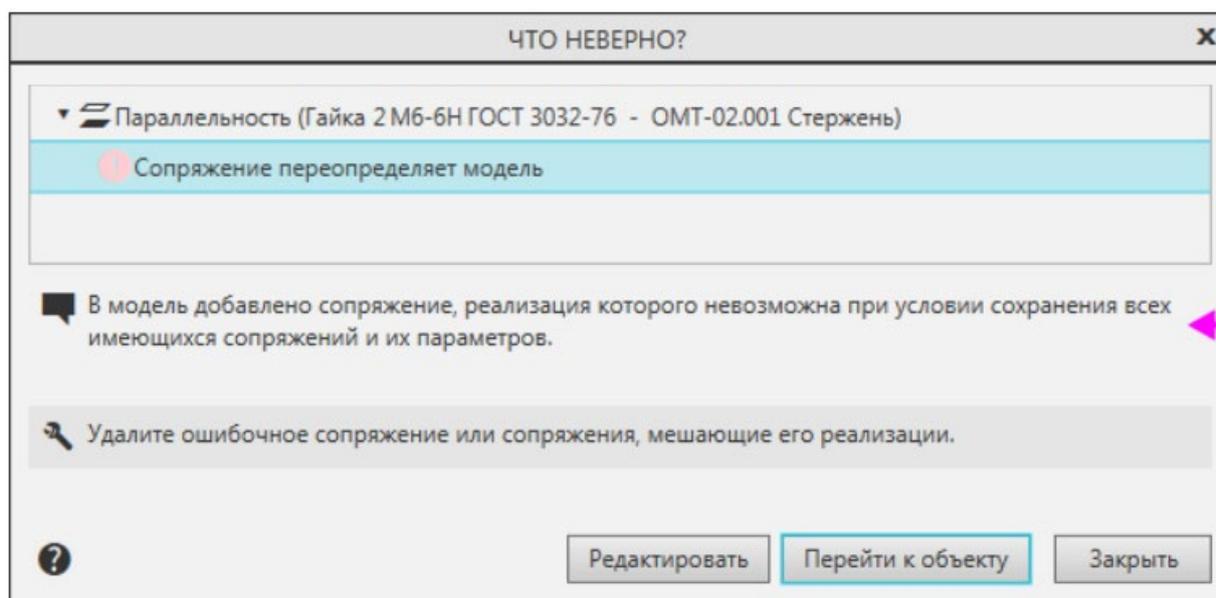


Рисунок 8.3

Чтобы перейти в режим редактирования параметров сопряжения, следует нажать на кнопку **Редактировать**. В нашем случае закройте диалог нажатием кнопки **Заккрыть**. Чтобы исправить ошибку, удалите сопряжение. Для этого выделите его в Дереве и нажмите клавишу **<Delete>**.

Нажмите кнопку **Удалить** в диалоге удаления объектов (рисунок 7.4).

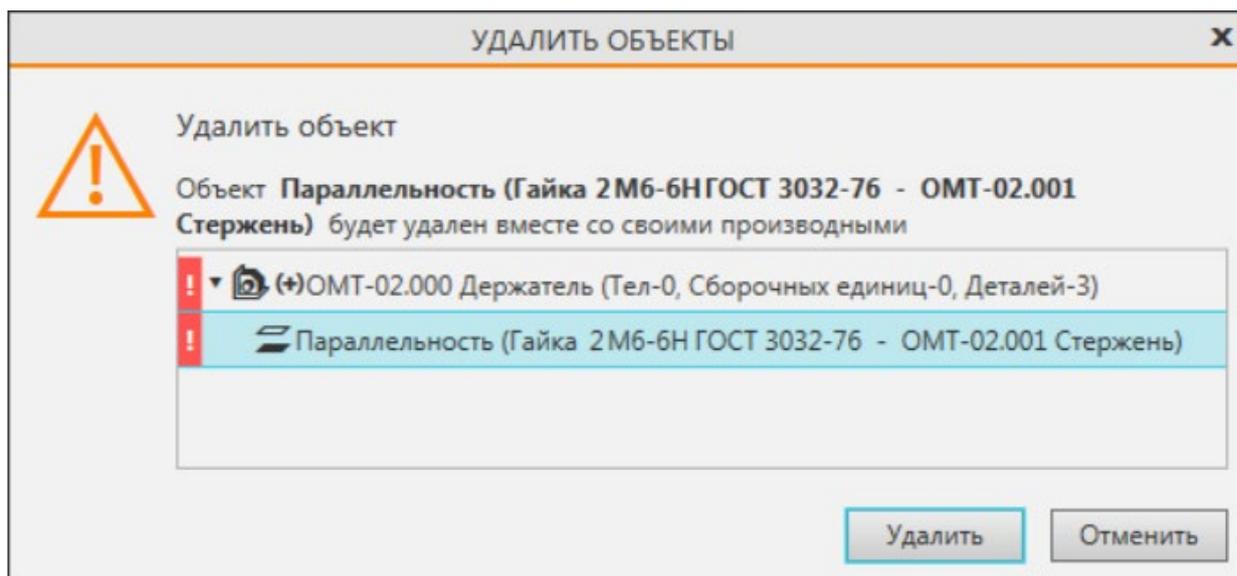


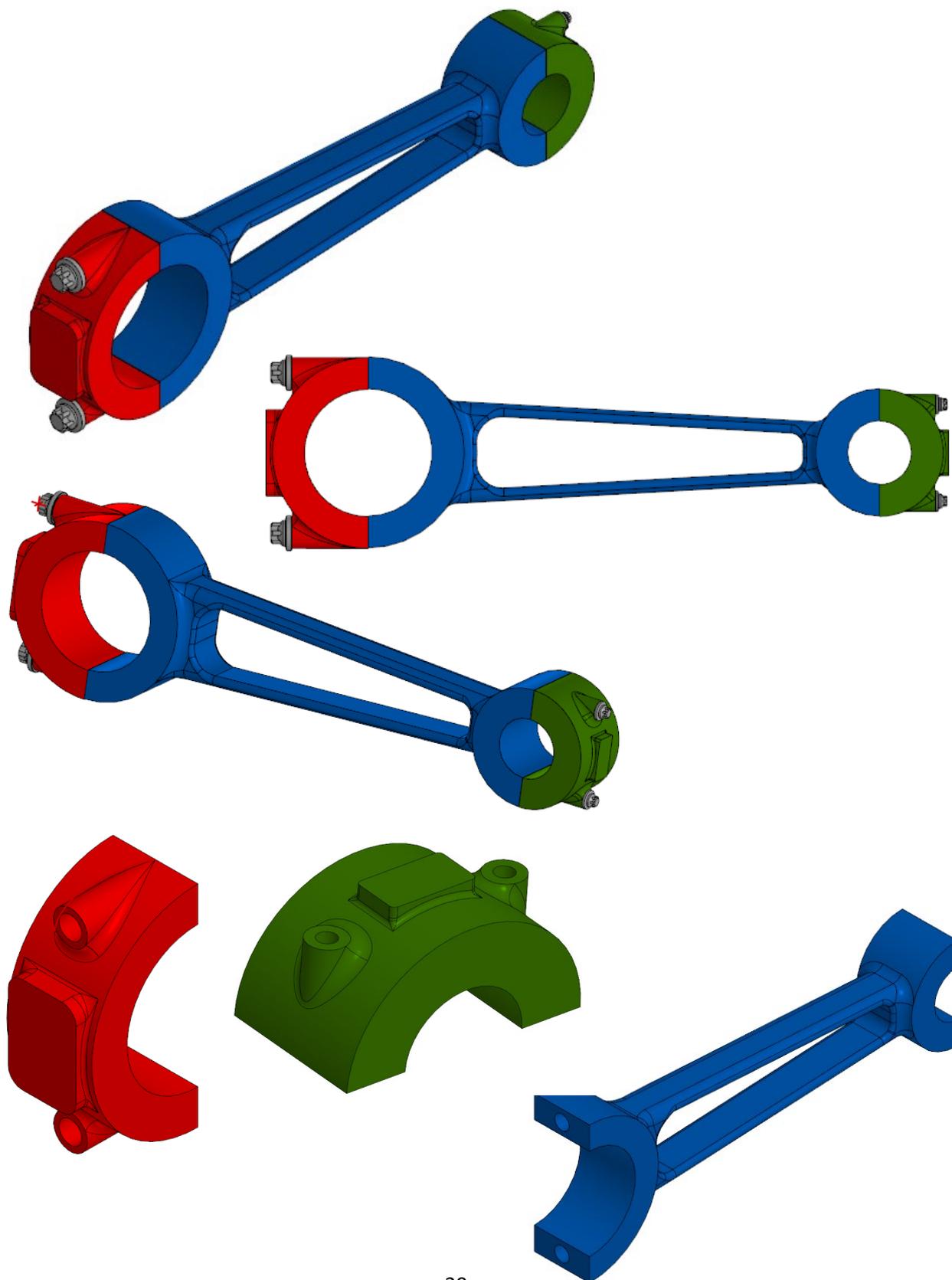
Рисунок 8.4

Также можно выделить в Дереве объект с ошибкой для его редактирования. Для этого служит кнопка **Перейти к объекту** в диалоге **Что не верно?**

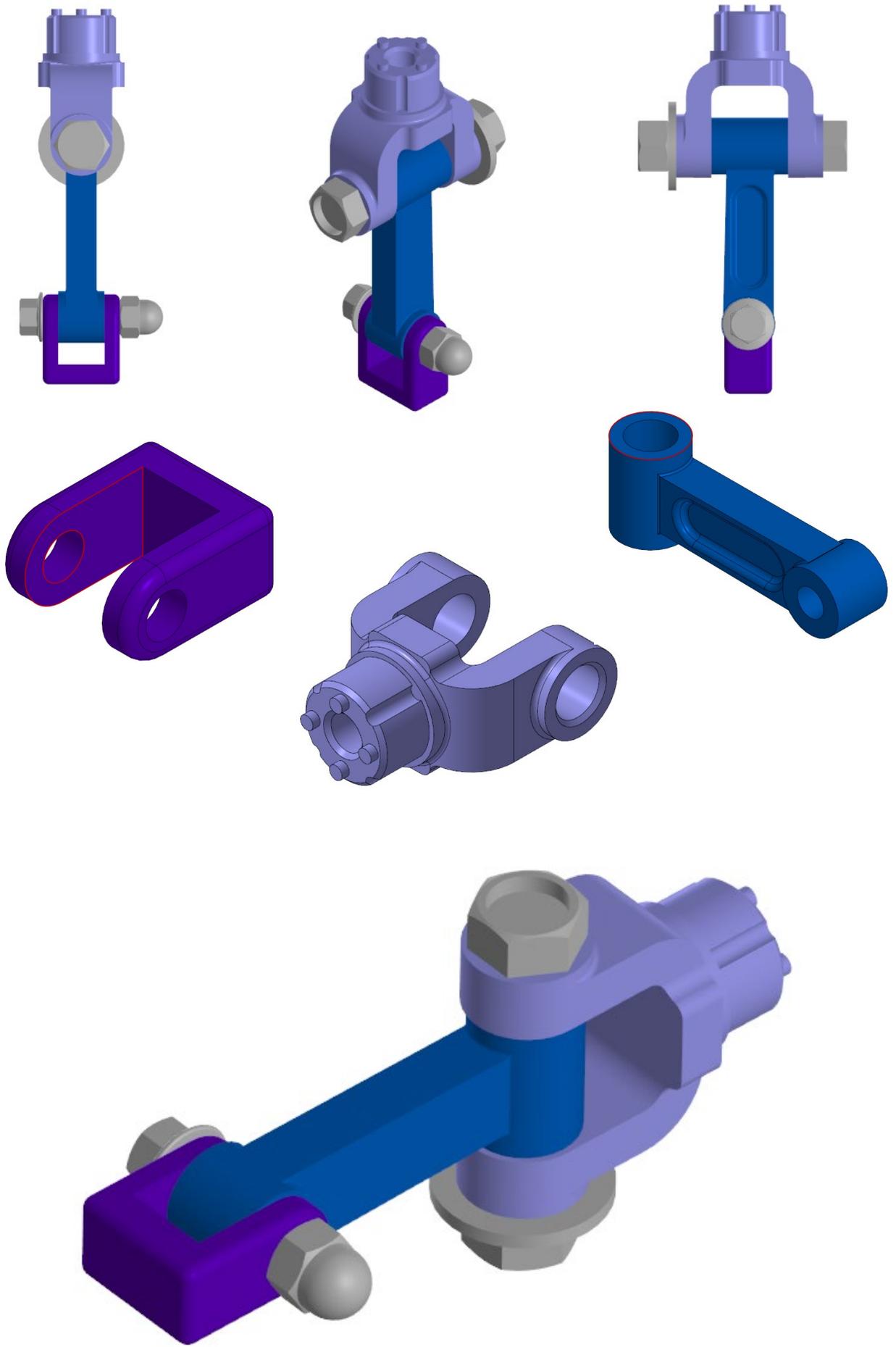
9 Варианты задания

Выполните трехмерные модели каждой детали и соберите в сборку.

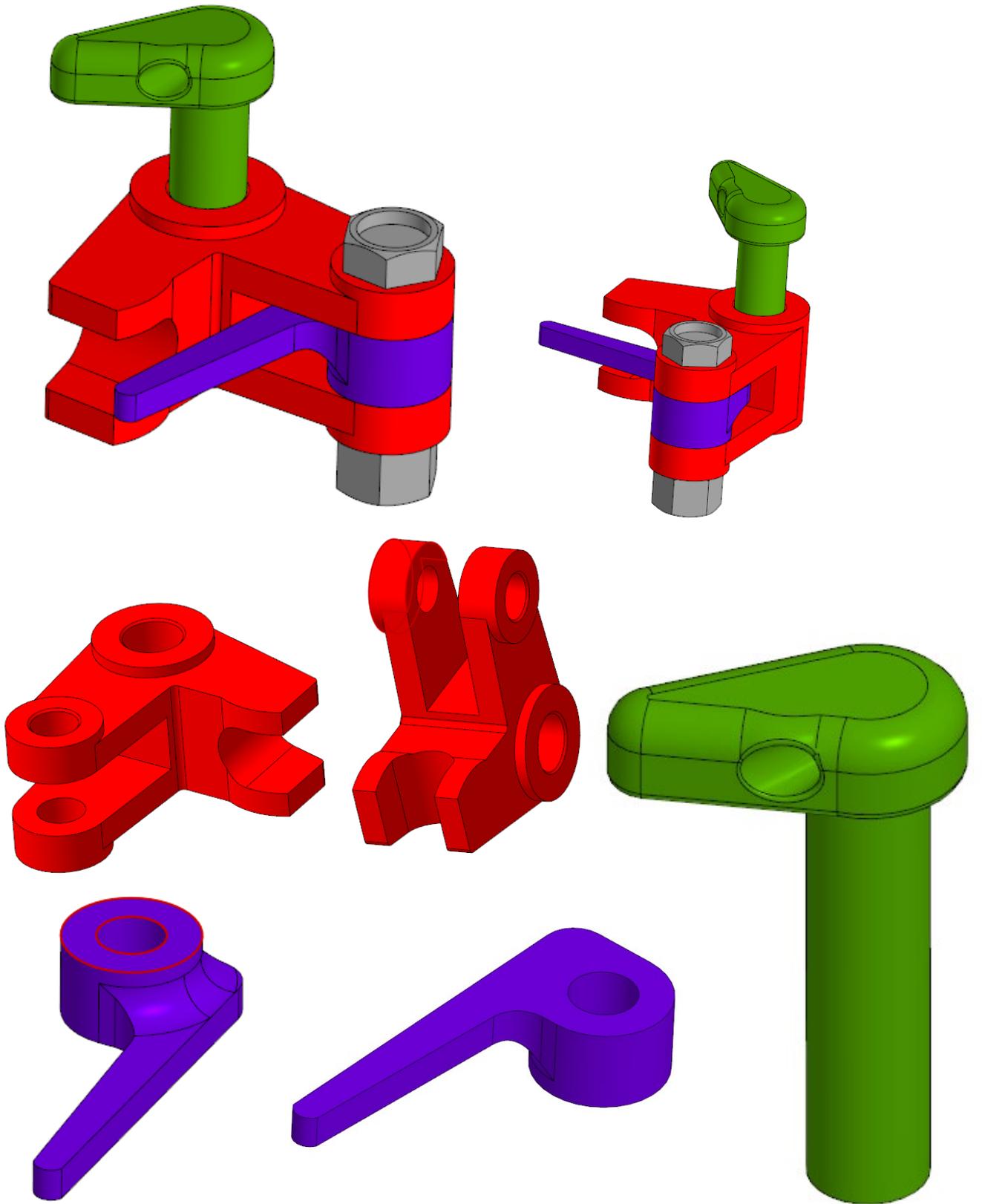
Вариант 1



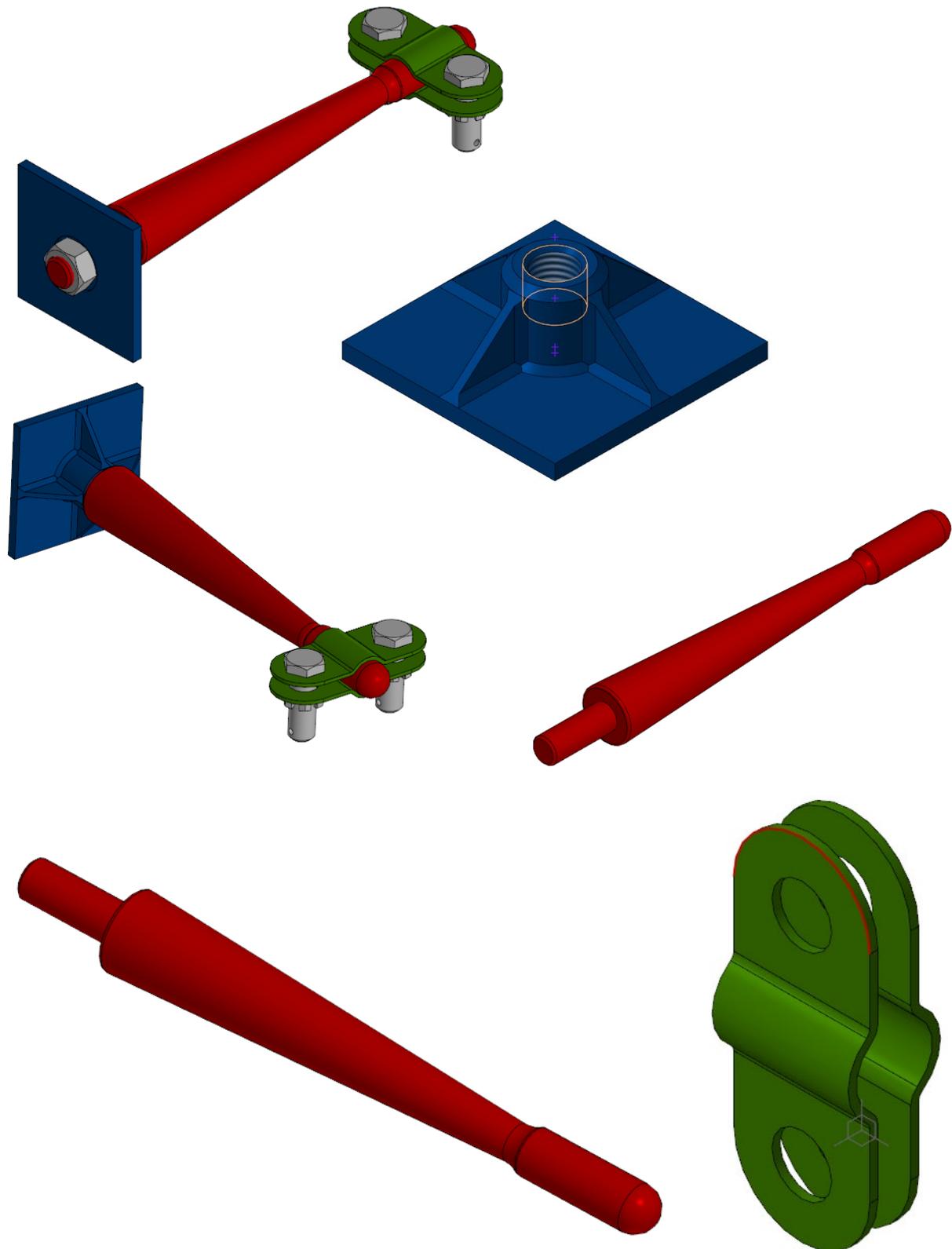
Вариант 2



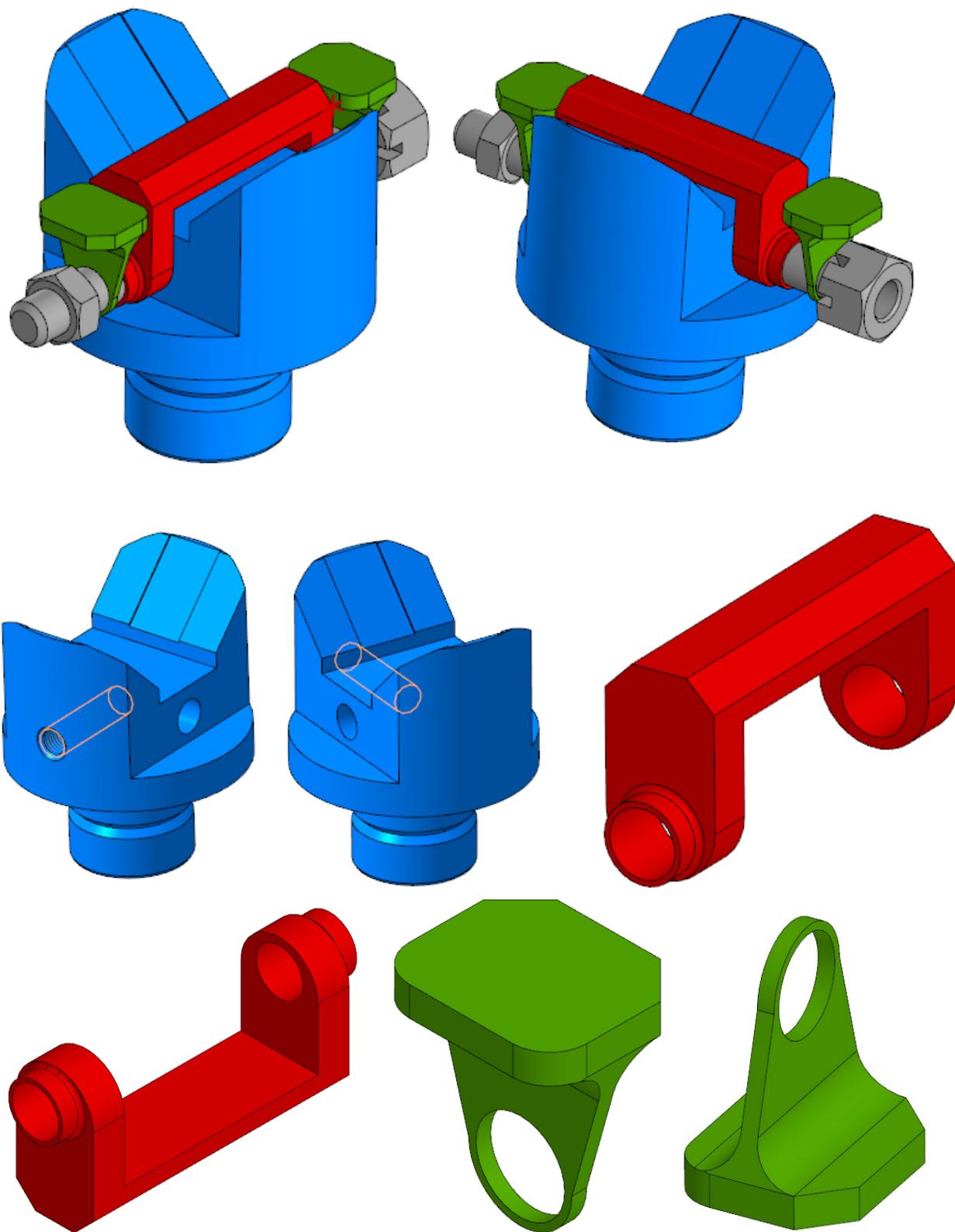
Вариант 3



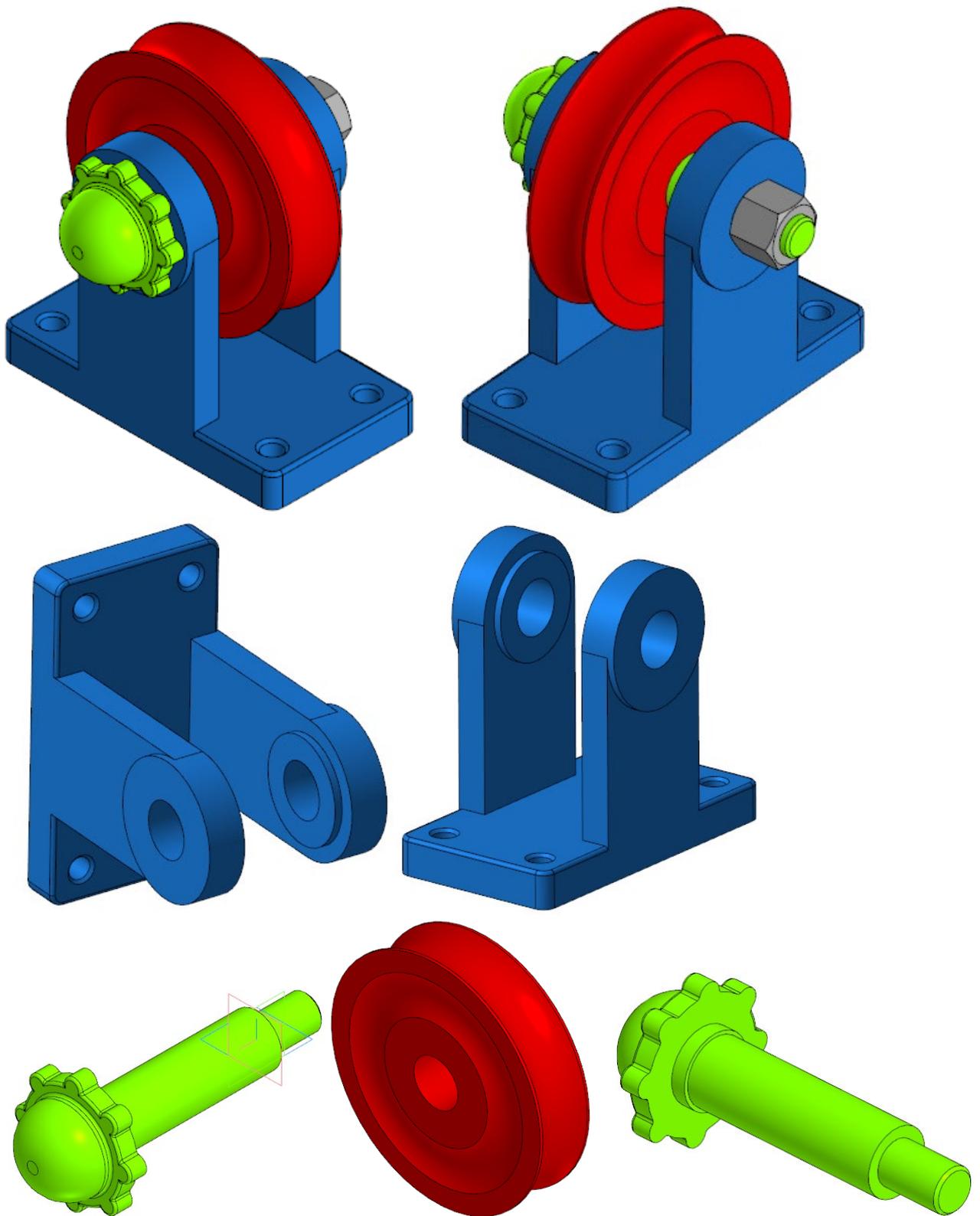
Вариант 4



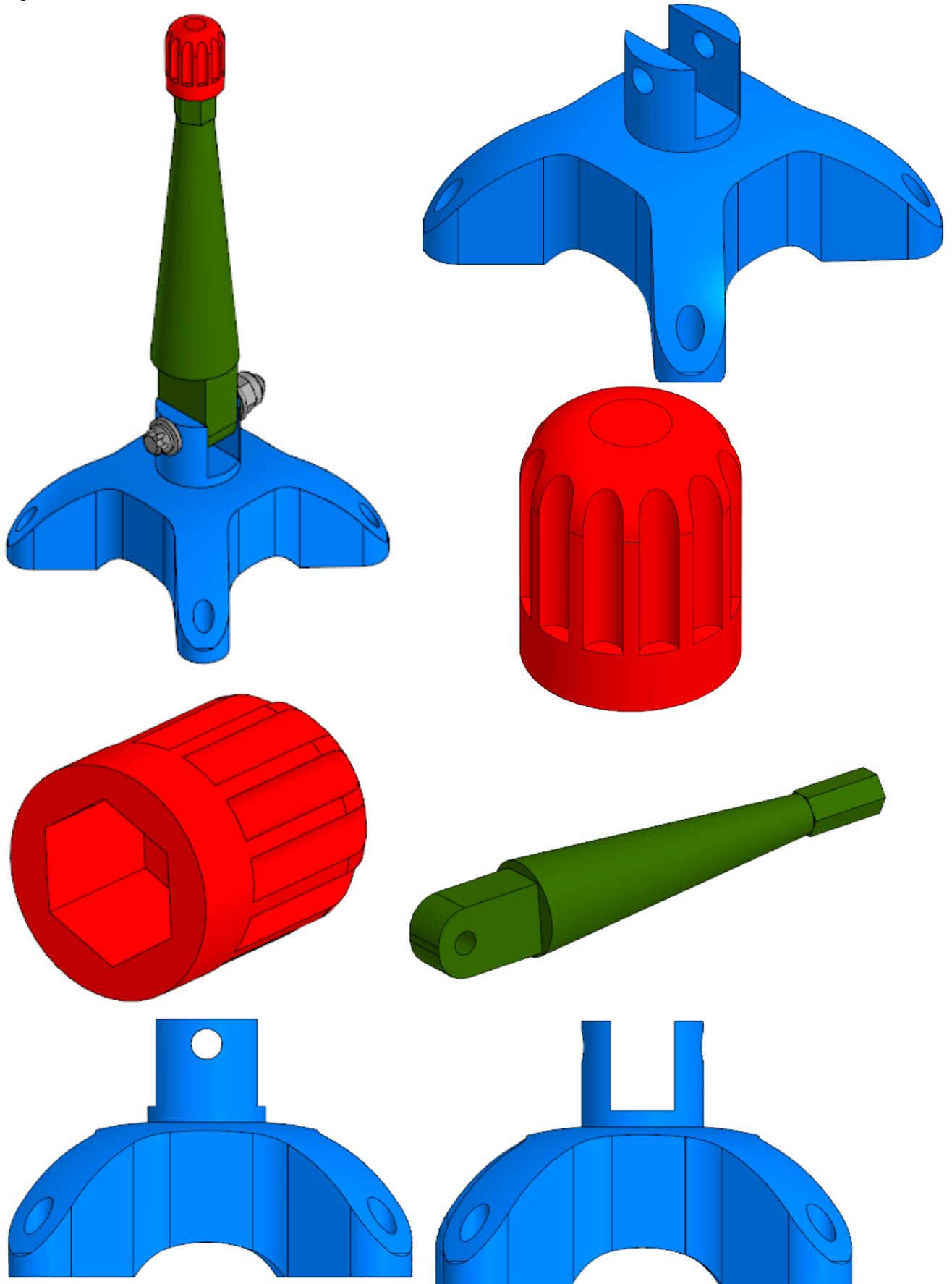
Вариант 5



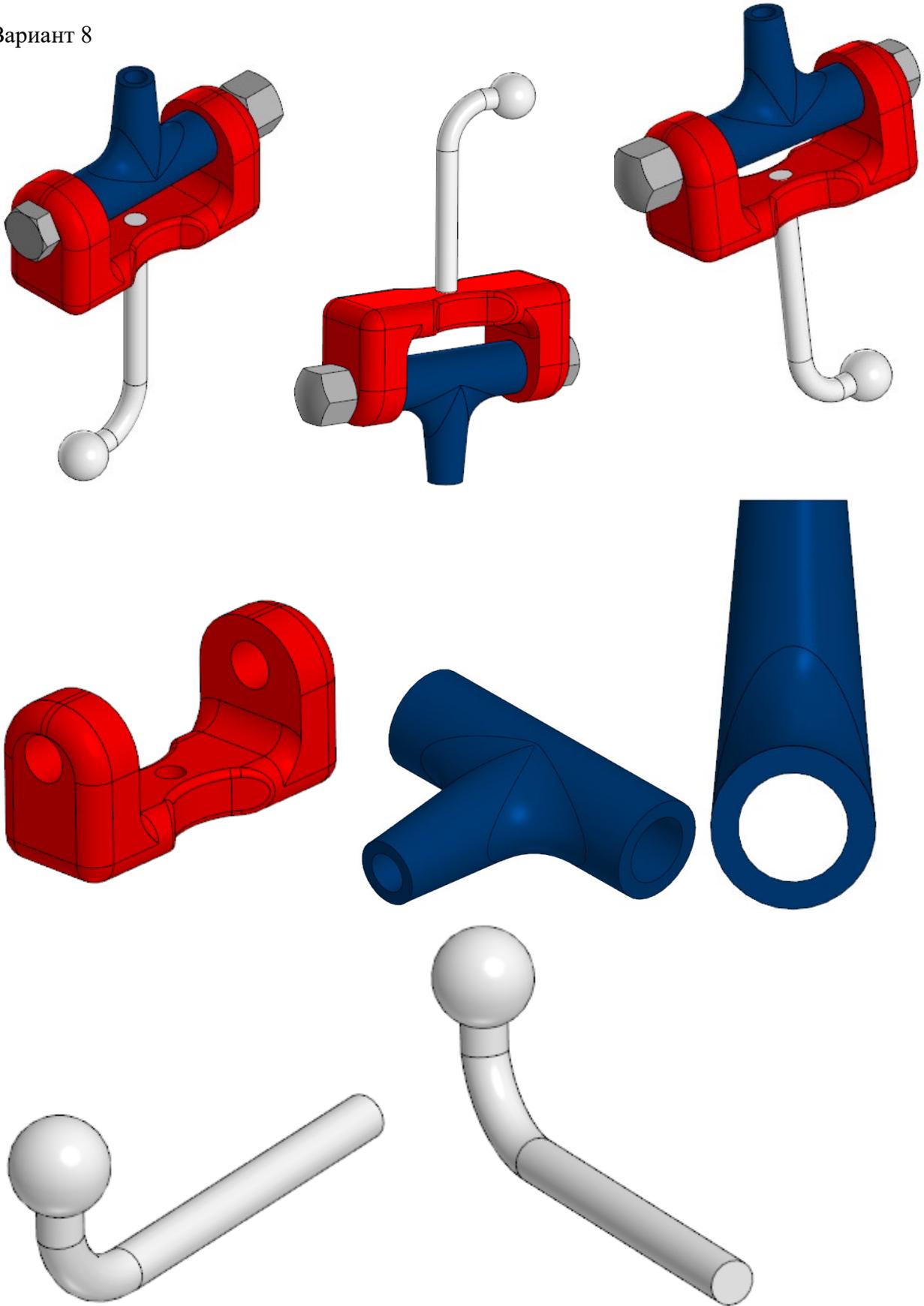
Вариант 6



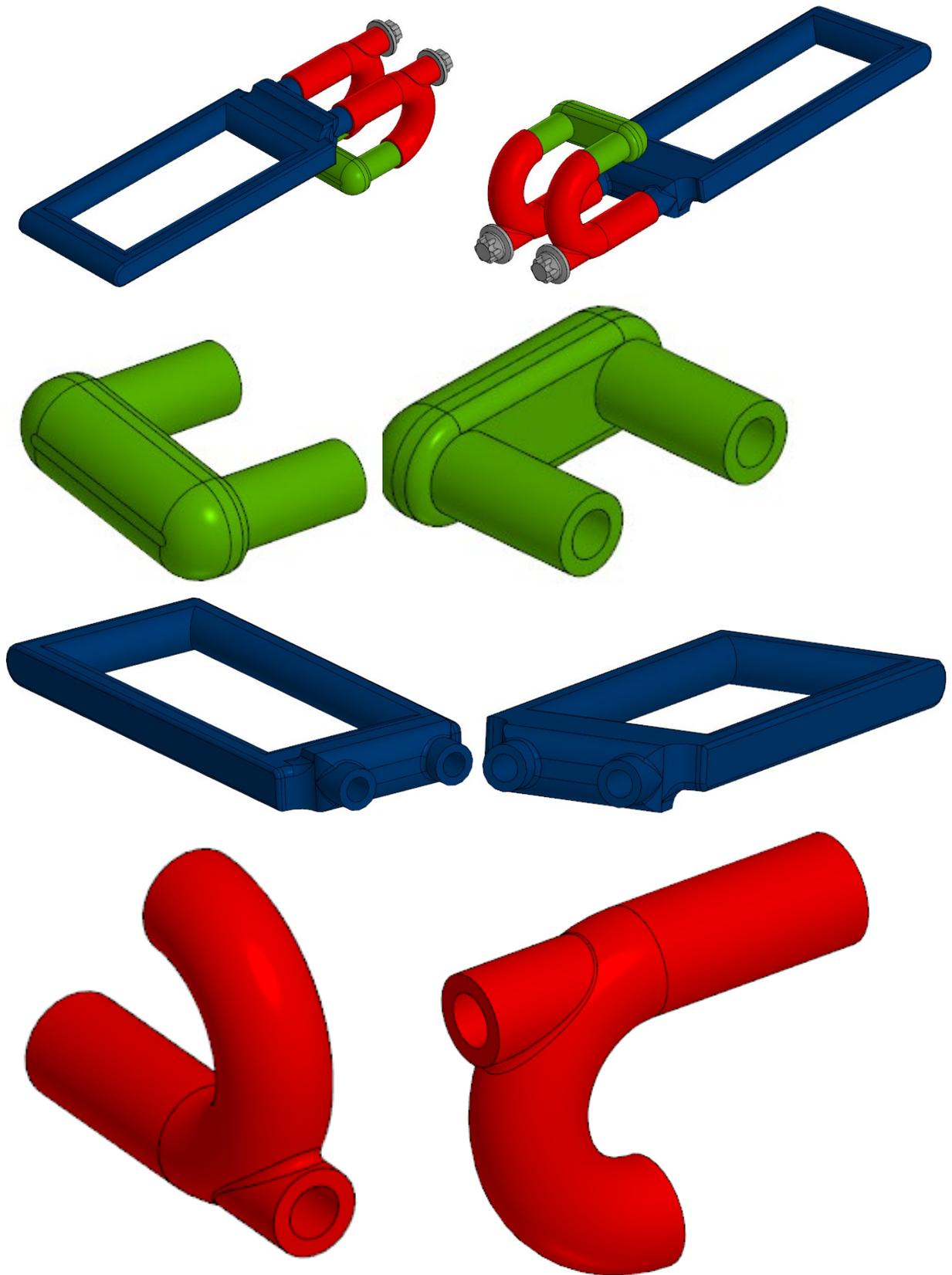
Вариант 7



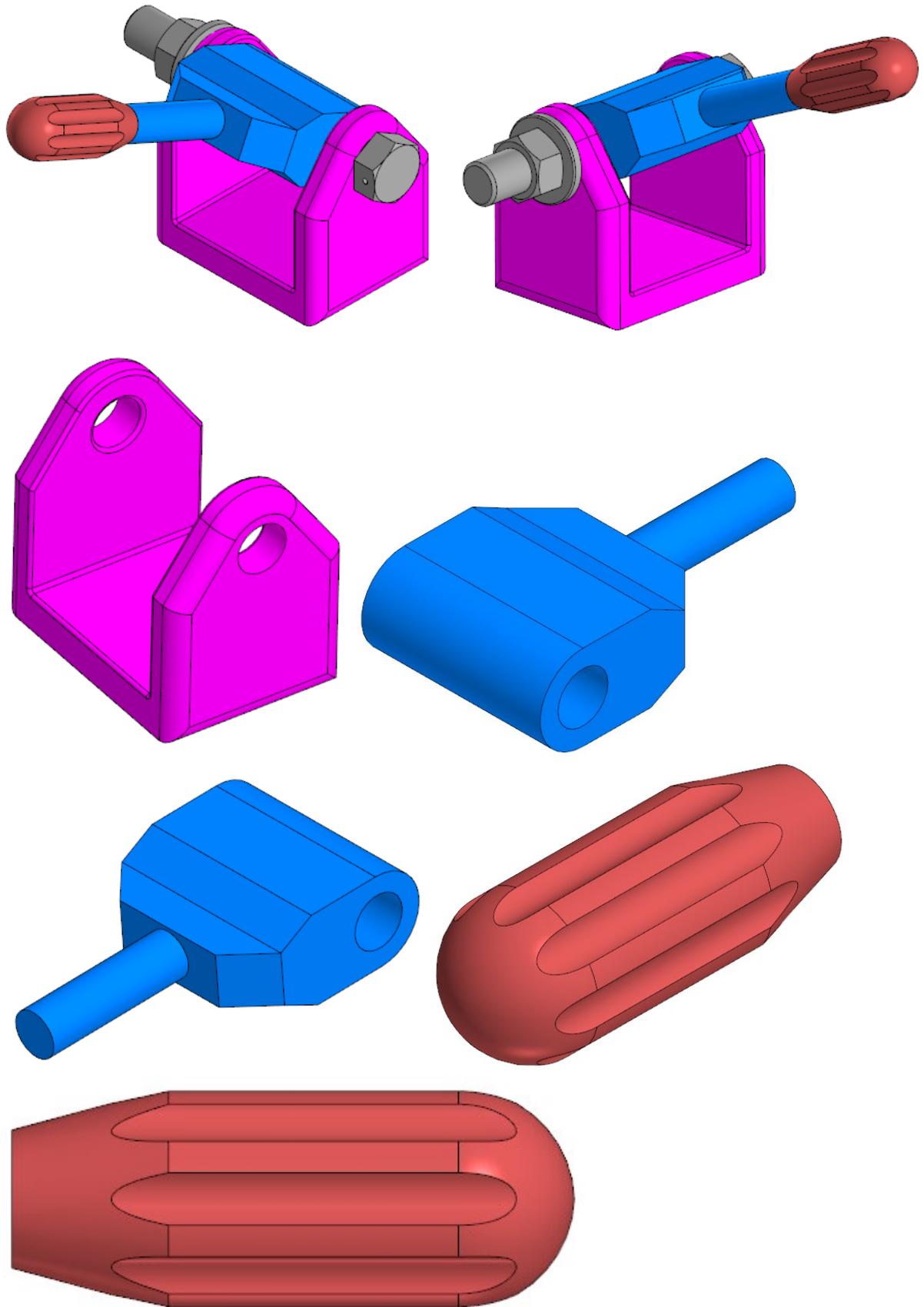
Вариант 8



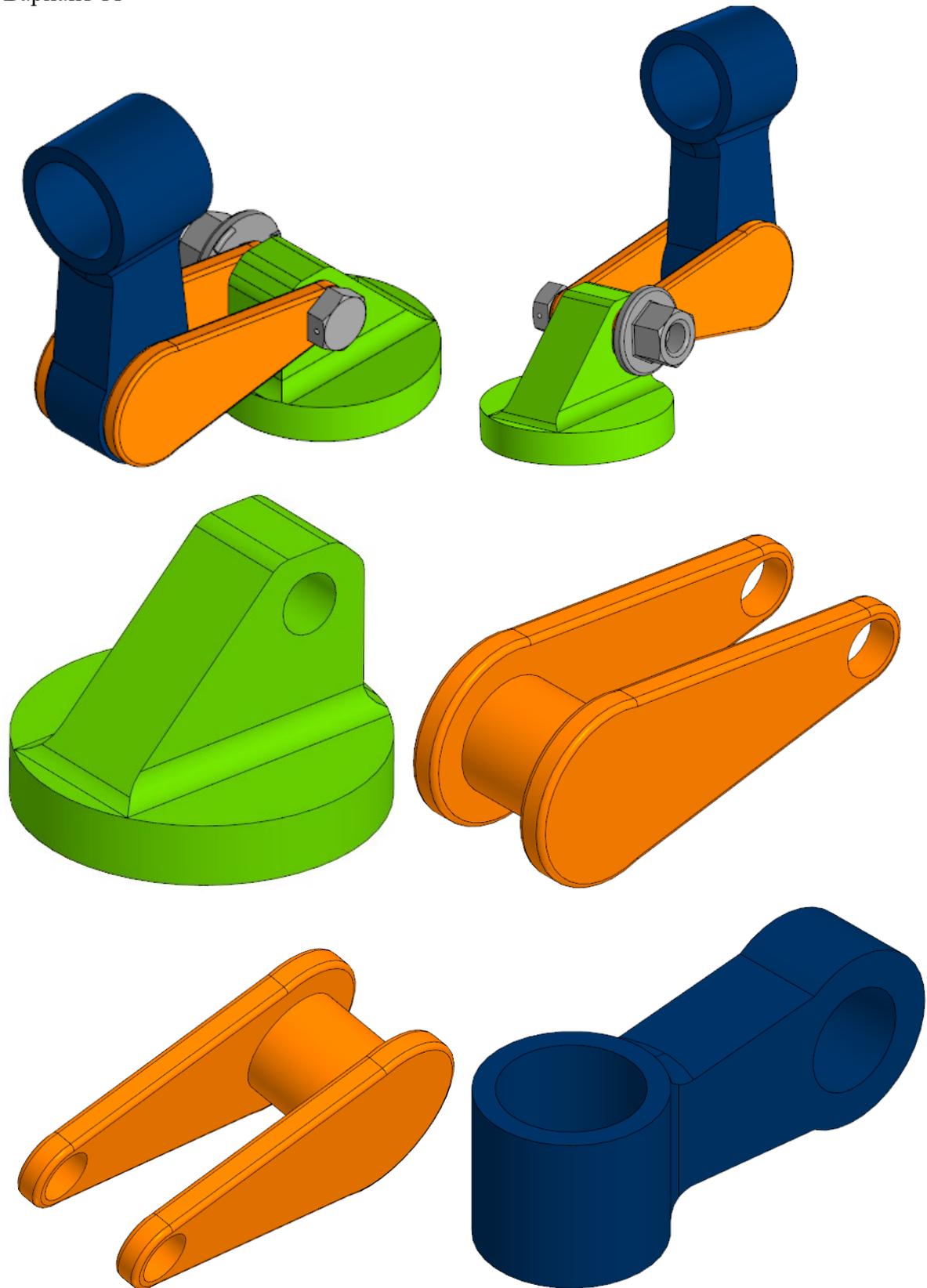
Вариант 9



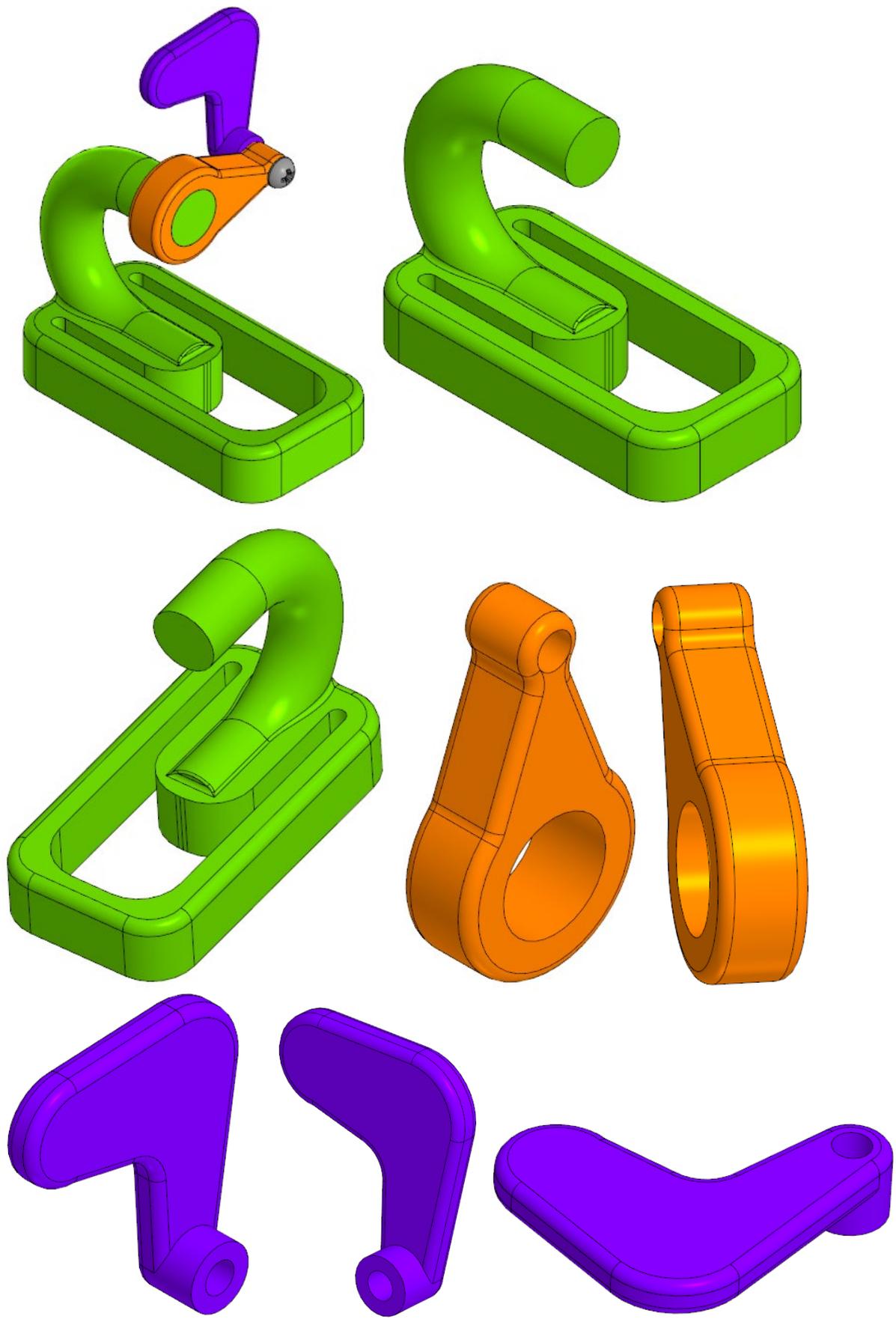
Вариант 10



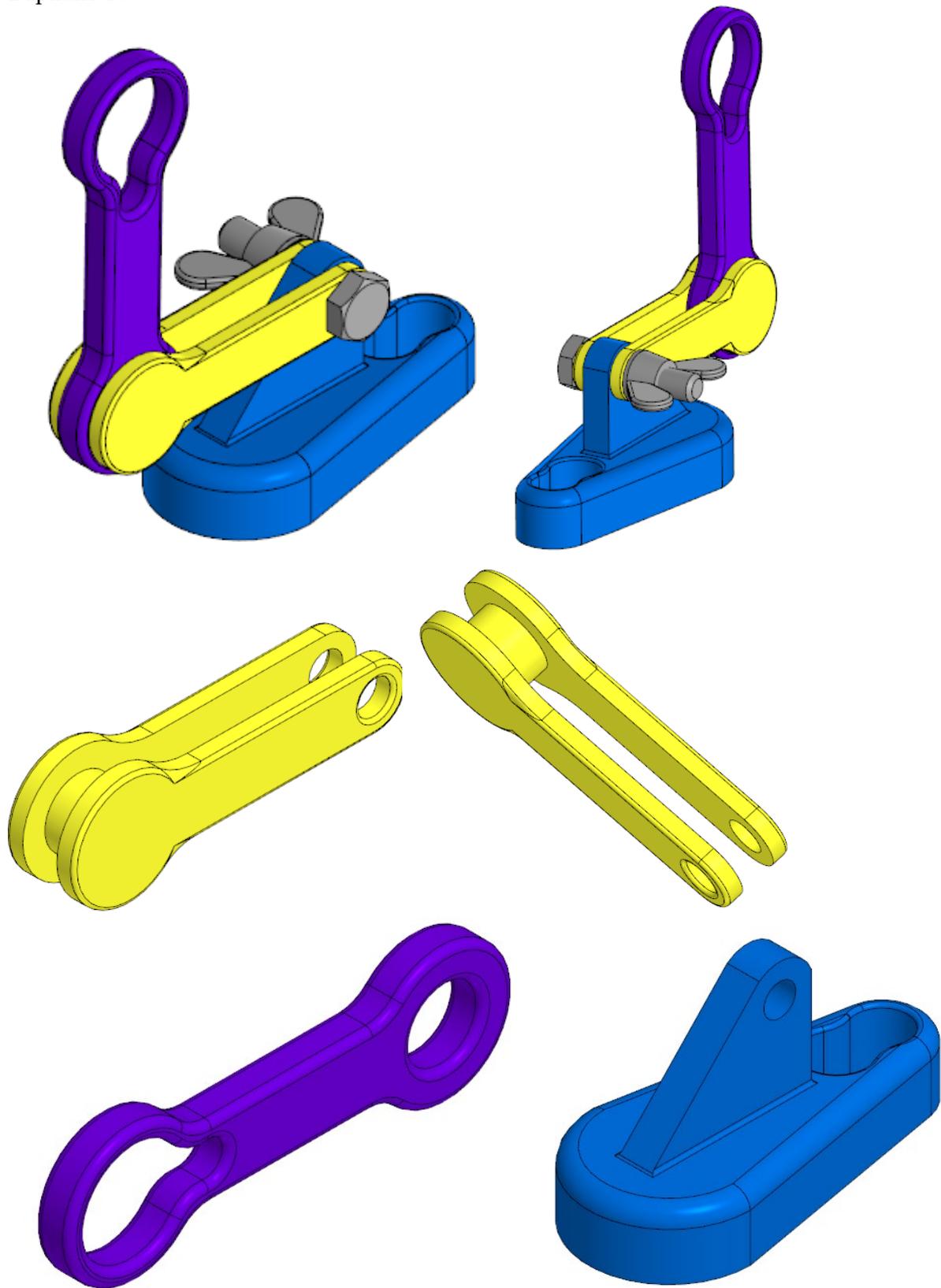
Вариант 11



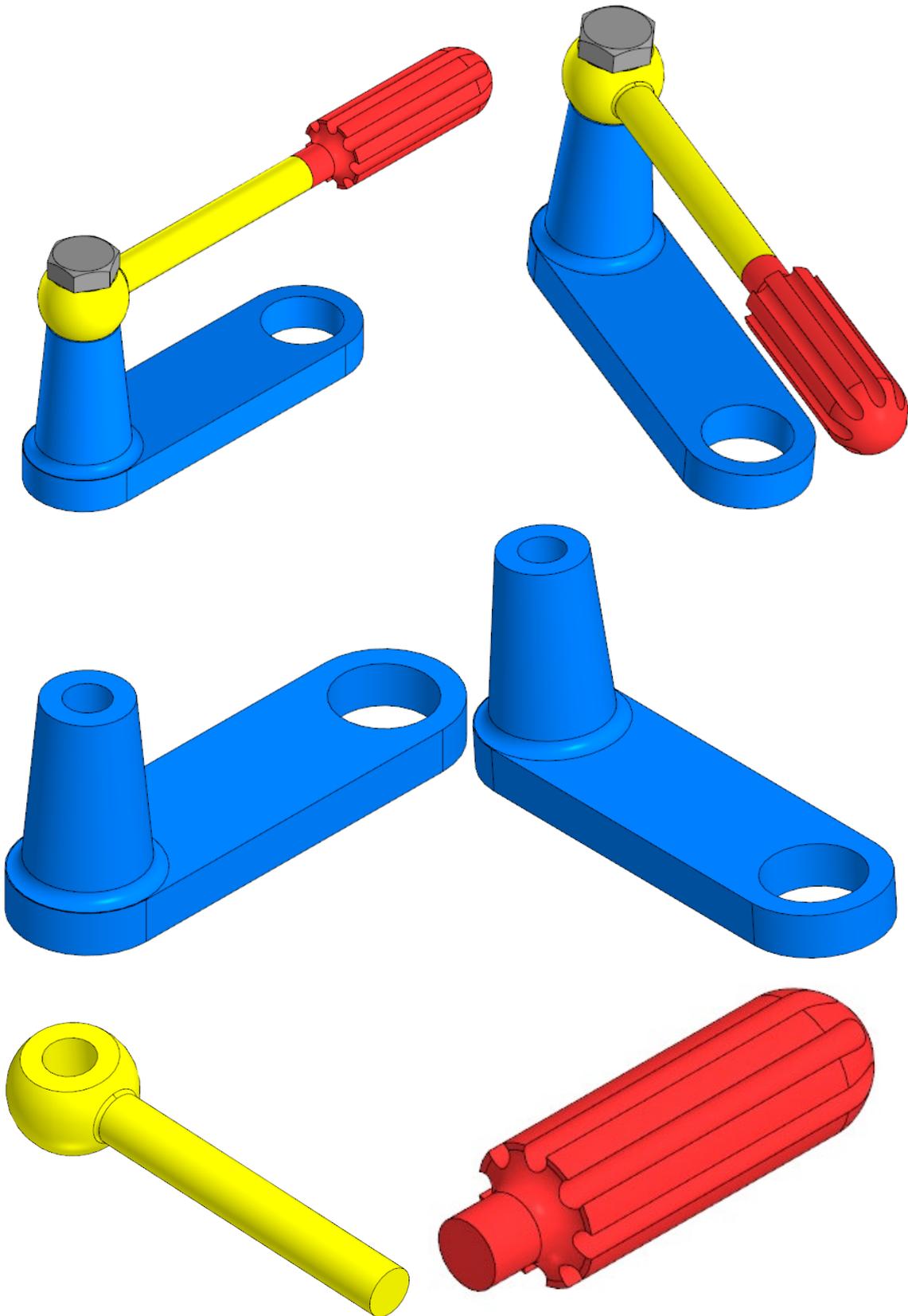
Вариант 12



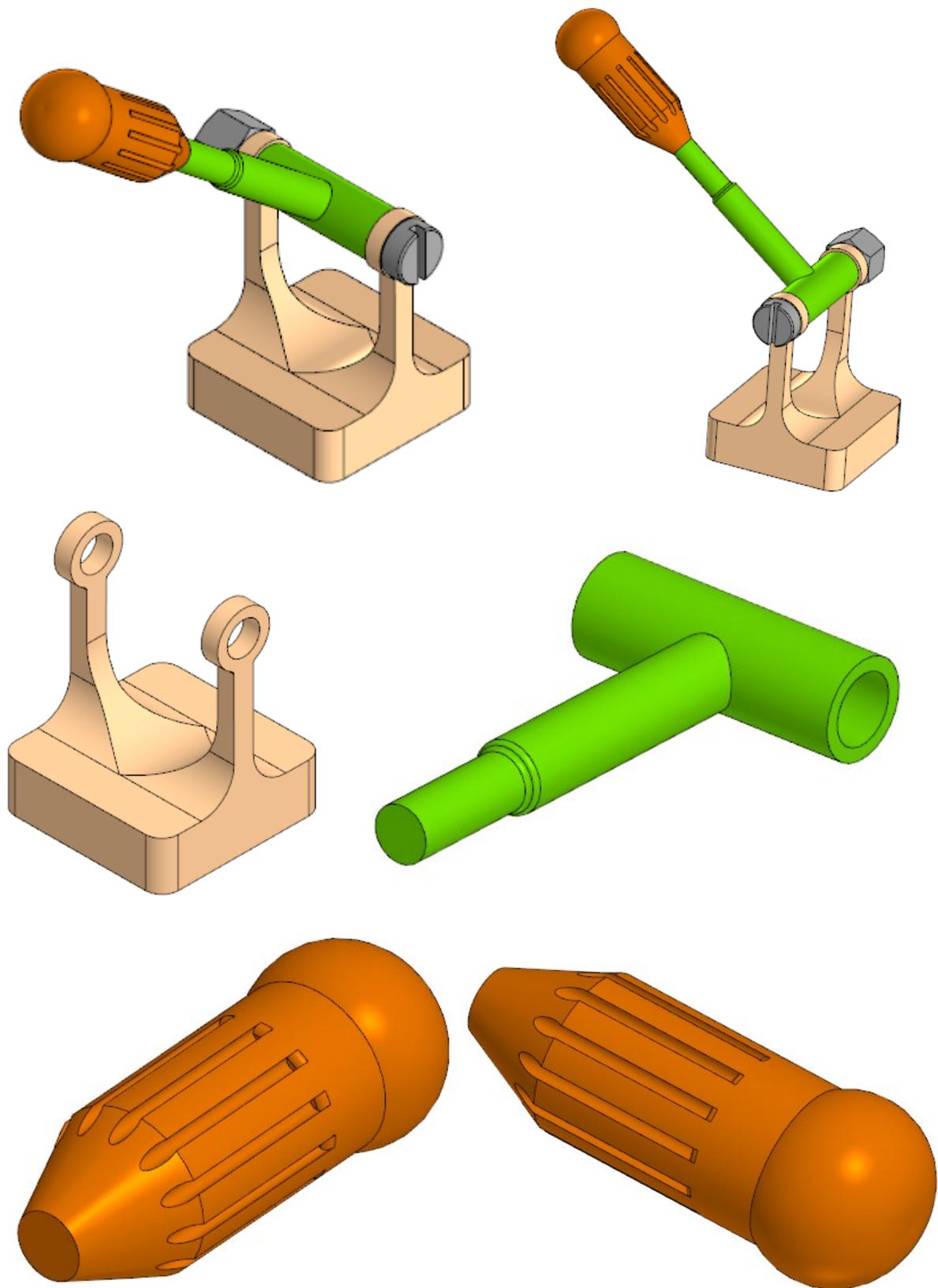
Вариант 13



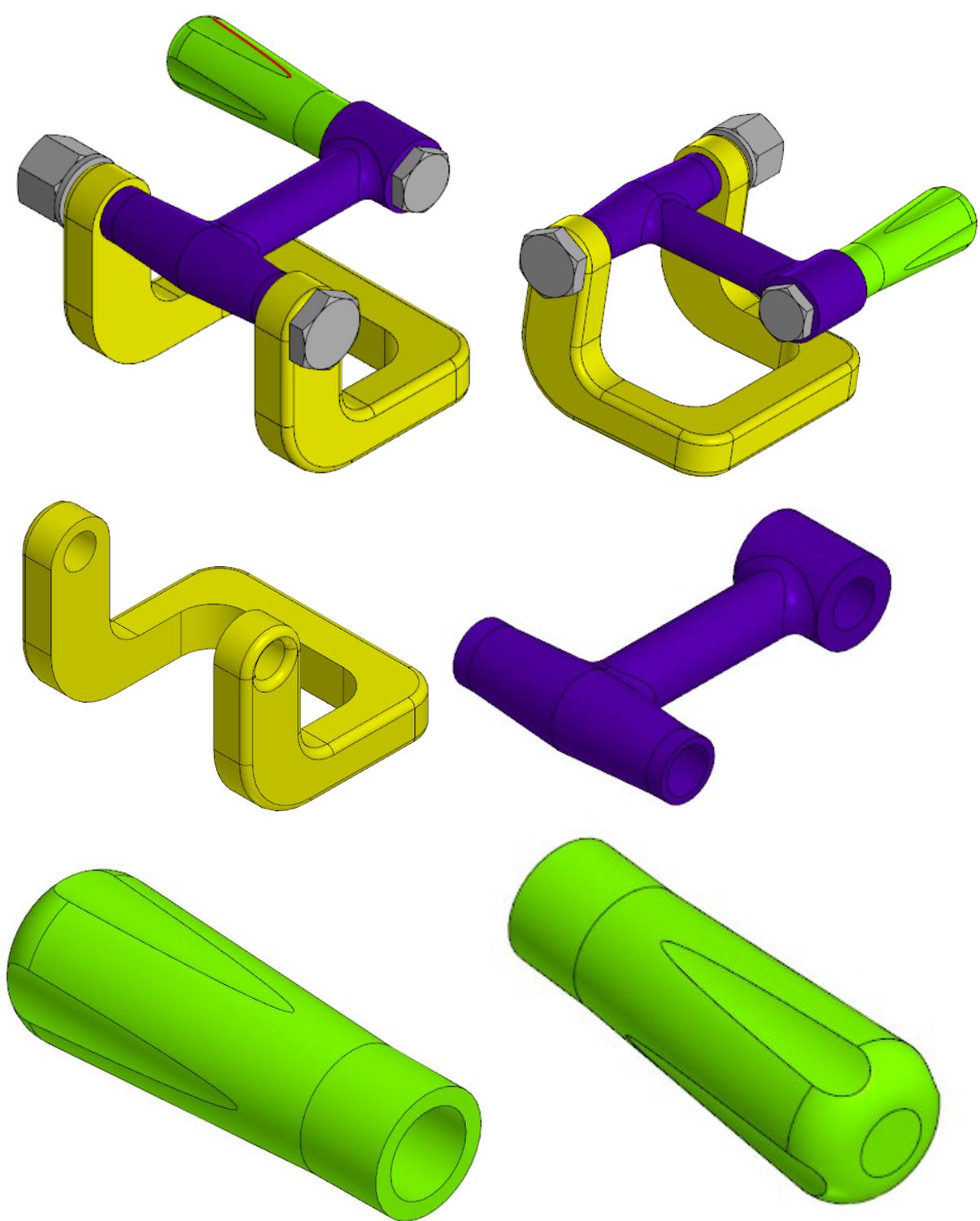
Вариант 14



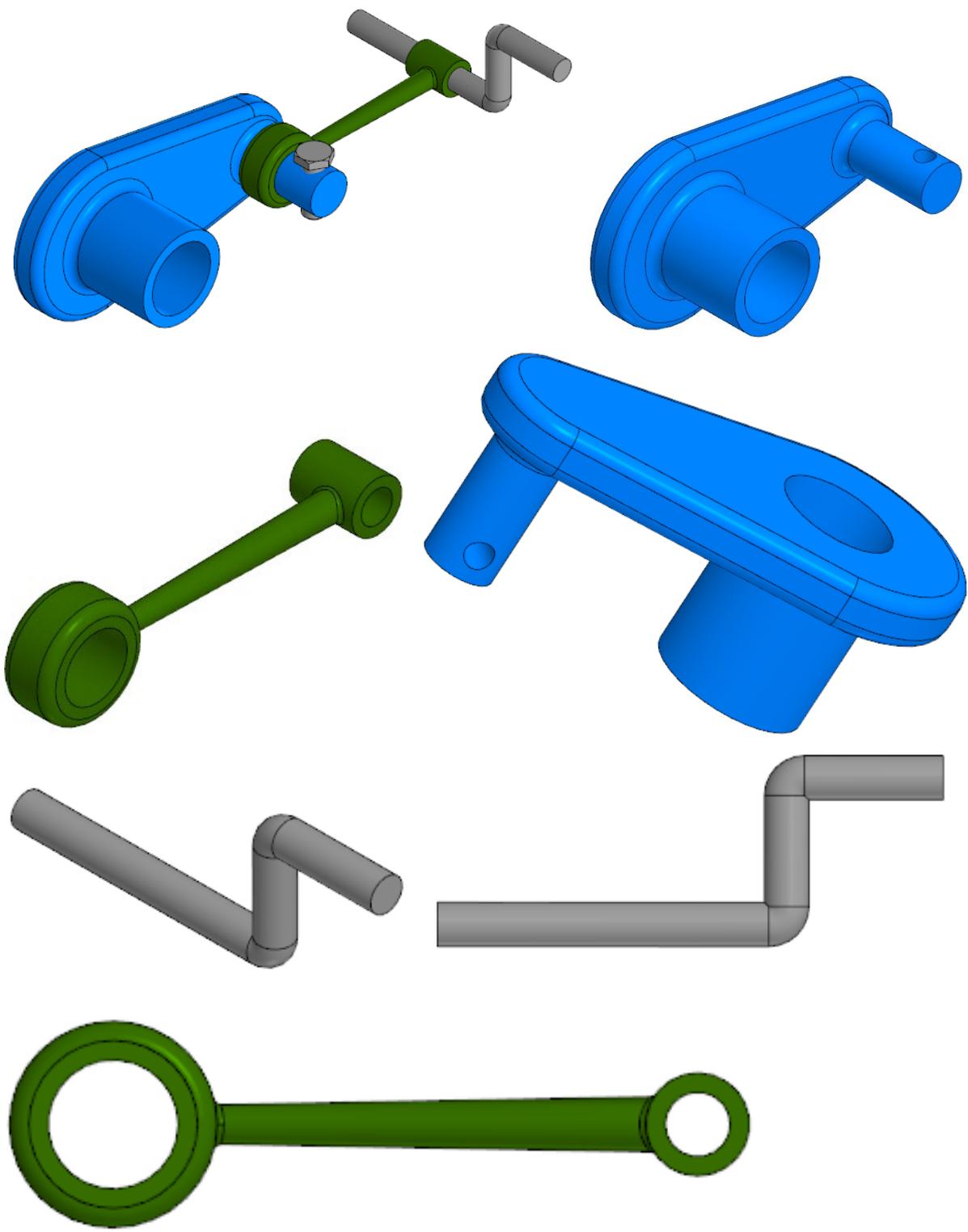
Вариант 15



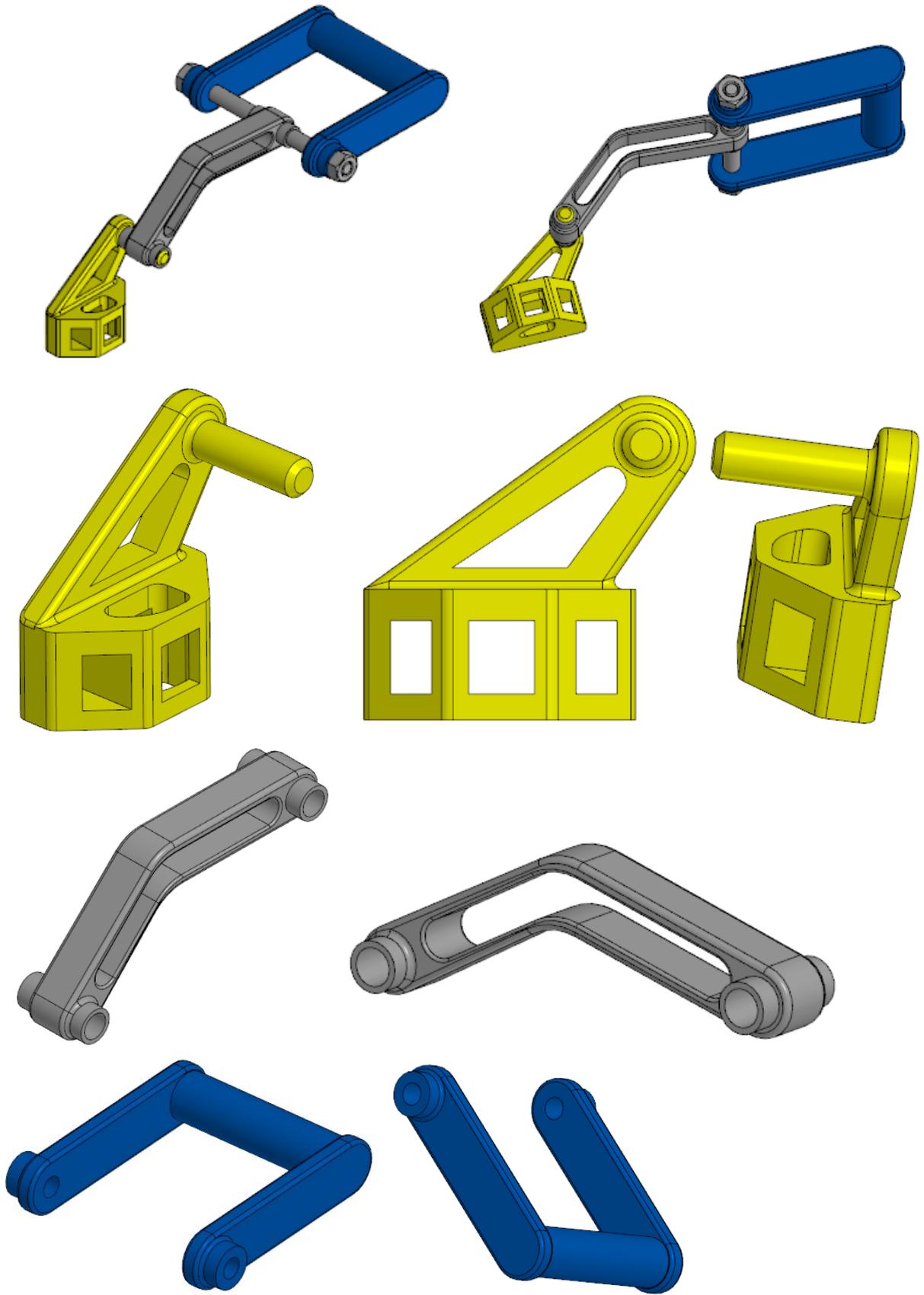
Вариант 16



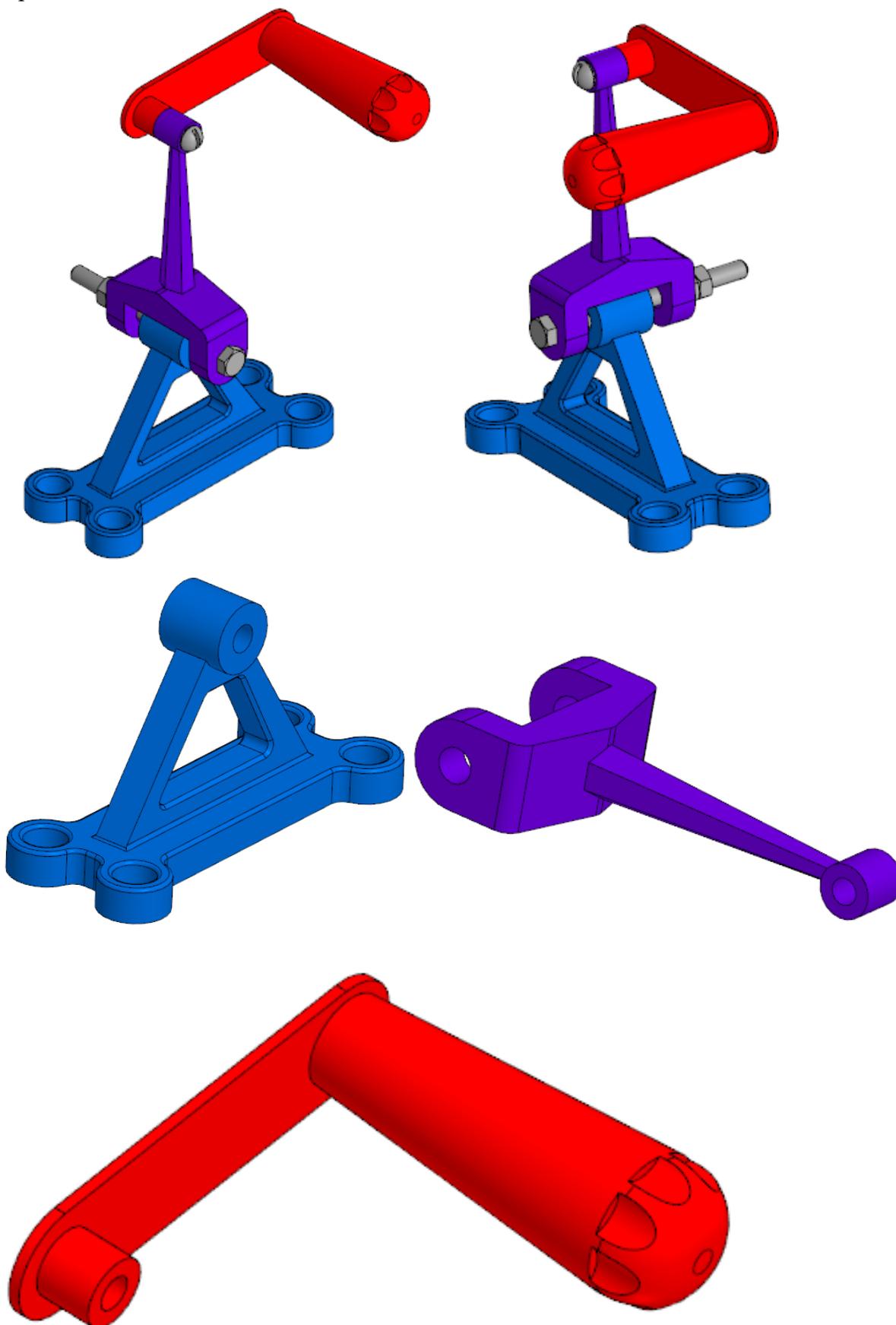
Вариант 17



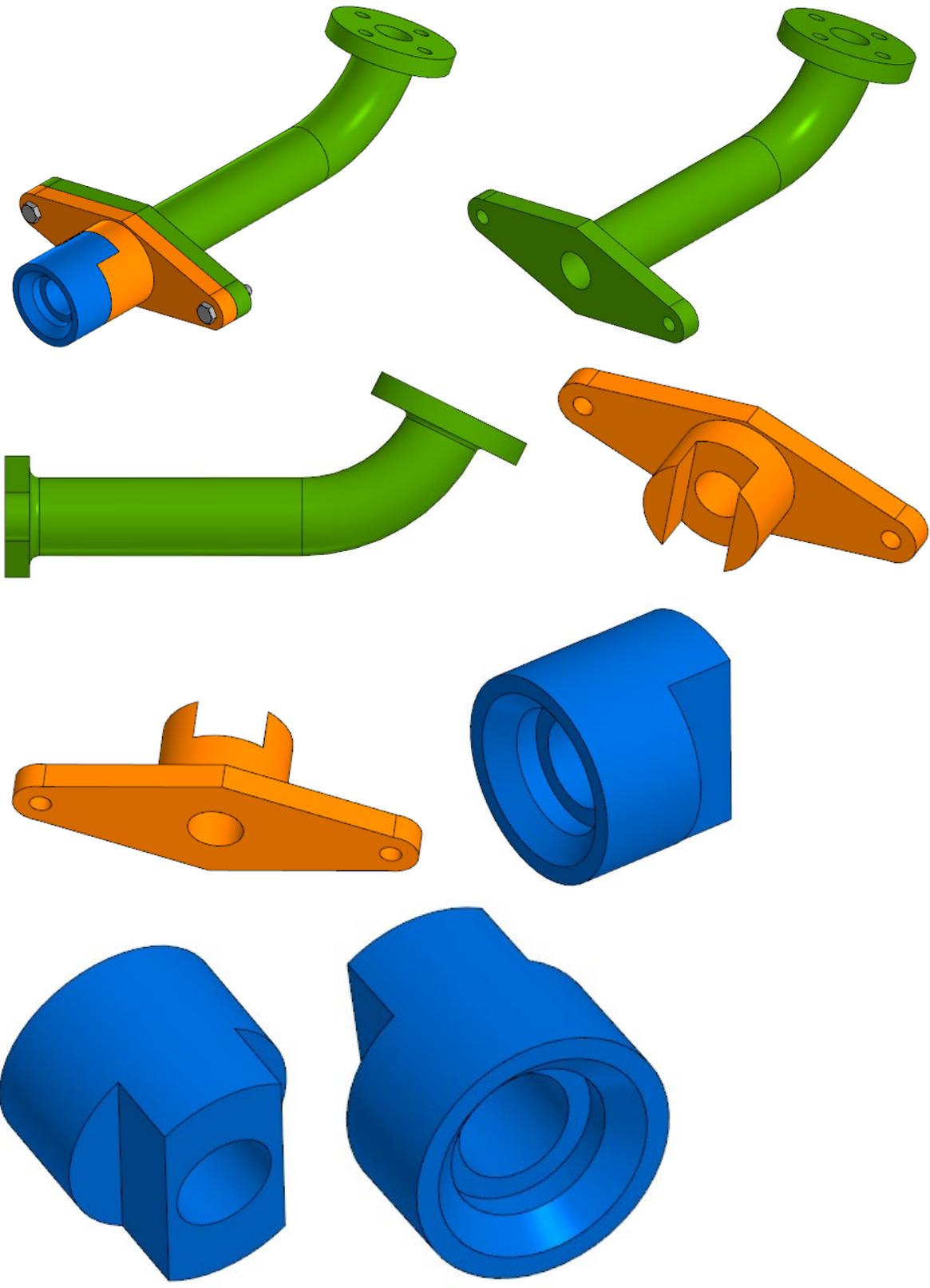
Вариант 18



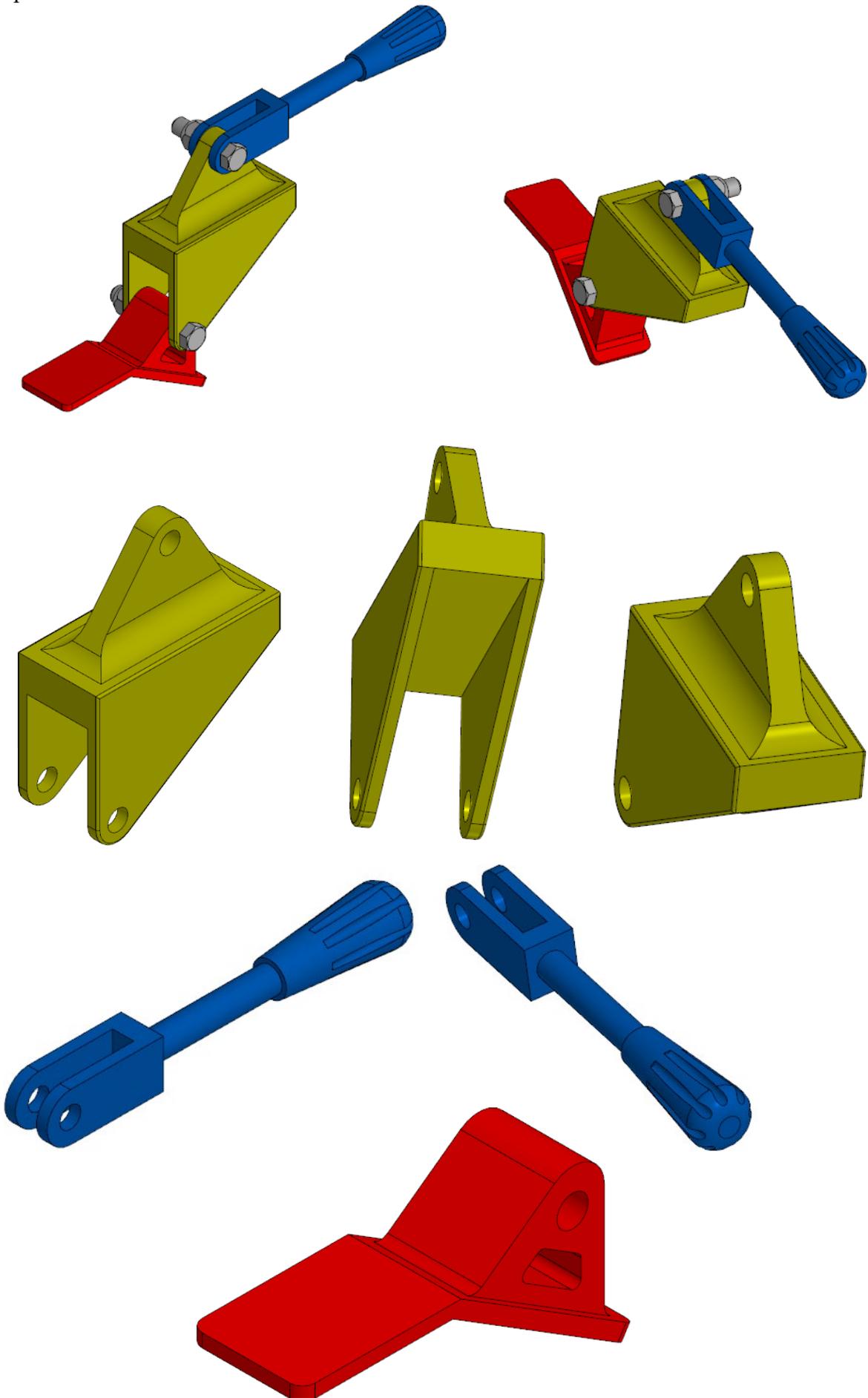
Вариант 19



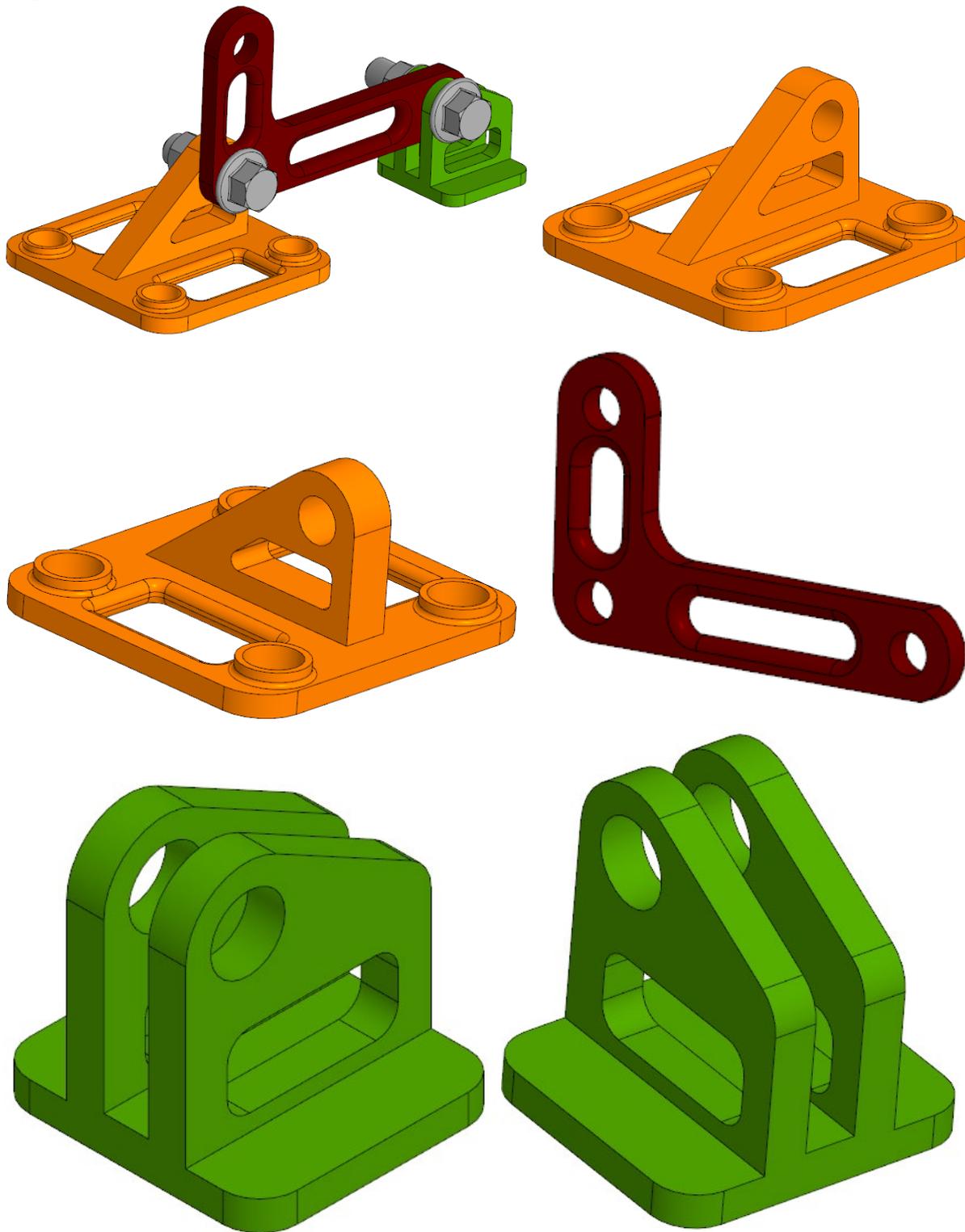
Вариант 20



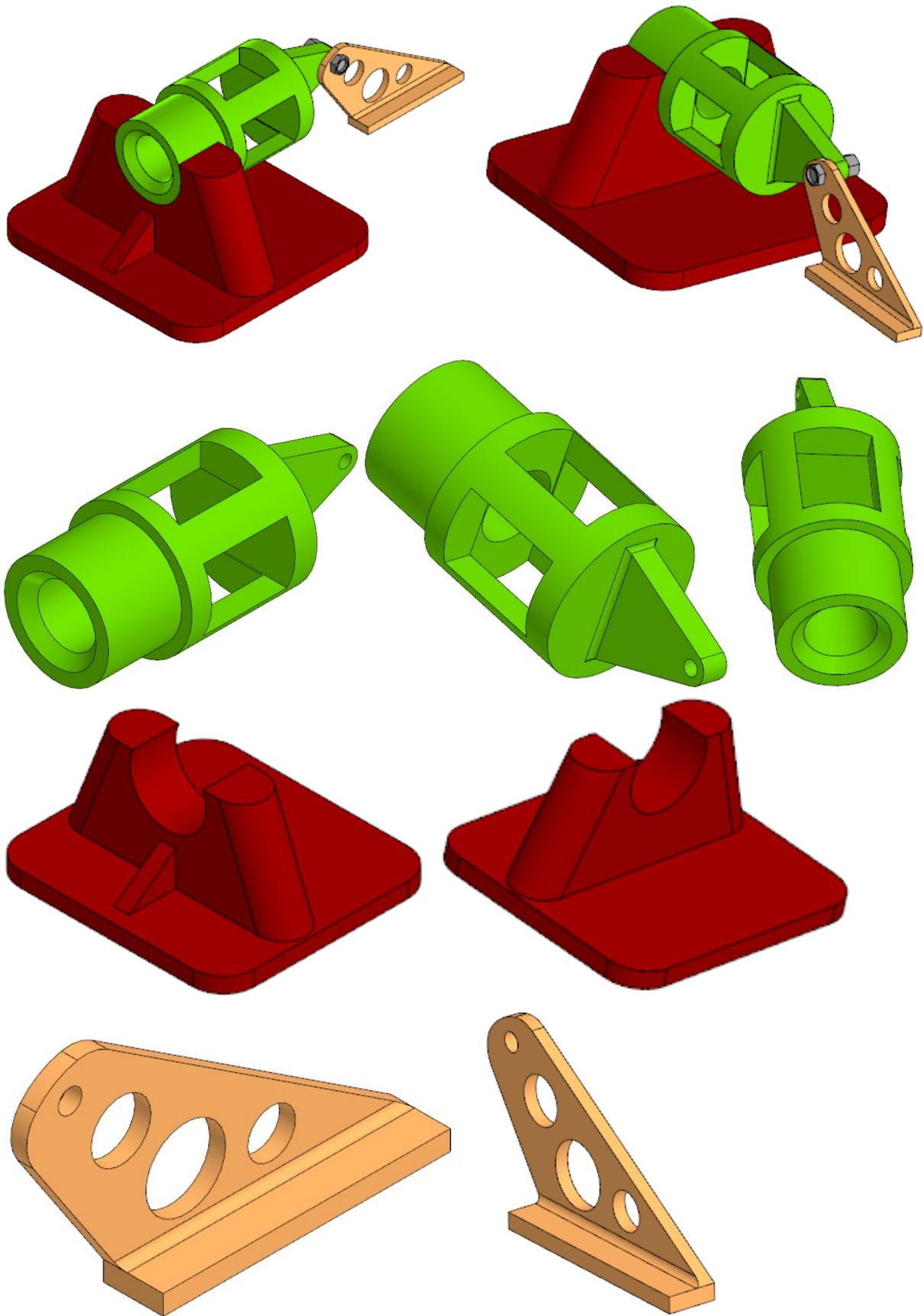
Вариант 21

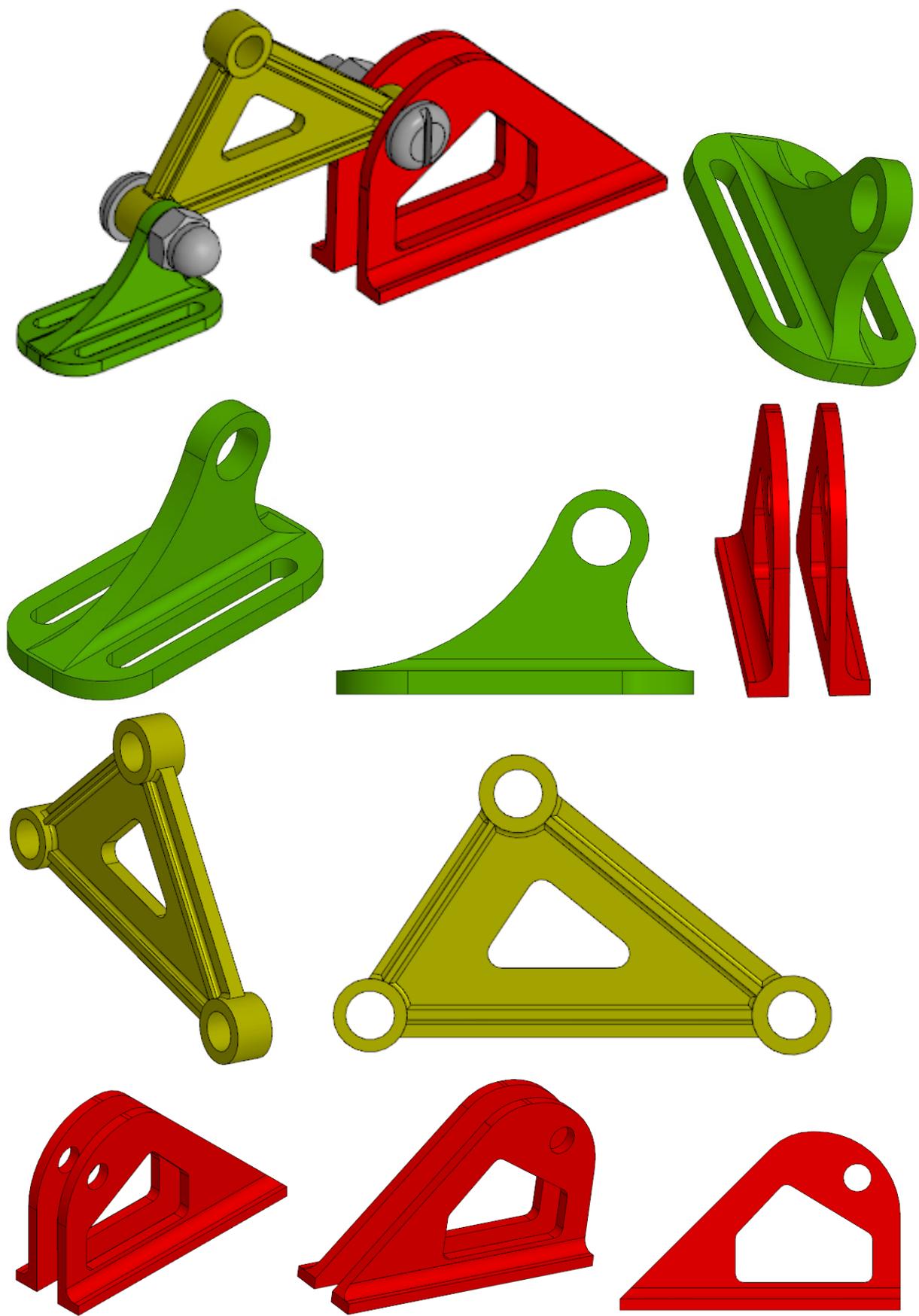


Вариант 22

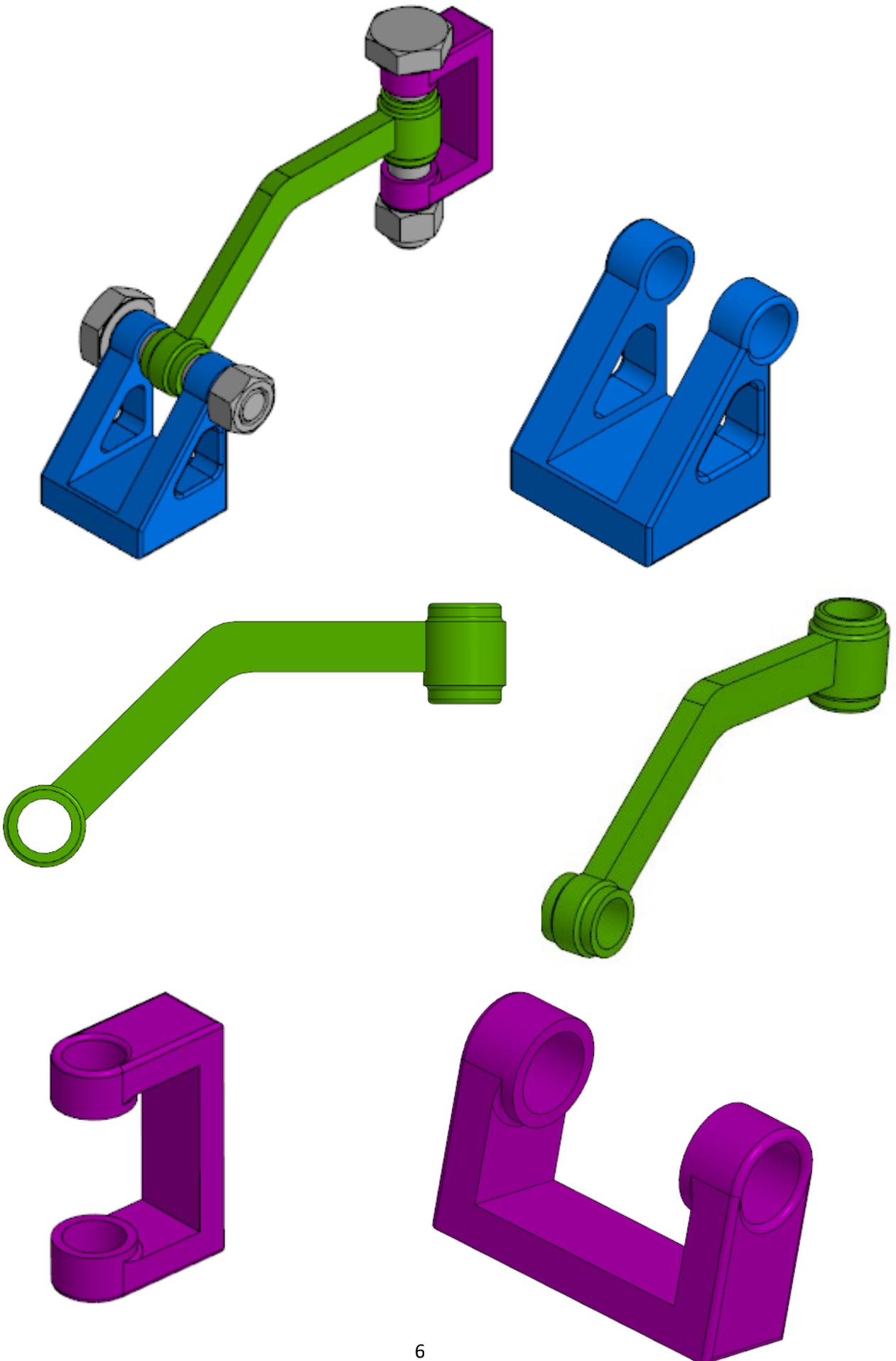


Вариант 23

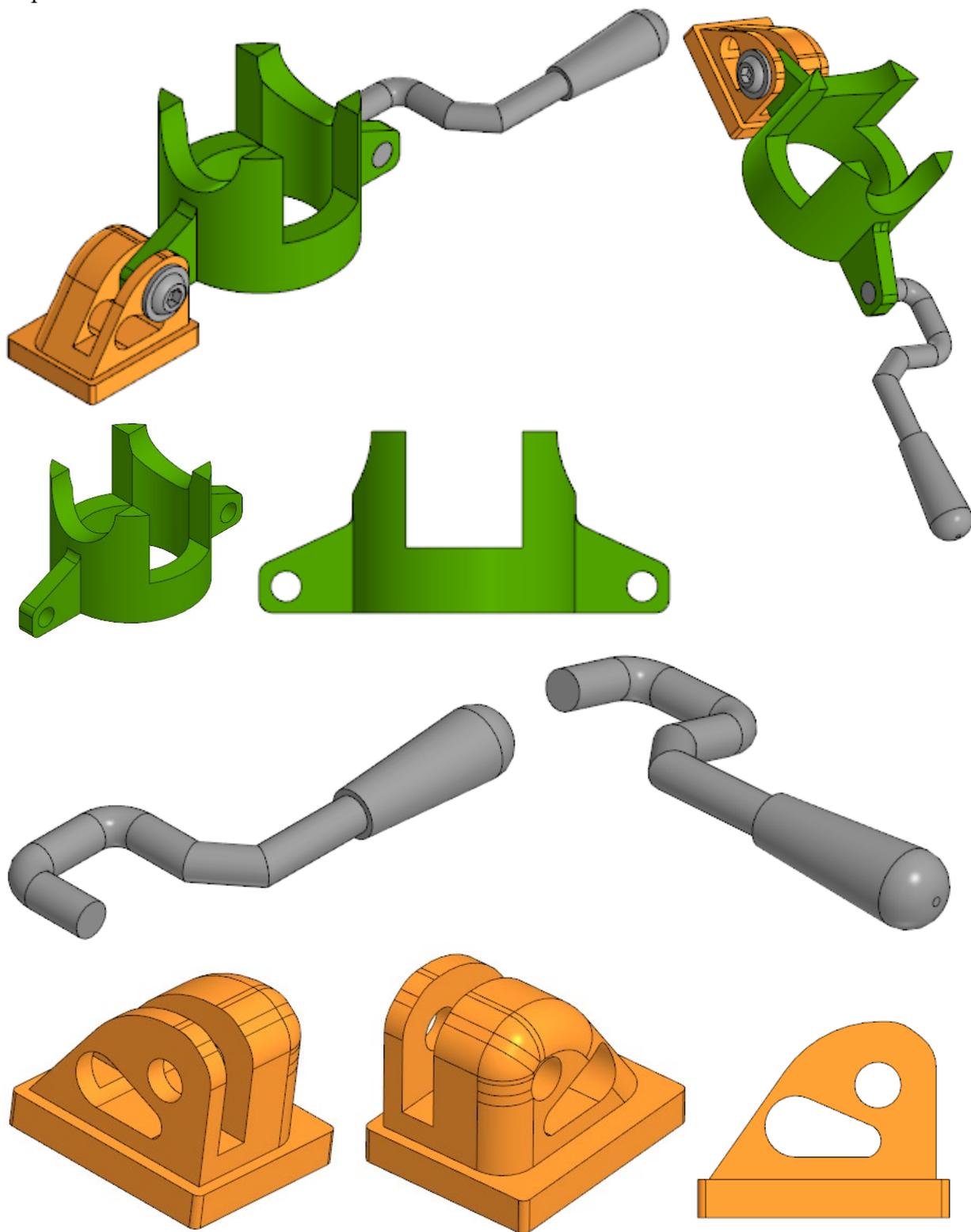




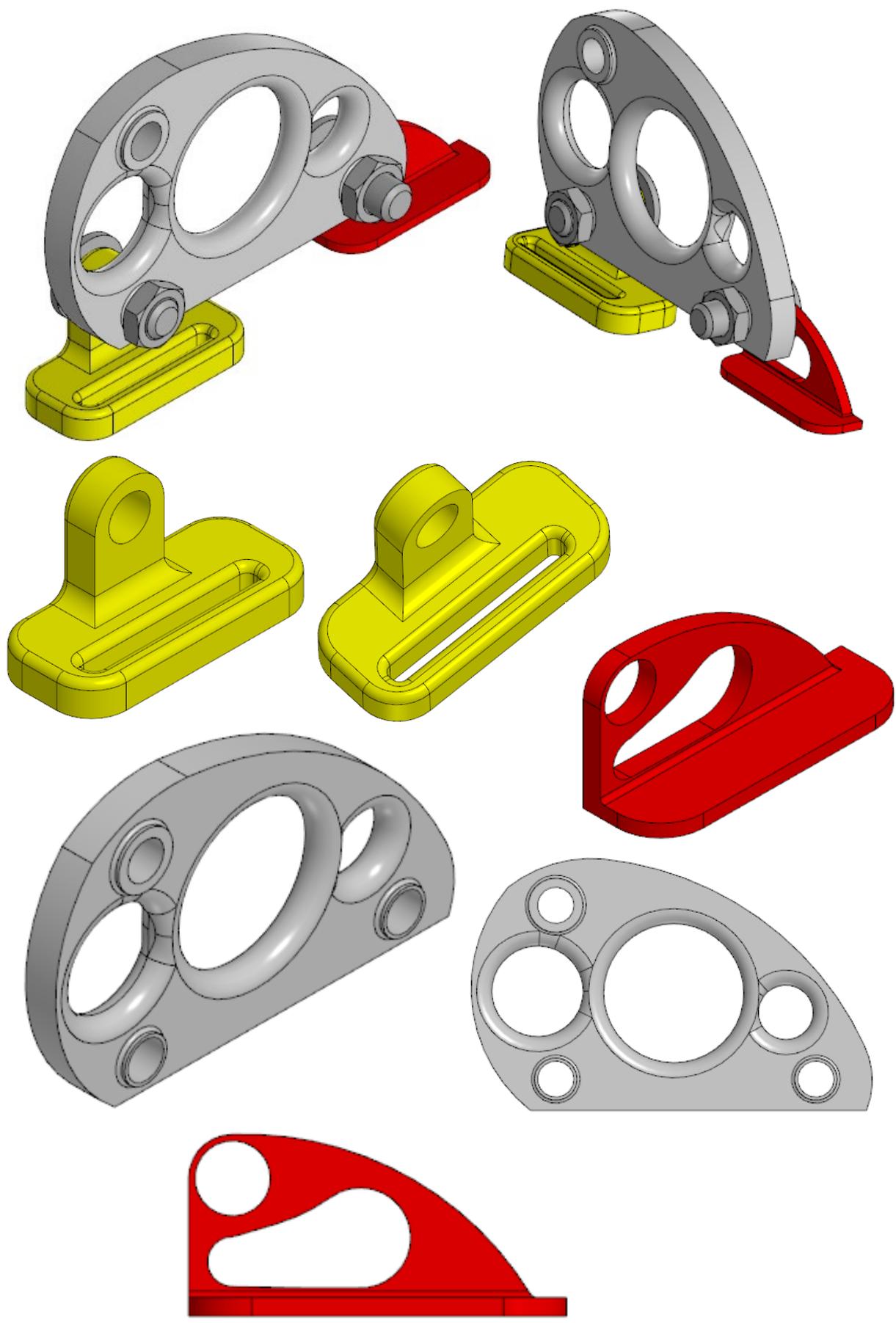
Вариант 25

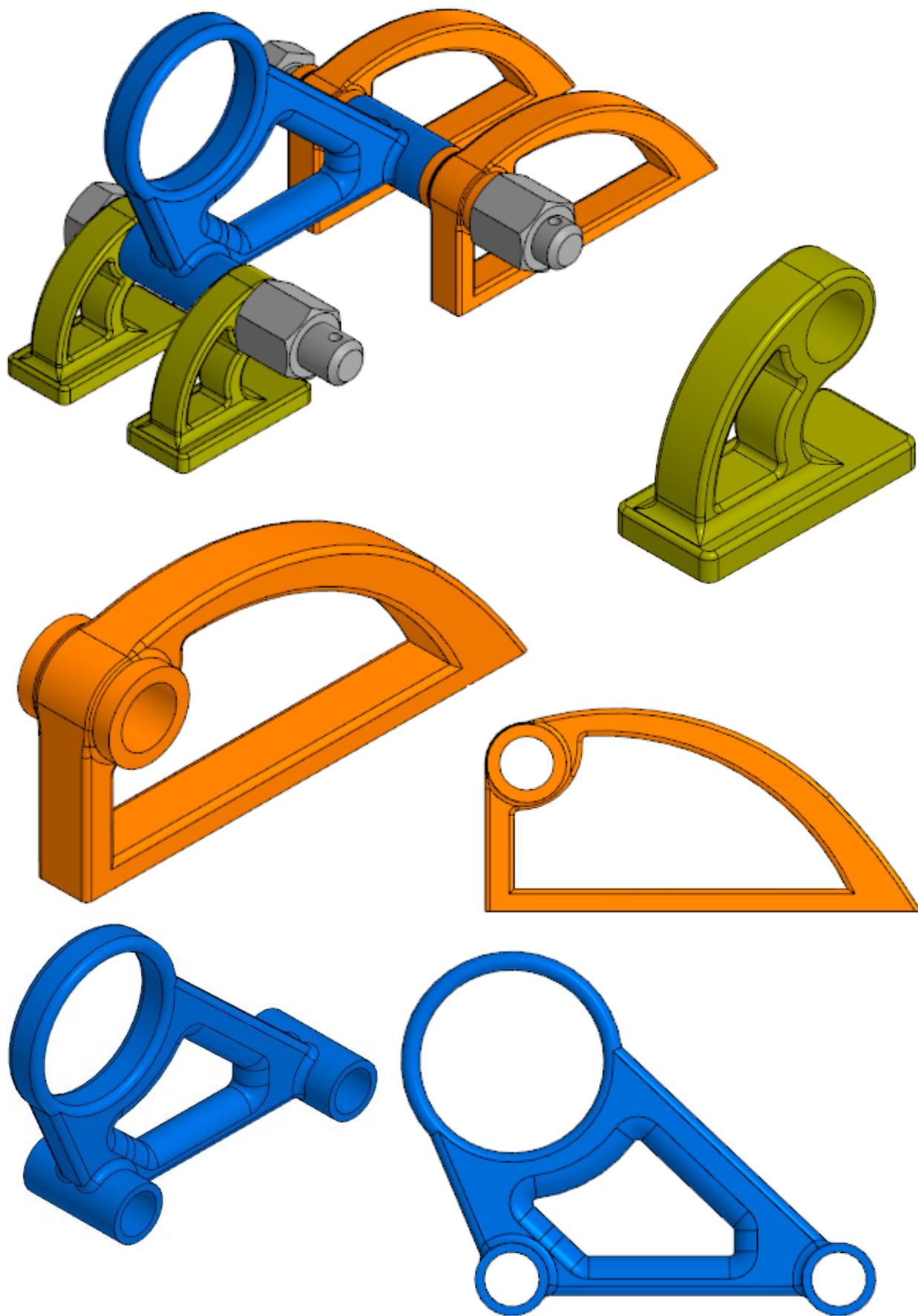


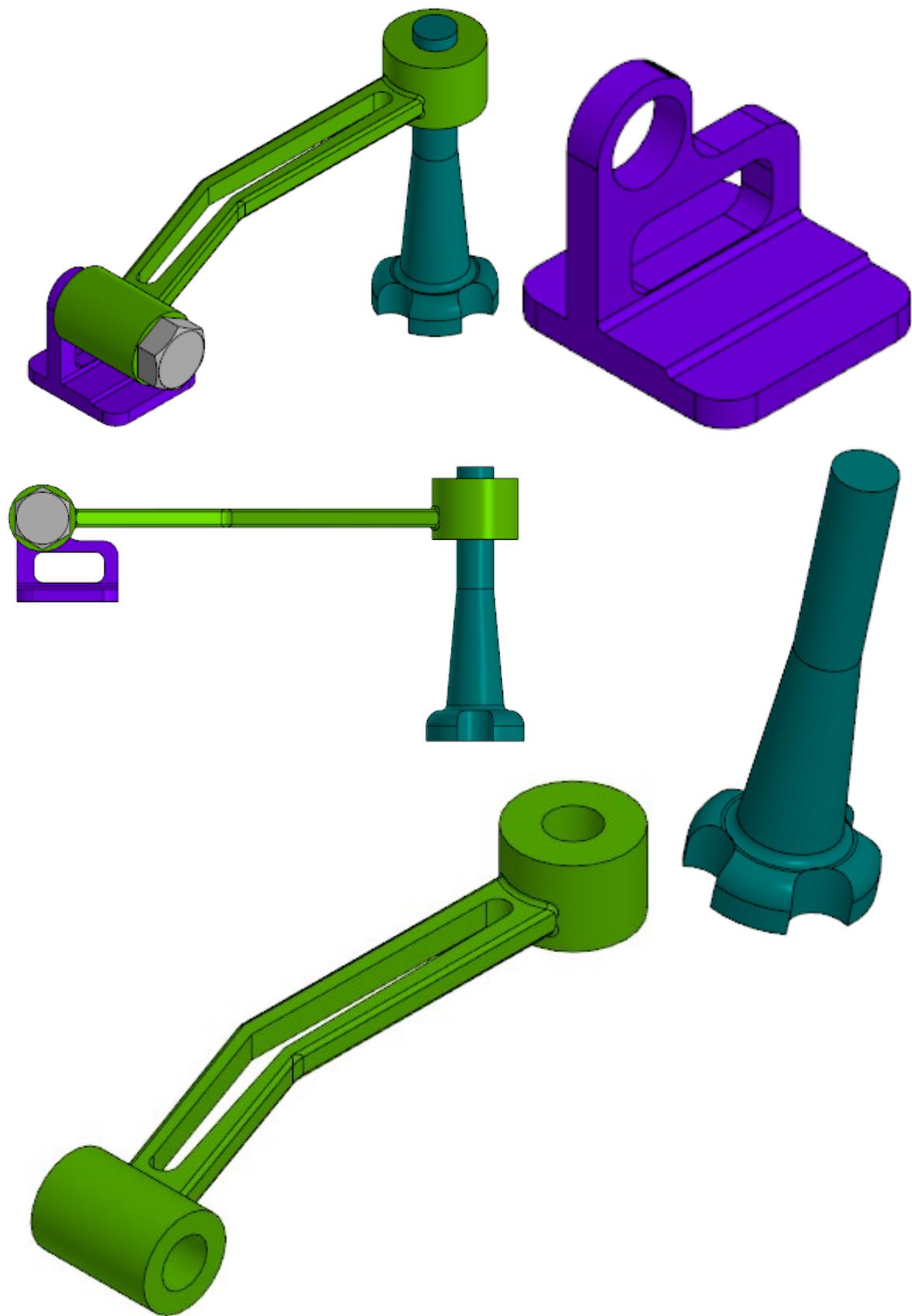
Вариант 26



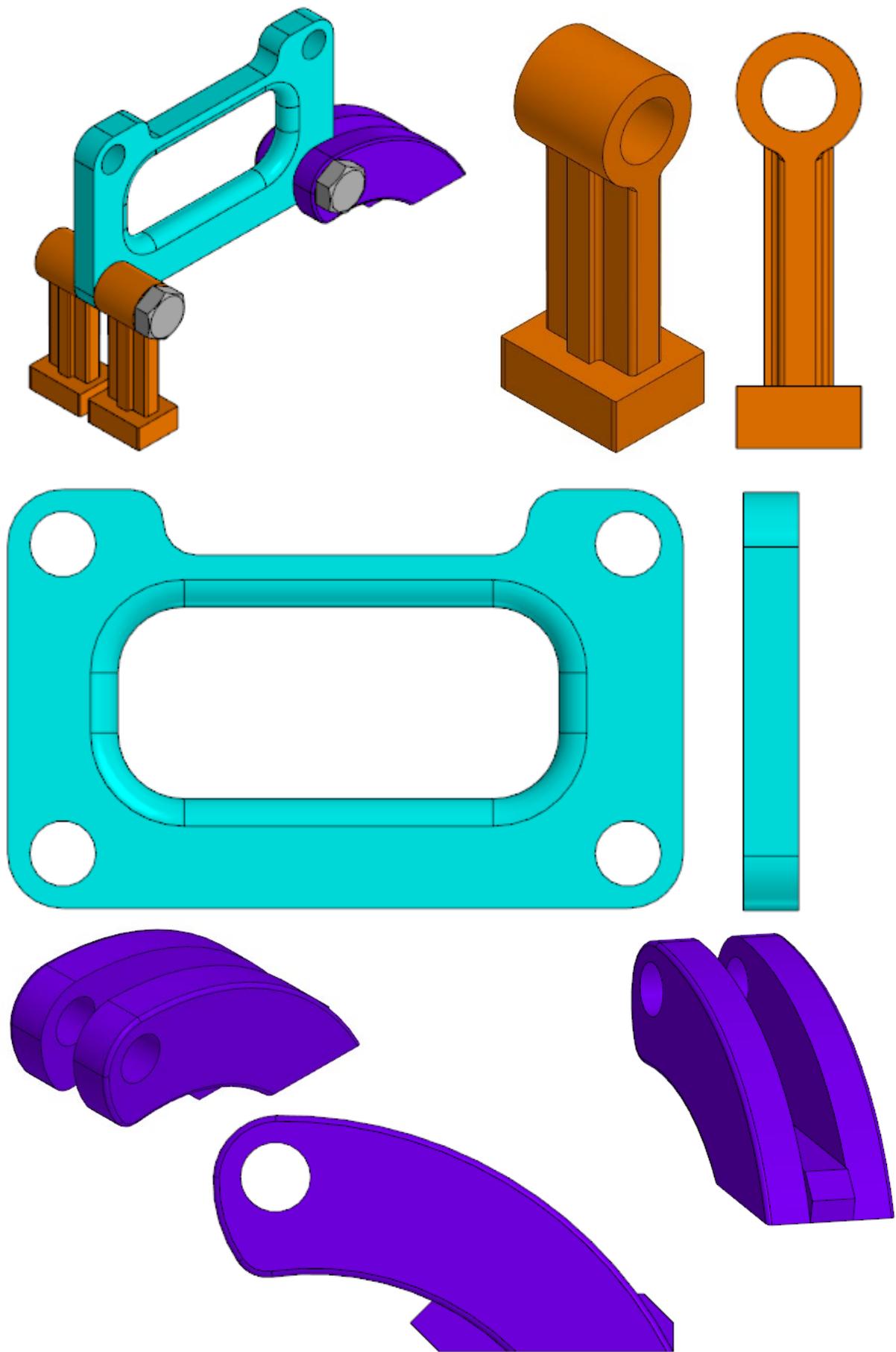
Вариант 27







Вариант 30



Контрольные вопросы

1. Что называется сборочной единицей?
2. Как сделать сборку?
3. Как работать с библиотекой стандартных элементов?
4. Какие стандартные элементы есть в библиотеке стандартных изделий Компас?
5. Как добавить элемент в сборку?
6. Сколько элементов должно быть в сборке?
7. Чем отличается сборка от трехмерной модели детали?
8. Для чего нужна сборка?
9. Как выполнить редактирование сборки?
10. Какие элементы сборки есть в Компас?

Заключение

В процессе изучения и освоения предмета «Инженерная и компьютерная графика», студенты осваивают основы работы инженера. Получают навыки работы в современных пакетах систем автоматического проектирование, трёхмерное моделирование, основы черчения.

Помимо профессиональных навыков, студенты развивают пространственное мышление и ориентацию в пространстве предметов. Развитие навыков работы со сложными пакетами программ, которые понадобятся для дальнейшего обучения и работы.

Пособие предназначено для студентов первого курса «Томского университета систем управления и радиоэлектроники», изучающих учебную дисциплину "Инженерная и компьютерная графика".

Освоение студентами технических вузов инженерной и компьютерной графики позволяет:

- ускорить и улучшить процесс выполнения и качество учебных графических работ;
- использовать полученные знания и умения для разработки курсовых и дипломных работ;
- повысить уровень подготовки кадров для различных отраслей промышленности.

Список литературы

1. ГОСТ 2.305-2008. Единая система конструкторской документации. Изображения – виды, разрезы, сечения = Unified system for design documentation. Images - appearance, sections, profiles : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 декабря 2008 г. № 703-ст : введен впервые : дата введения 2009-07-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ), Автономной некоммерческой организацией Научно-исследовательский центр CALS-технологий "Прикладная логистика" (АНО НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика"). – Москва : Стандартинформ, 2008. - 39 с.
2. ГОСТ 2.307-2011. Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений = Unified system of design documentation. Drawing of dimensions and limit deviations : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 03 августа 2011 г. № 211-ст : введен впервые : дата введения 2012-01-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ), Автономной некоммерческой организацией Научно-исследовательский центр CALS-технологий "Прикладная логистика" (АНО НИЦ CALS-технологий "Прикладная логистика"). - Москва : ИПК Издательство Стандартов, 2011. - 43 с.
3. Вяткин, Г.П. Машиностроительное черчение / Г. П. Вяткин – М.: Машиностроение, 2000. - 432 с.
4. Чекмарев А.А. Инженерная графика: учеб. для немаш. спец. вузов. / А. А. Чекмарев. - М.: Высш. шк., 2000. – 335 с.
5. Федоренко, В. А. Справочник по машиностроительному черчению / В. А. Федоренко, А. И. Шошин. -Л.: Машиностроение, 1986.
6. Шпур, Г. Автоматизированное проектирование в машиностроении: пер. с нем. / Г. Шпур, Ф-Л. Краузе. - М.: Машиностроение, 1988. - 875 с: ил.
7. Ганин, Н. Б. КОМПАС-3D V7: Самоучитель / Н. Б. Ганин. - М.: ДМК Пресс, 2005.-384 с: ил.
8. Кудрявцев, Е. М. КОМПАС-3D V7. Наиболее полное руководство / Е. М. Кудрявцев. - М.: ДМК Пресс, 2005. - 664 с: ил.
9. Потемкин, А. П. Инженерная графика / А. П. Потемкин. - М.: Лори, 2002. - 44 с.
10. Конакова, И.П. Компьютерная графика КОМПАС-График : лабораторный практикум / И. П. Конакова, Э. Э. Истомина, А. А. Осипов. Екатеринбург : УрФУ, 2011. 37 с.