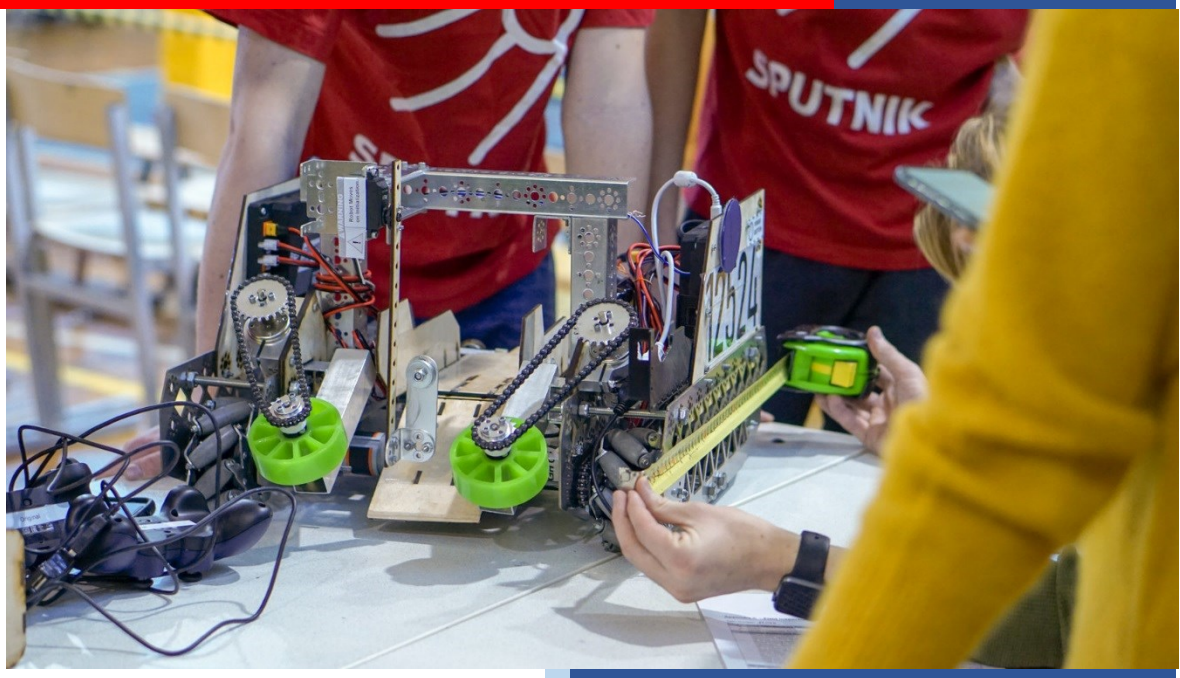
2019

СОЗДАНИЕ МОДЕЛИ РОБОТА В САПР PTC CREO PARAMETRIC



Галкин Иван

ГБОУ Лицей №244 СПб

АННОТАЦИЯ

Данное пособие рассчитано на знакомство с системой автоматизированного проектирования PTC Creo Parametric и призвано продемонстрировать первые шаги по созданию трехмерной модели робота с использованием готовых cad-файлов. В первую очередь, пособие будет интересно преподавателям по инженерному 3D-моделированию, руководителям и членам команд, которые отвечают за CAD при подготовке к международным соревнованиям FIRST TechChallenge.

В данном пособии описаны пути сборки робототехнической системы в САПР PTC Creo 5.0. Рассмотрены основные закрепления неподвижных и подвижных деталей в сборке, зеркальные отражения, массивы, использование библиотечных компонентов, приведены примеры работы с Creo Mechanism, Creo Flexible Modeling и Creo Intelligent Fastener, а также приведены примеры некоторых расчетов и оптимизаций. Также описаны подготовка файлов к лазерной резке и 3D печати. Данное пособие составлено на основе инструкций Basic 'Bot Guide for TETRIX и широкого опыта автора по преподаванию инженерного 3D-моделирования школьникам 10+.

Контакты : Галкин Иван Юрьевич, i.galkin@lab244.ru

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
СОЗДАНИЕ СБОРКИ. СОЗДАНИЕ ЛЕВОЙ РЕЙКИ	8
ПОВТОРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРКИ	20
СОЗДАНИЕ МАССИВА ЭЛЕМЕНТОВ В СБОРКЕ	24
СОЗДАНИЕ ПРАВОЙ РЕЙКИ. ОТРАЖЕНИЕ	32
СОЕДИНЕНИЕ РЕЕК	35
АВТОРАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ	39
РАЗМЕЩЕНИЕ СТУПИЦ	48
УСТАНОВКА КОЛЕС НА ПЕРЕДНИЕ МОТОРЫ. ЗНАКОМСТВО С МОДУЛЕМ ГИБКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	52
УСТАНОВКА КОЛЕС НА ЗАДНЮЮ ОСЬ	55
УСТАНОВКА ОСТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ	58
УСТАНОВКА КНОПКИ. ИМПОРТ ГЕОМЕТРИИ	60
УЧЁТ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
ПРИЛОЖЕНИЕ I ПОДГОТОВКА ФАЙЛА К ЛАЗЕРНОЙ РЕЗКЕ	64
ПРИЛОЖЕНИЕ II ПОДГОТОВКА ФАЙЛА К 3D-ПЕЧАТИ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ III ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БИБЛИОТЕК	73
ПРИЛОЖЕНИЕ IV НАЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА МОДЕЛЯМ	78
ПРИЛОЖЕНИЕ V СОЗДАНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ	82
ПРИЛОЖЕНИЕ VI АНАЛИЗ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ	93
ПРИЛОЖЕНИЕ VII ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА FEASIBILITY/OPTIMIZATION ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ	97
ПРИЛОЖЕНИЕ VIII ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ	104

ВВЕДЕНИЕ

На любом современном производстве используются системы автоматизированного проектирования (далее САПР), которые позволяют ускорить выпуск продукции и при этом существенно снизить материальные затраты. Создание трехмерной модели и её оптимизация в графической среде до изготовления, процесс сложный и одновременно очень увлекательный.

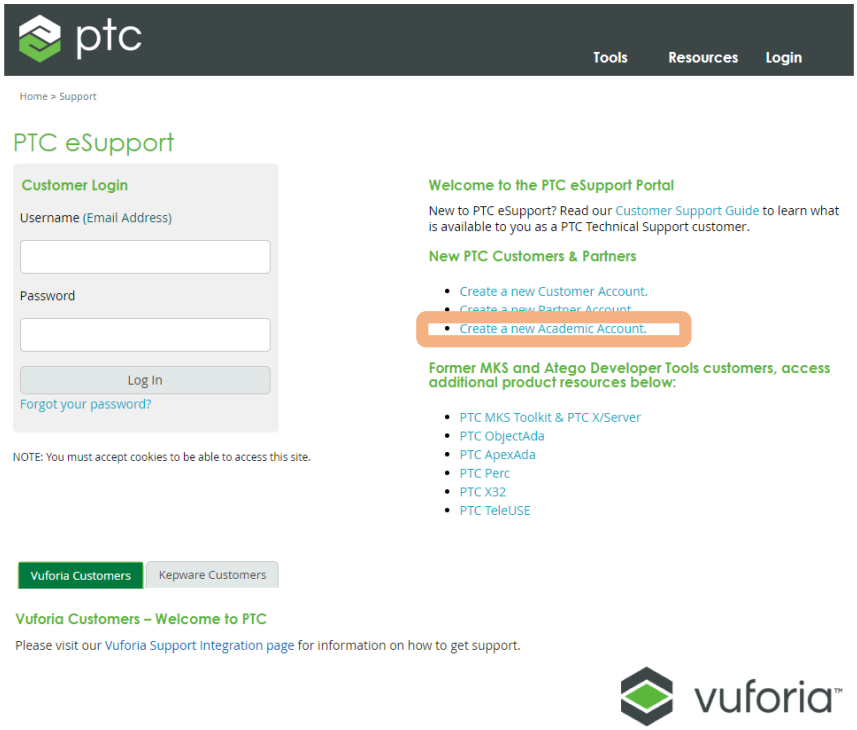
Итак, давайте приступим к этому увлекательному процессу!

Вы стали участником программы FIRST в направлении FTC, и у вас есть наборы конструктора Tetrix (44706) и электроники REV.

Для создания 3-х мерной модели робота, удобно использовать САПР PTC Creo Parametric. Данная система имеет академическую лицензию и предоставляется бесплатно.

Скачать систему вы можете, пройдя по ссылке: https://support.ptc.com/appserver/common/login/ssl/login.jsp?dest=%2Fappserver%2Fauth%2Fit%2Fesd%2FacademicFree.jsp&msg=1 [1]

Если у вас нет аккаунта на сайте PTC, то создайте его: Create a new Academic Account



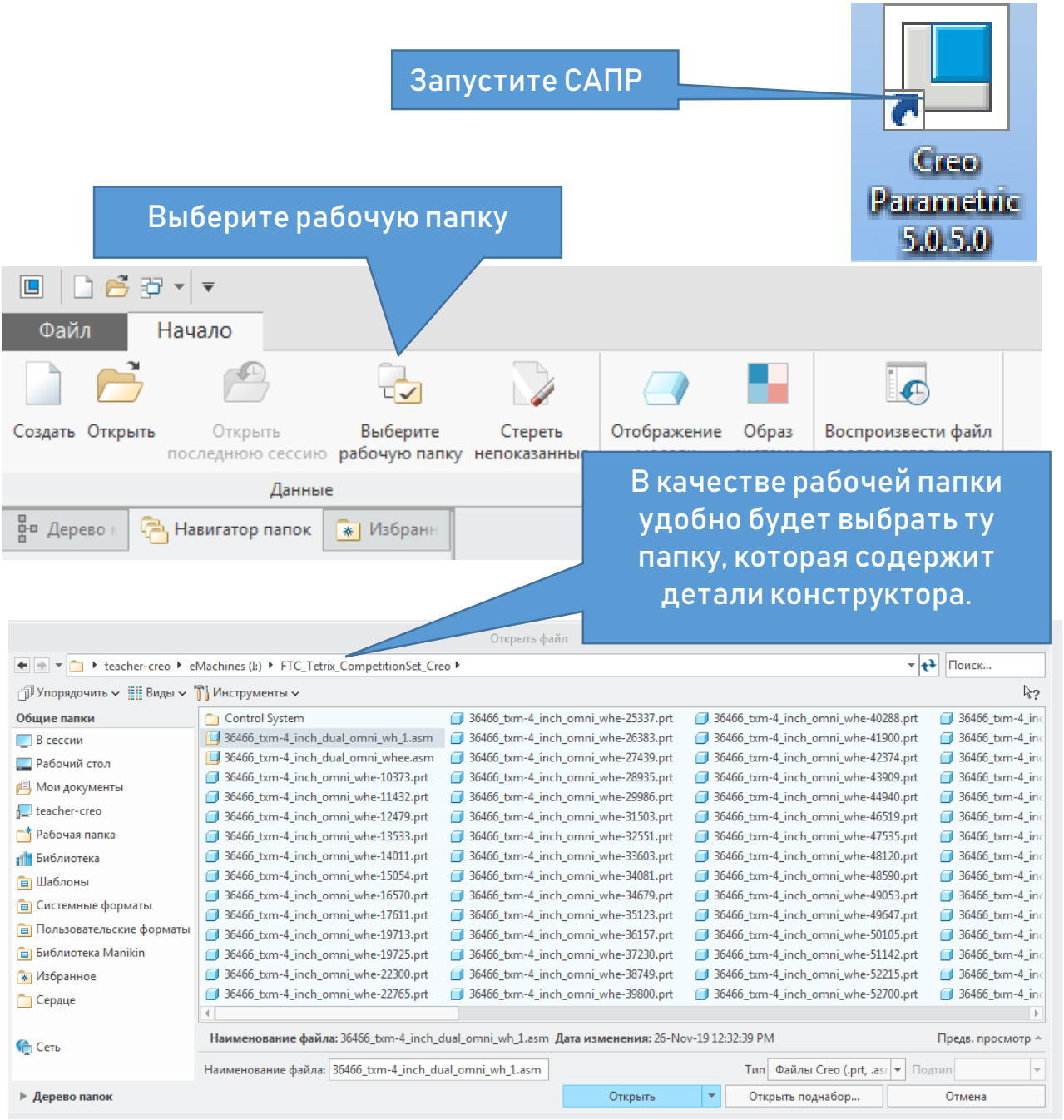
[1] Требуется регистрация

Установка и настройка софта описаны в нашей группе https://vk.com/lab244 в разделе Документы.

Начните с загрузки библиотеки деталей: https://www.ptc.com/en/academic-program/student/first

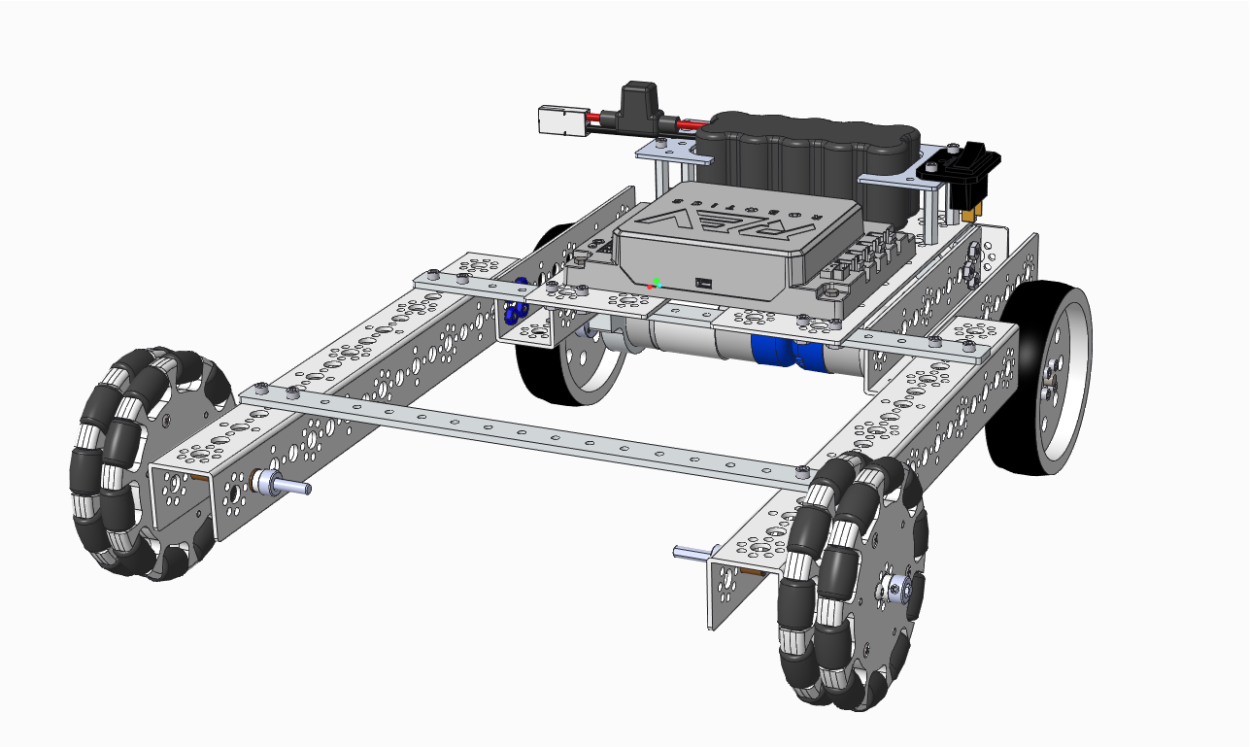
Вам понадобится папка FTC_Tetrix_CompetitionSet_Creo

Извлеките файлы из архива в удобное для вас место и запустите САПР.



Вы будете работать с двумя типами файлов .prt и .asm. Первый тип файлов содержит детали, второй – сборки.

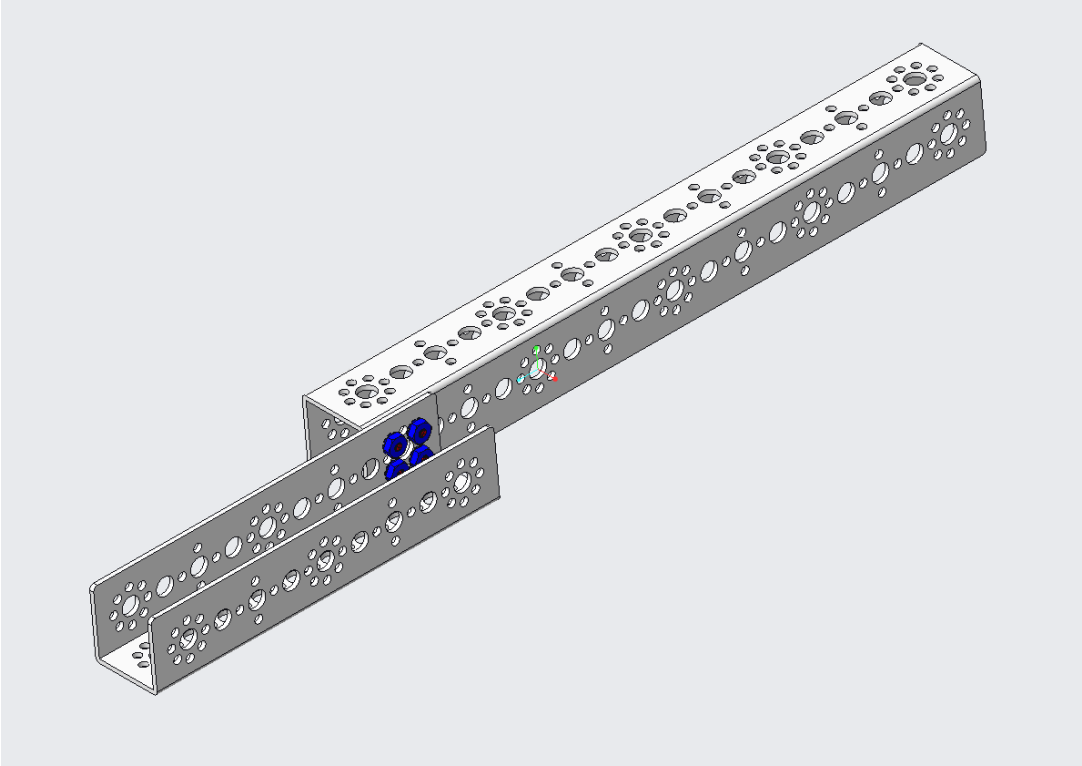
Вам предстоит выполнить сборку тележки, представленной на рисунке ниже. Мы будем шаг за шагом описывать процесс сборки 3-х мерной модели тележки, чтобы максимально подробно познакомить вас с основами работы в САПР PTC Creo Parametric. Для человека, имеющего опыт работы в САПР сборка такой тележки займет не более 30-40 мин. Вам же, как новичкам, понадобится побольше времени. Итак, запасайтесь терпением и осваивайте один из интереснейших навыков проектирования – использование средств CAD.



ВНИМАНИЕ!

Названия файлов содержат уникальный номер, по которому детали легко найти в папке. Не следует переименовывать файлы в папке, т.к. некоторые из файлов являются составляющими сборочных узлов и вследствие переименования, взаимосвязи в таких узлах будут нарушены. Все переименования следует осуществлять непосредственно в программе (см. далее).

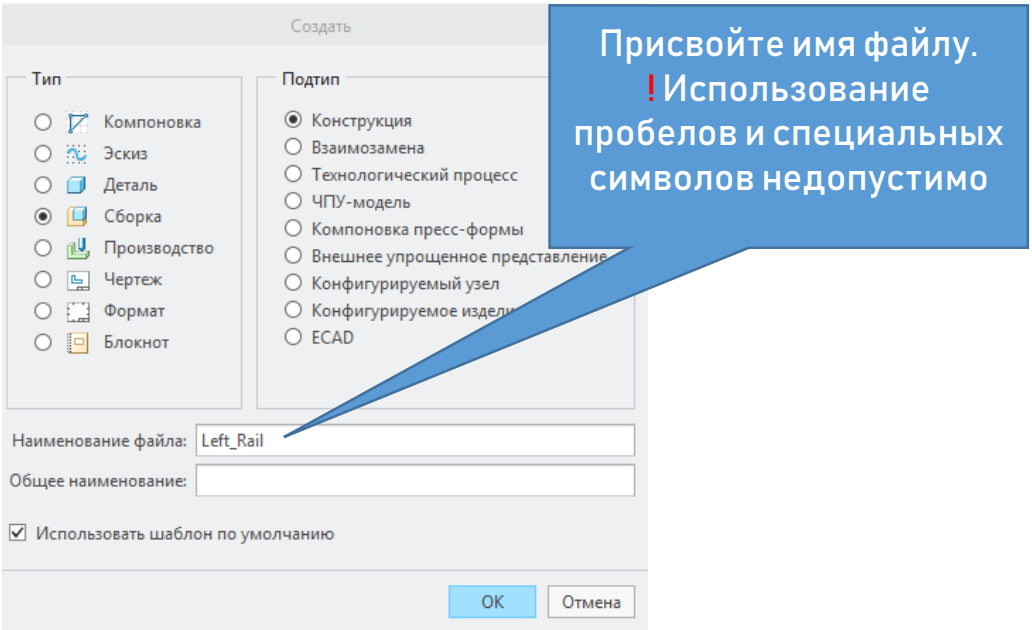
СОЗДАНИЕ СБОРКИ.
Создание левой рейки



Кликните ЛКМ (левой клавишей мыши)

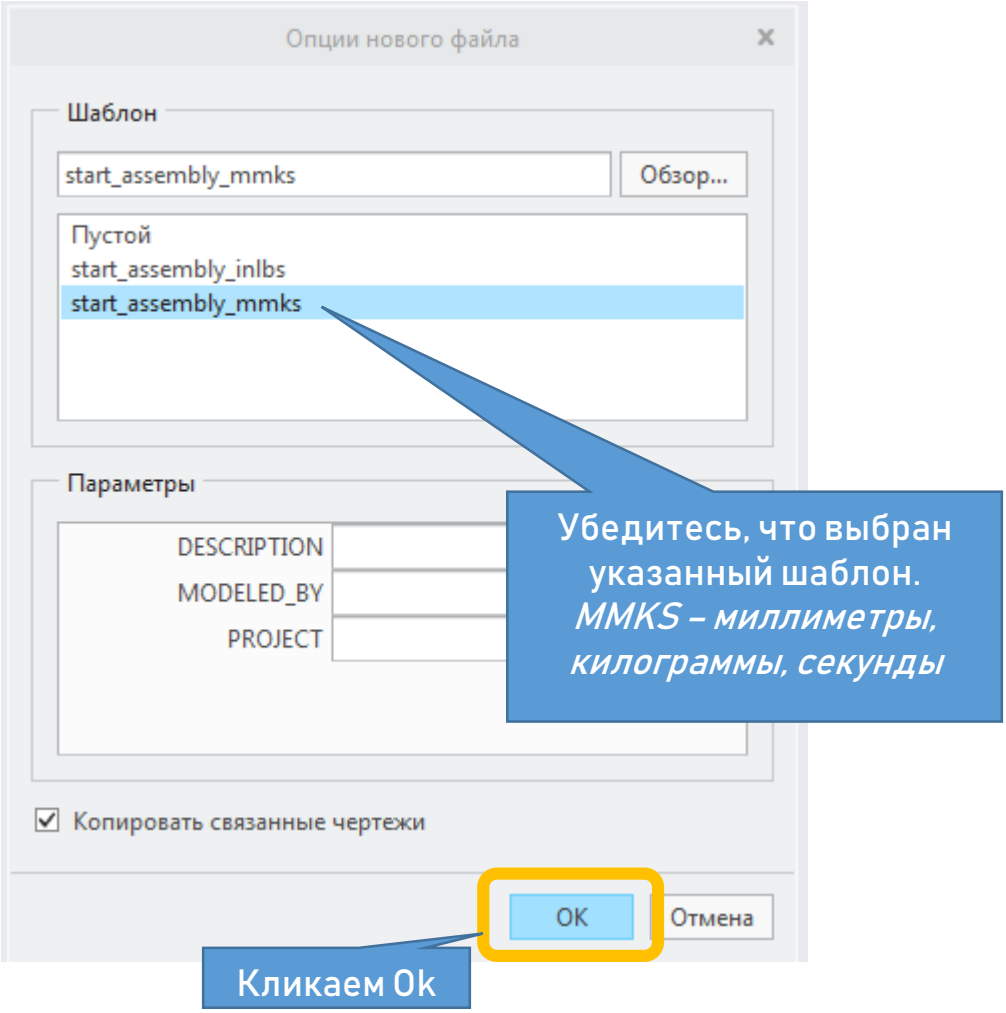
или используйте сочетание клавиш CTRL+N.

Выберите ТИП – Сборка, ПОДТИП – Конструкция.

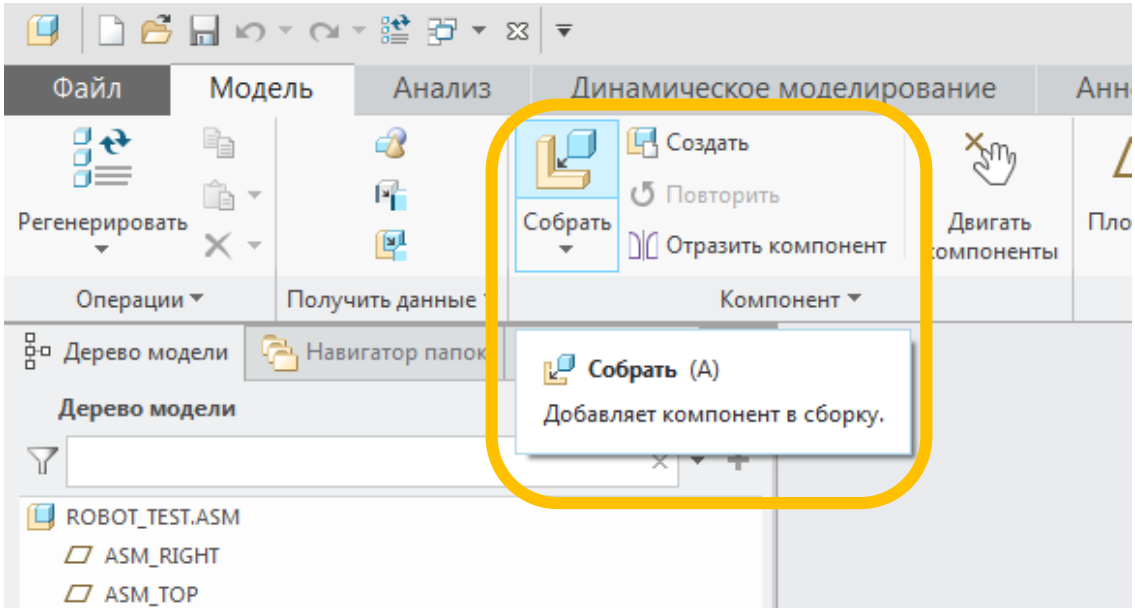


Далее снимите галочку с поля «Использовать шаблон по умолчанию» и кликните OK.

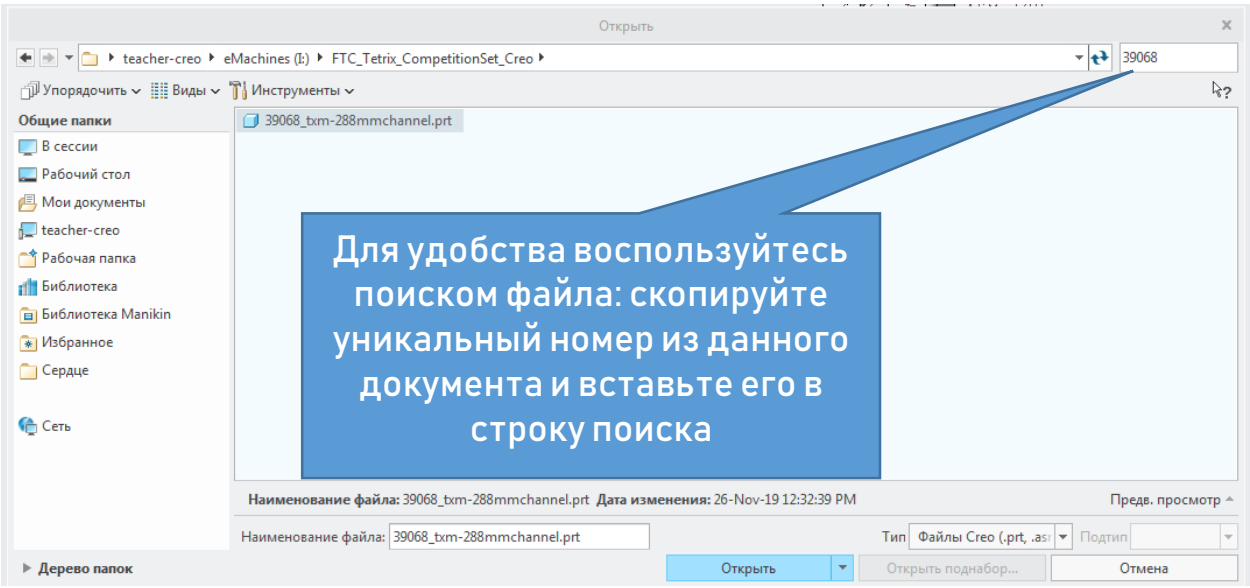
Это необходимо для того, чтобы убедиться, что вы работаете с моделью, единицы измерения которой – мм.



Чтобы приступить к сборке нажимаем в Панели инструментов на Собрать или просто нажимаем на клавиатуре клавишу английской раскладки A (первая буква слова Assembly - сборка).

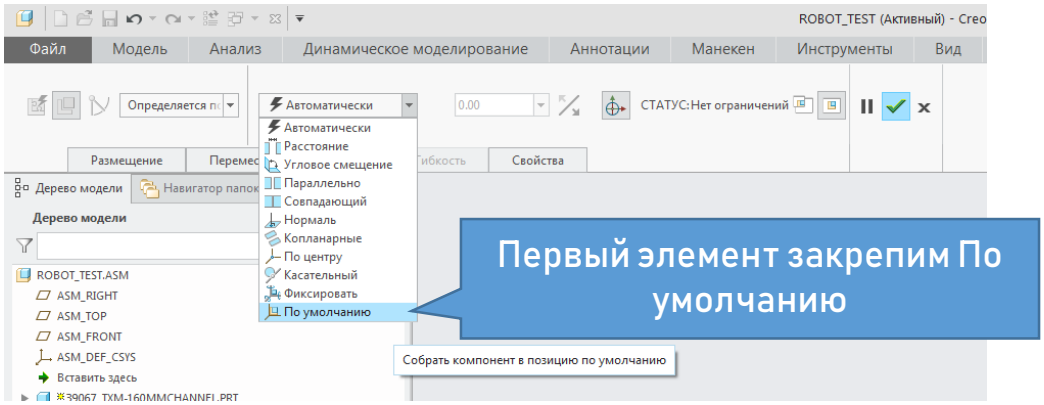


Вам понадобятся следующие файлы:
39068 - 288 mm channel (1)
39067 - 160 mm channel (1)
39098 - 5/16" socket head cap screw (4)
39094 - keps nut (4)



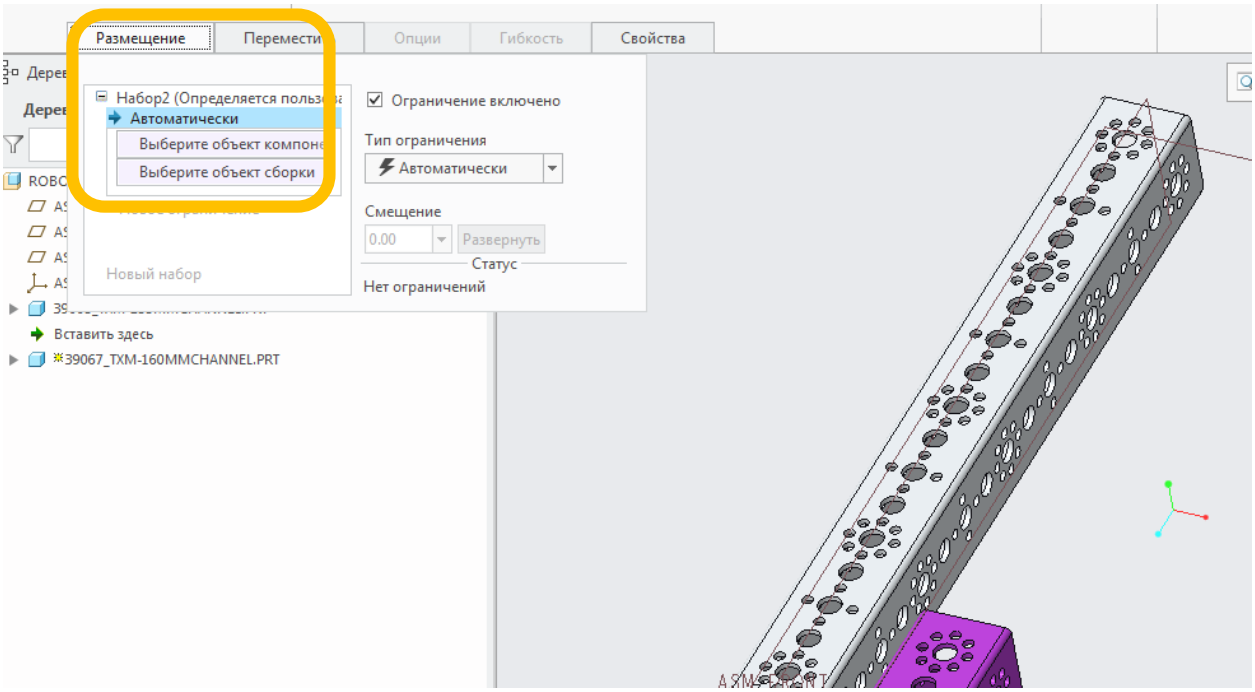
Нажимаем Открыть.

В Графической области программы вы увидите Балку с отверстиями. Пока она не размещена, она окрашена в фиолетовый цвет и следует за курсором мыши[2]. Выберите любую точку Графической области и кликните ЛКМ, балка перестанет перемещаться вместе с курсором мыши. В опциях размещения изменим тип с Автоматически на По умолчанию и кликнем ЛКМ по зеленой галочке.



[2] Таковы настройки по умолчанию и их можно изменить, воспользовавшись Опциями программы.

Далее аналогично первой детали нажимаем на клавиатуре A, отыскиваем следующую деталь (39067) и нажимает Открыть. Теперь нам необходимо закрепить вторую балку относительно первой. Для этого перейдем в Размещения.

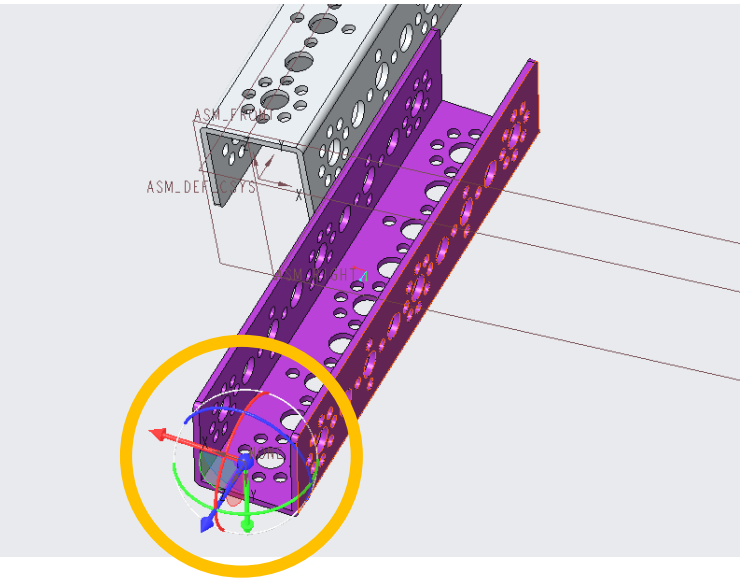


В Наборе вам предлагается выбрать объекты деталей, которые будут служить местами их соединений.

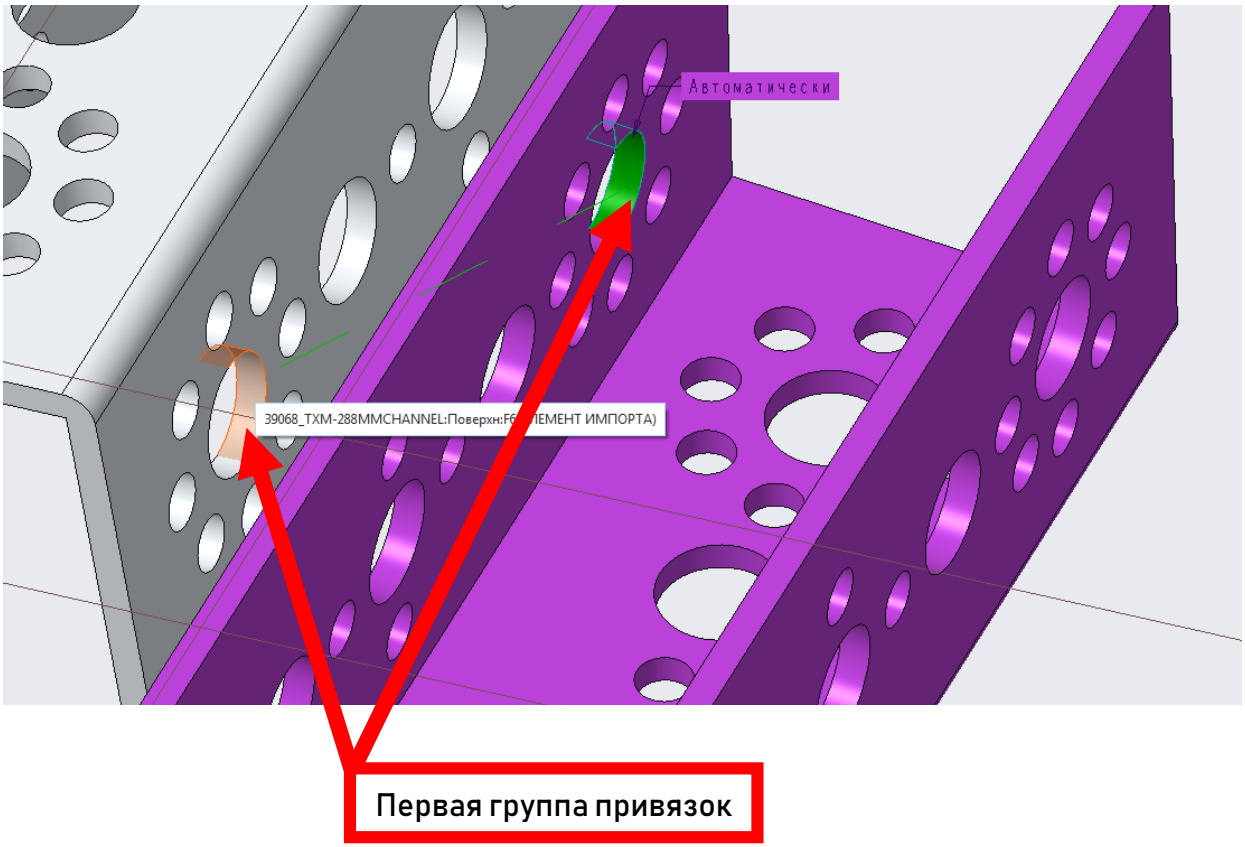
Выбор таких объектов производится поочередно: указывается объект на детали 39067, а затем на детали 39068 и так до тех пор, пока детали не будут закреплены нужным образом.

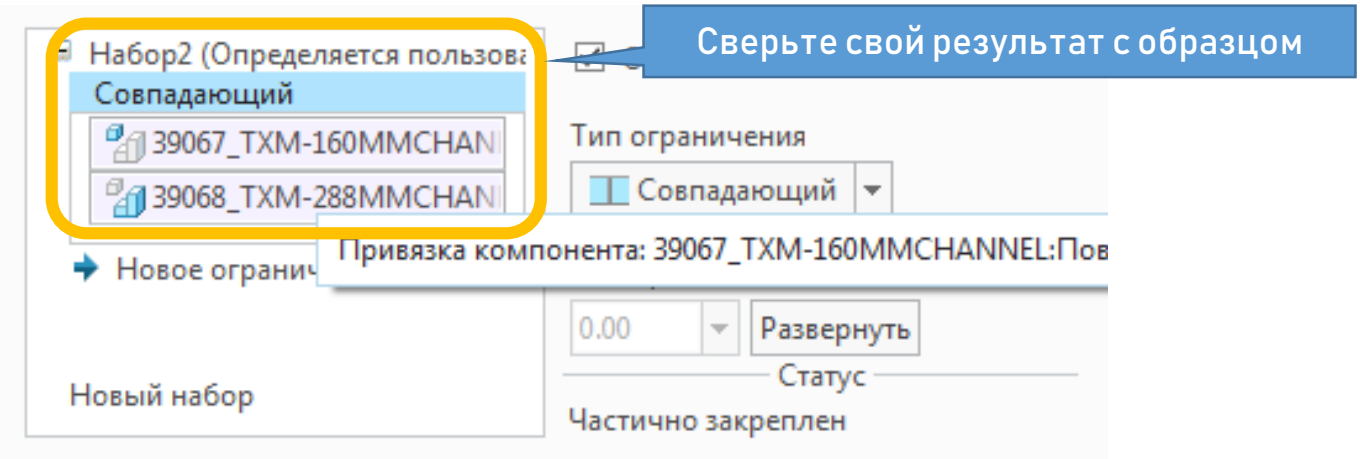
Объектами привязок могут быть поверхности, плоскости, кромки, точки, оси и т.д.

Для начала разверните балку 39067 так, как показано на рисунке справа. Сделать это можно с помощью инструмента 3D-перетаскивателя (отмечен на рисунке ниже), достаточно ЛКМ повернуть объект за синюю дугу, а стрелками подтащить объект в нужное место.

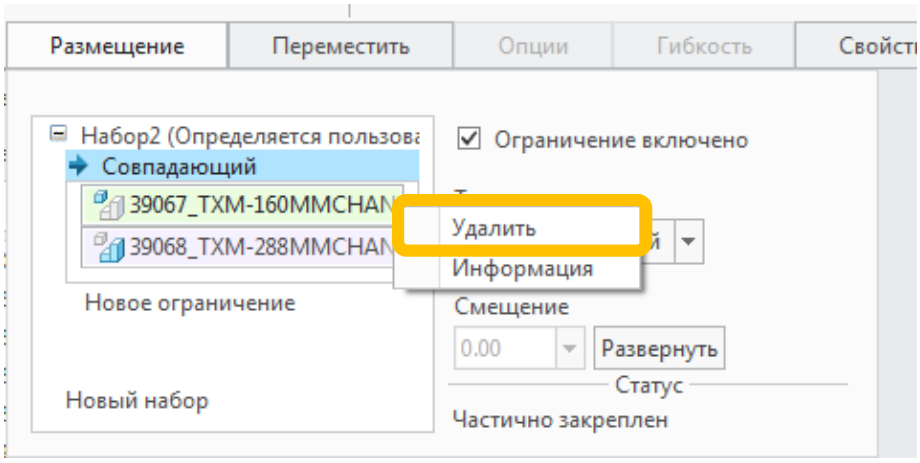


Далее определим объекты привязок. Для этого поочередно выберем цилиндрические поверхности, указанные на рисунке.

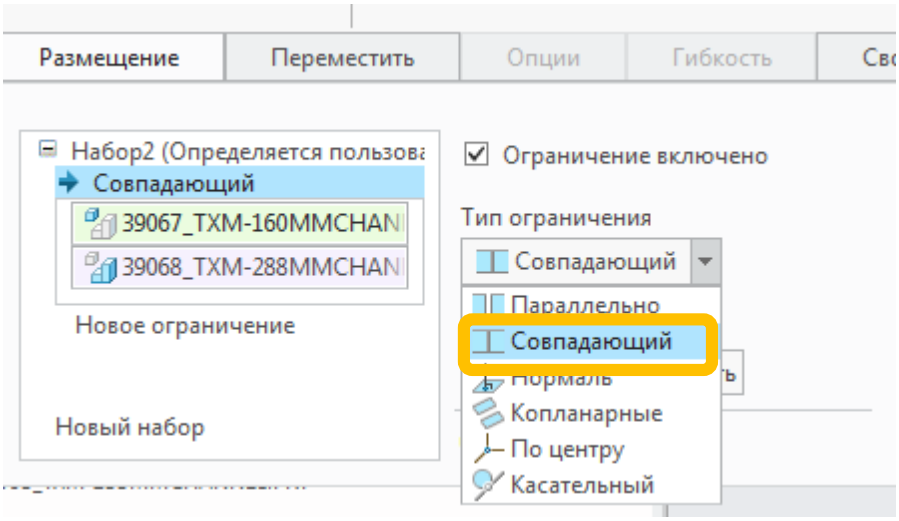




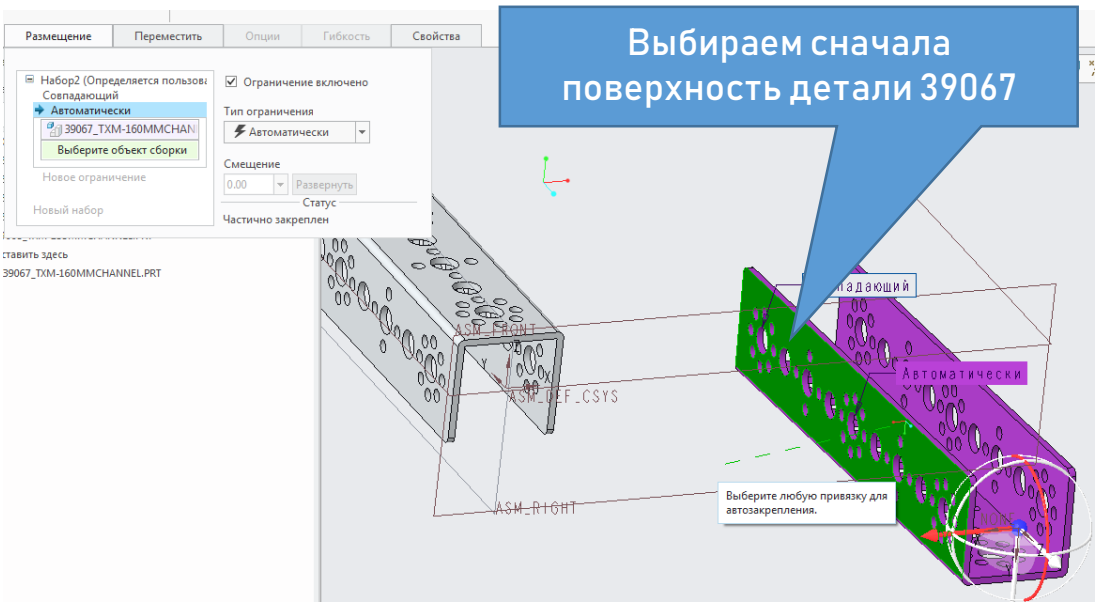
/* Если вы допустили ошибку и выбрали неверную привязку, то достаточно кликнуть ПКМ (правой клавишей мыши) по окошку с привязкой и выбрать из контекстного меню Удалить (см. рисунок ниже).

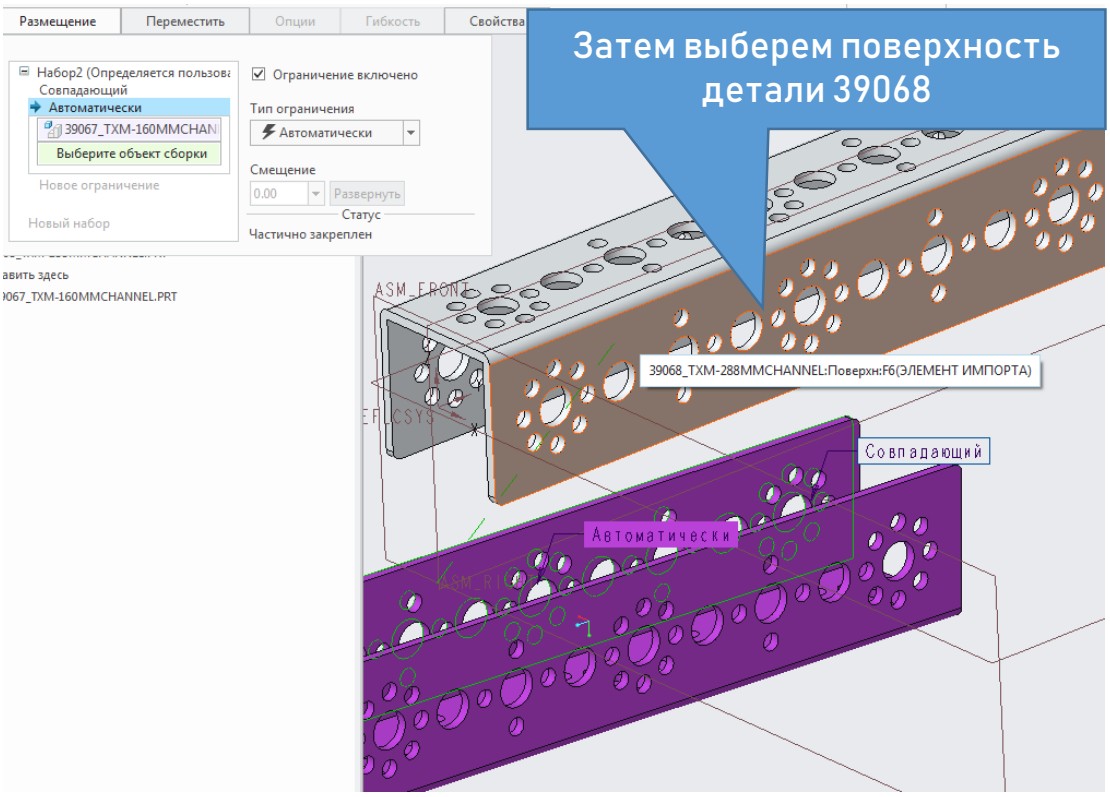


/* Если вы допустили ошибку и выбрали неверный тип ограничения, то достаточно изменить Тип ограничения с ошибочного на верный, выбрав его из списка (см. рисунок ниже).

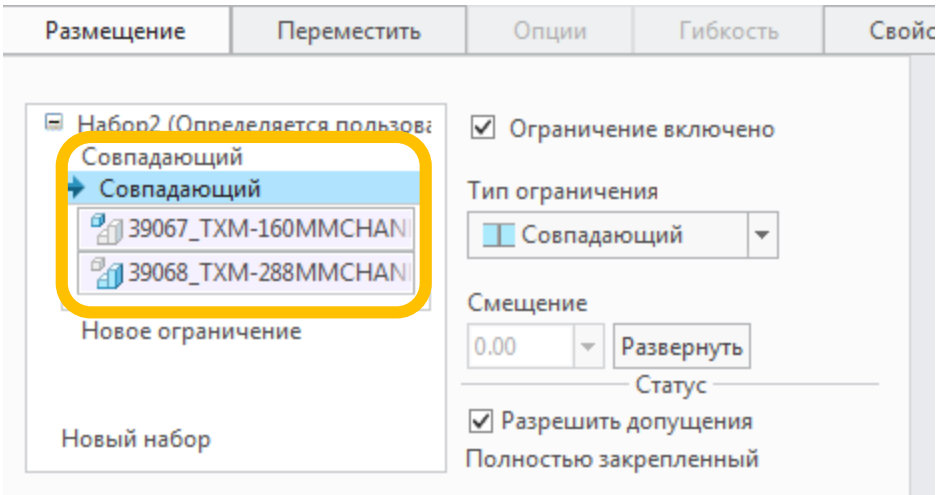


Продолжим выбор ограничений. Для этого выберем поверхности, указанные на рисунках ниже.

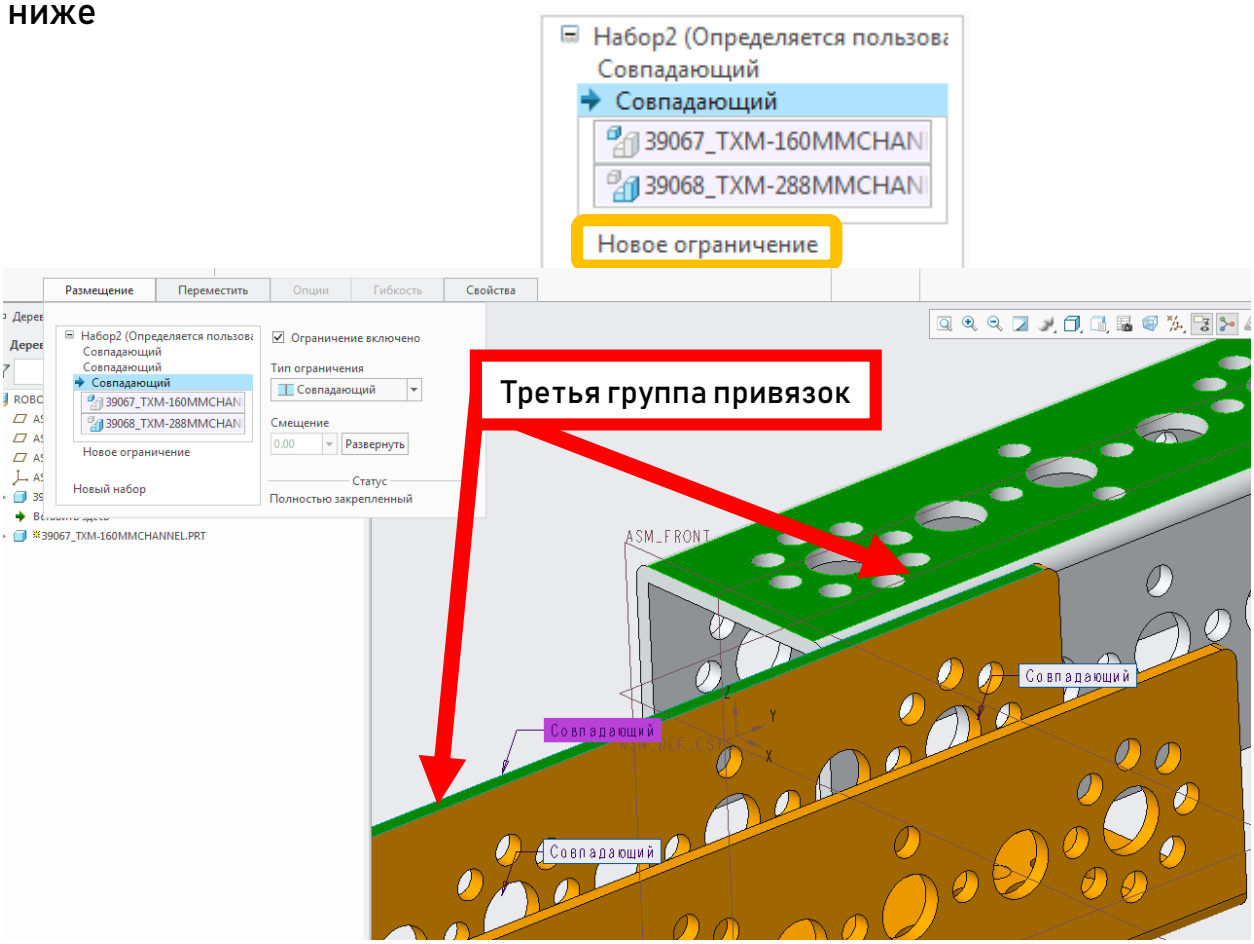




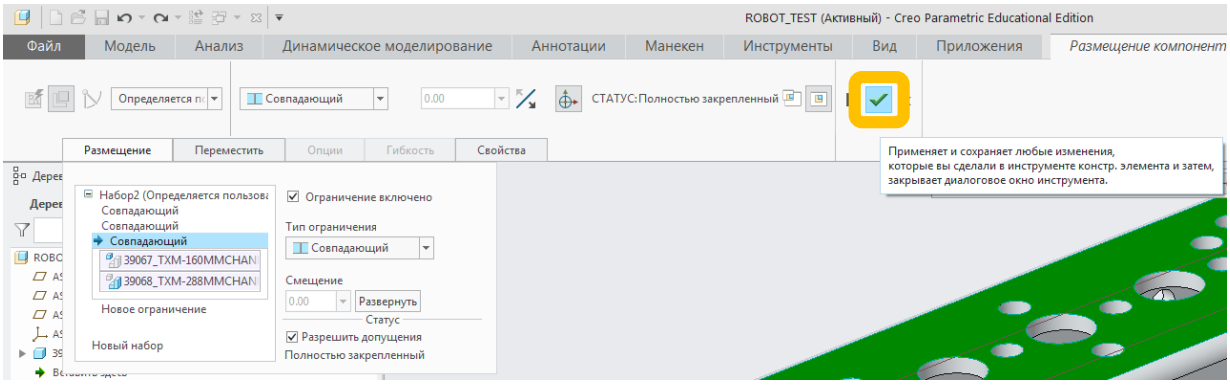
Таким образом у вас появится вторая группа ограничений с типом Совпадающий.



На этом можно было бы прекратить размещение детали 39067, но мы рекомендуем добавить еще одно ограничение (см. рис. ниже). Кликните ЛКМ Новое ограничение и выберите поверхности, указанные на рис. ниже



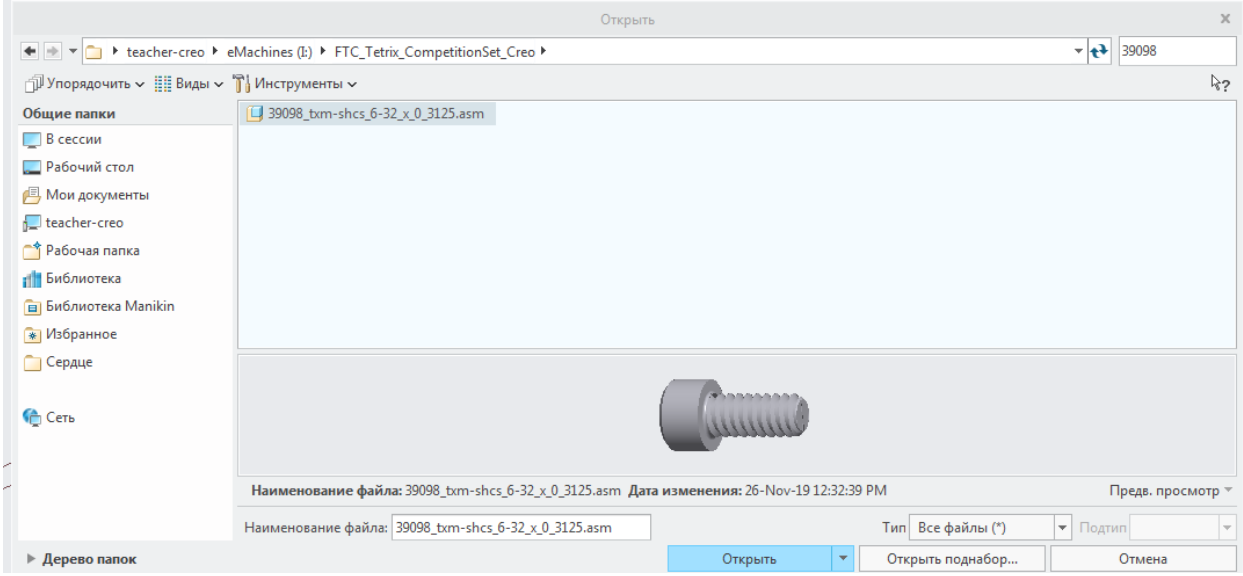
Принимаем Размещение компонента сборки кликнув ЛКМ по зеленой галочке или просто кликнув СКМ (средняя клавиши мыши).



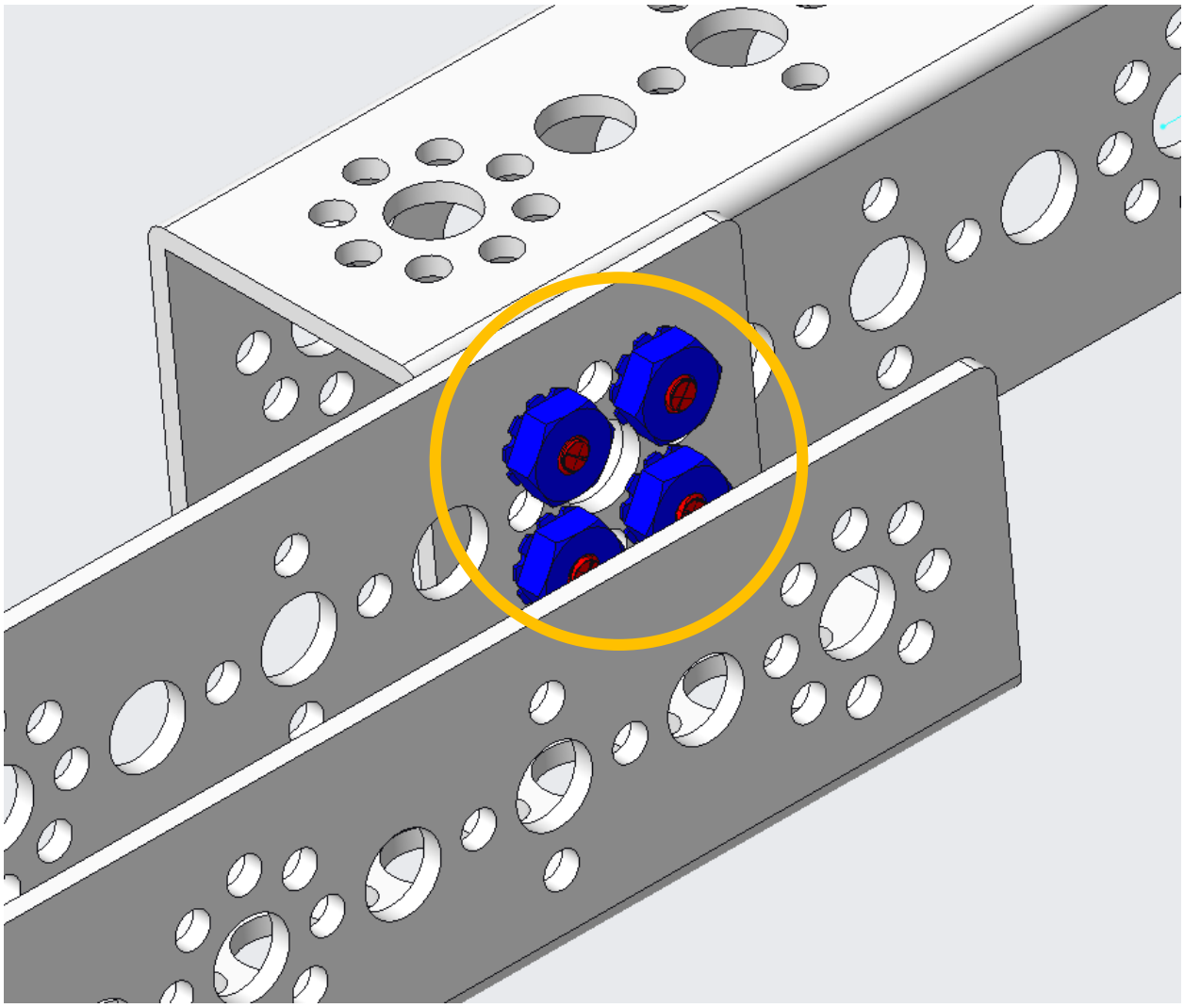
Далее необходимо закрепить две балки с помощью крепежа. Для виртуальной модели, крепеж несет иную функцию, нежели для реального объекта. Но установка крепежа в модели, позволит избежать вам неприятных последствий игнорирования выступов крепёжных элементов, а также позволит механикам быть уверенными в том, что этот крепеж будет удобно устанавливать на реальном роботе.

Давайте посмотрим на то, как легко можно разместить крепеж на нашей модели. Поверьте, это значительно легче чем в жизни. Кликаем А и, используя поиск находим элемент 39098 и открываем его.

ВНИМАНИЕ!
Всегда размещайте крепеж в модели. Затрата нескольких минут при создании виртуальной модели может сэкономить вам часы при сборке физической модели.



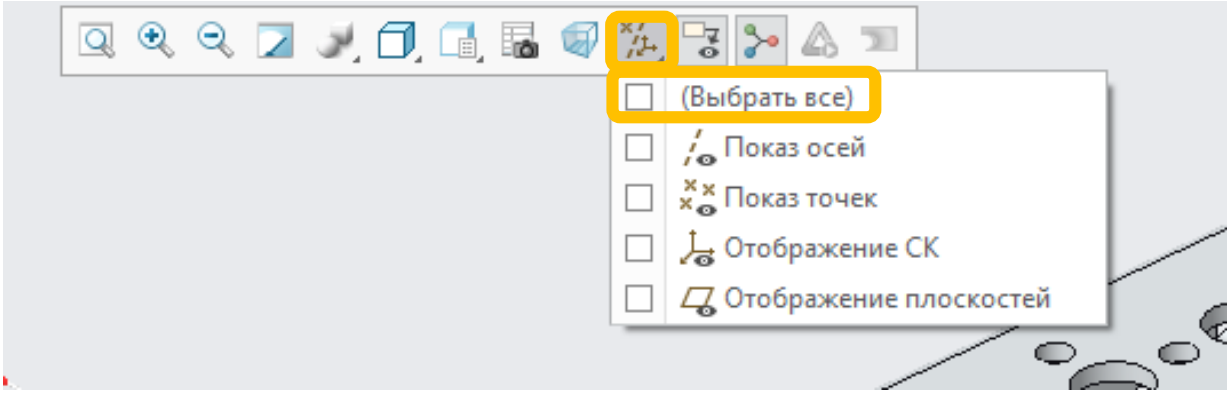
Задача: разместить крепёжные элементы так, как это показано на рисунке ниже.



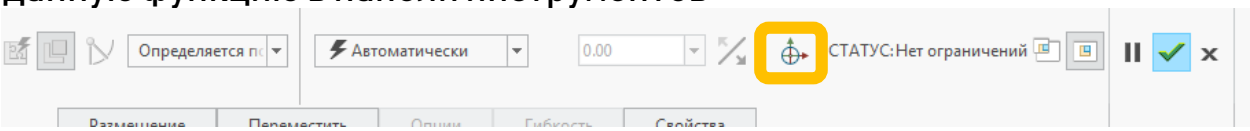
ВНИМАНИЕ!

При размещении компонентов сборки вы всегда можете менять порядок выбора привязок, выбирать аналогичные «по смыслу» привязки, а также выбирать удобный для вас способ размещения, начиная с поштучного размещения и заканчивая автоматическим размещением. Всё будет зависеть от тех целей, которые вы хотите достичь.

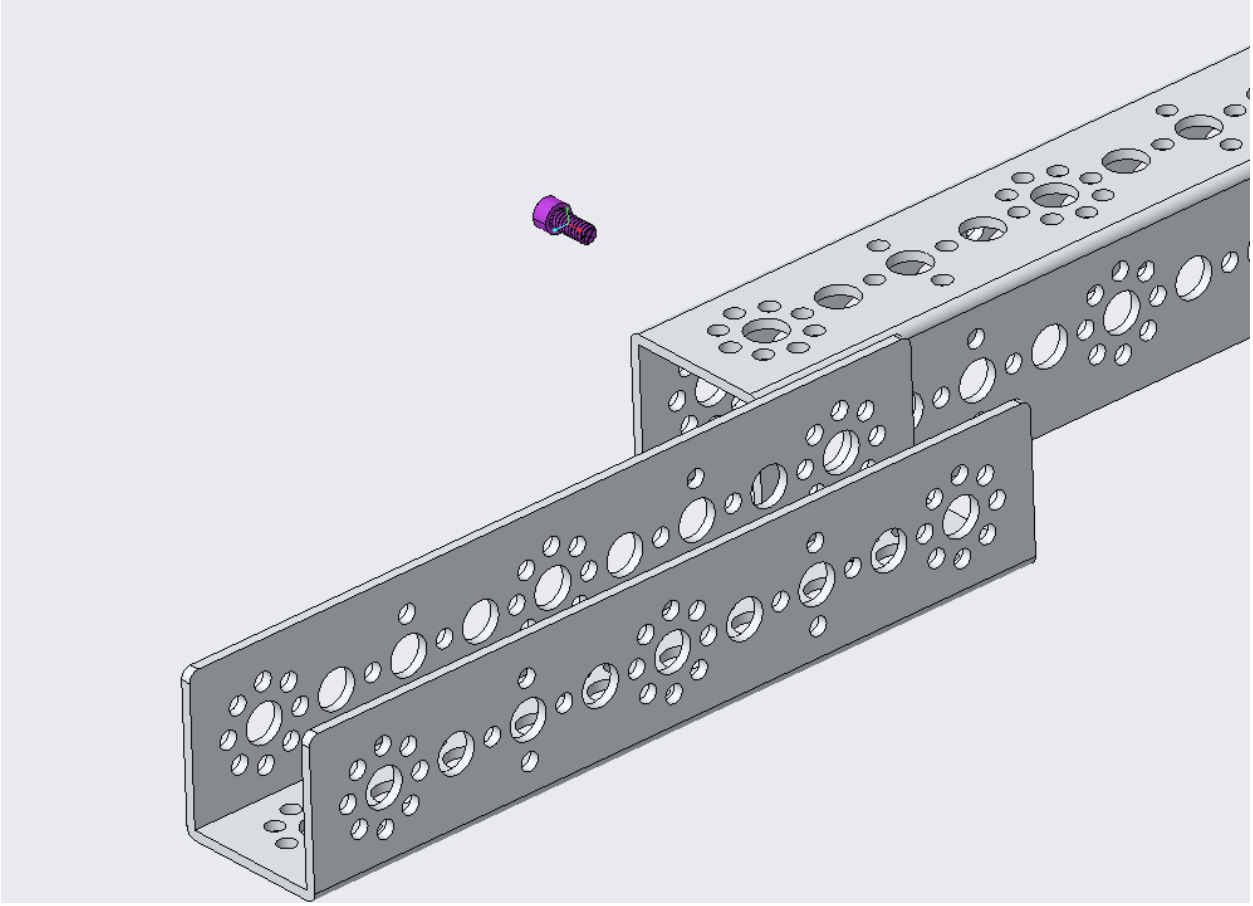
Для дальнейшей работы скроем всю опорную геометрию. Для этого в ленте, которая размещена над графической областью необходимо выбрать Фильтры показа опорных элементов и снять галочку с Выбрать всё.



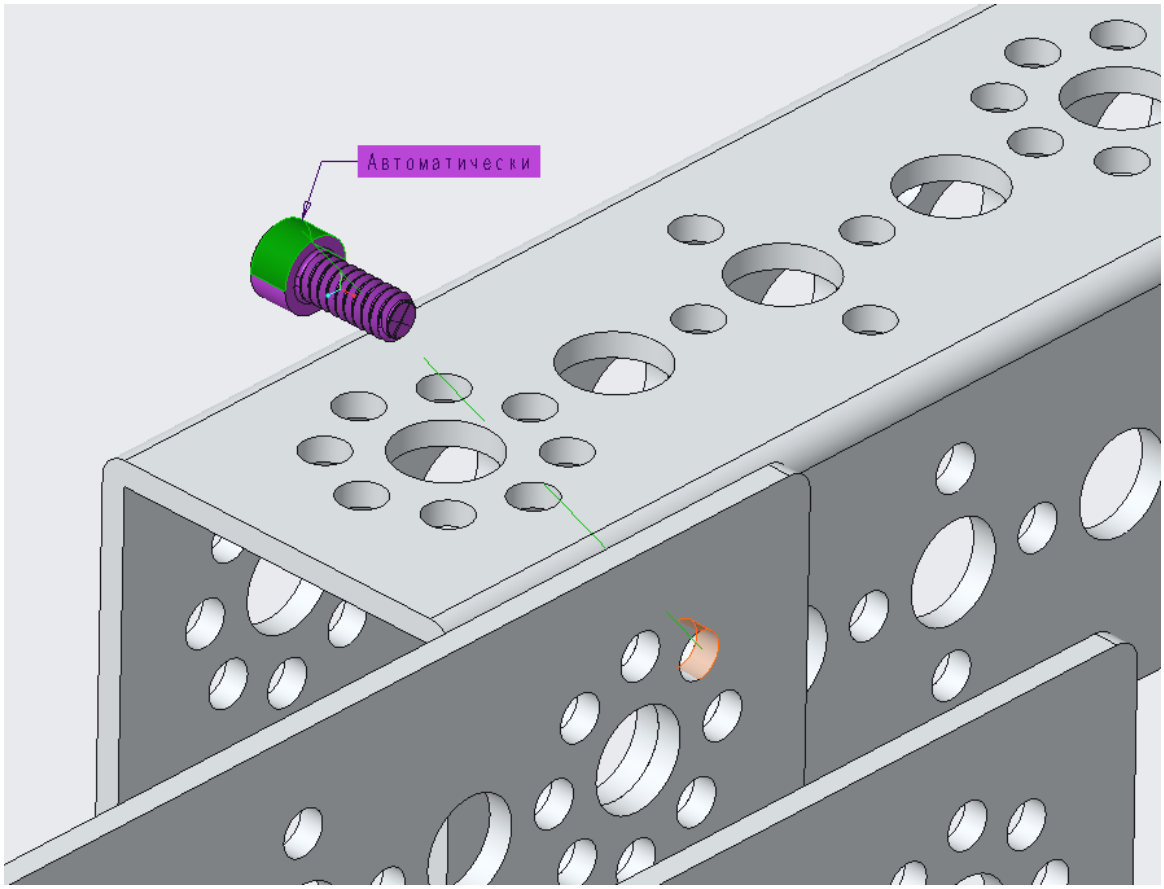
Также временно можно отключить 3D-перетаскиватель, деактивировав (кликнуть ЛКМ по значку, указанному на рисунке ниже) данную функцию в панели инструментов



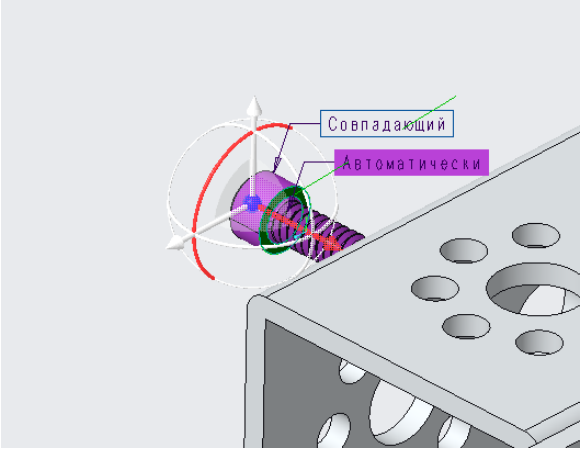
Таким образом, вы будете видеть:

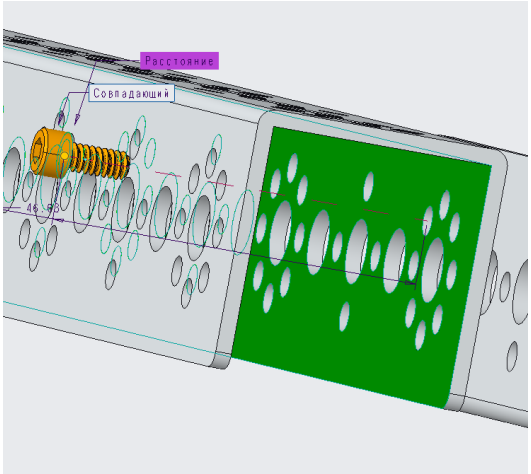


Выбираем Поверхности как показано на рисунке ниже.

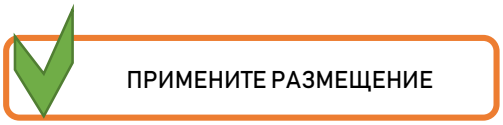


В качестве нового ограничения выбираем плоские поверхности Болта и Балки.

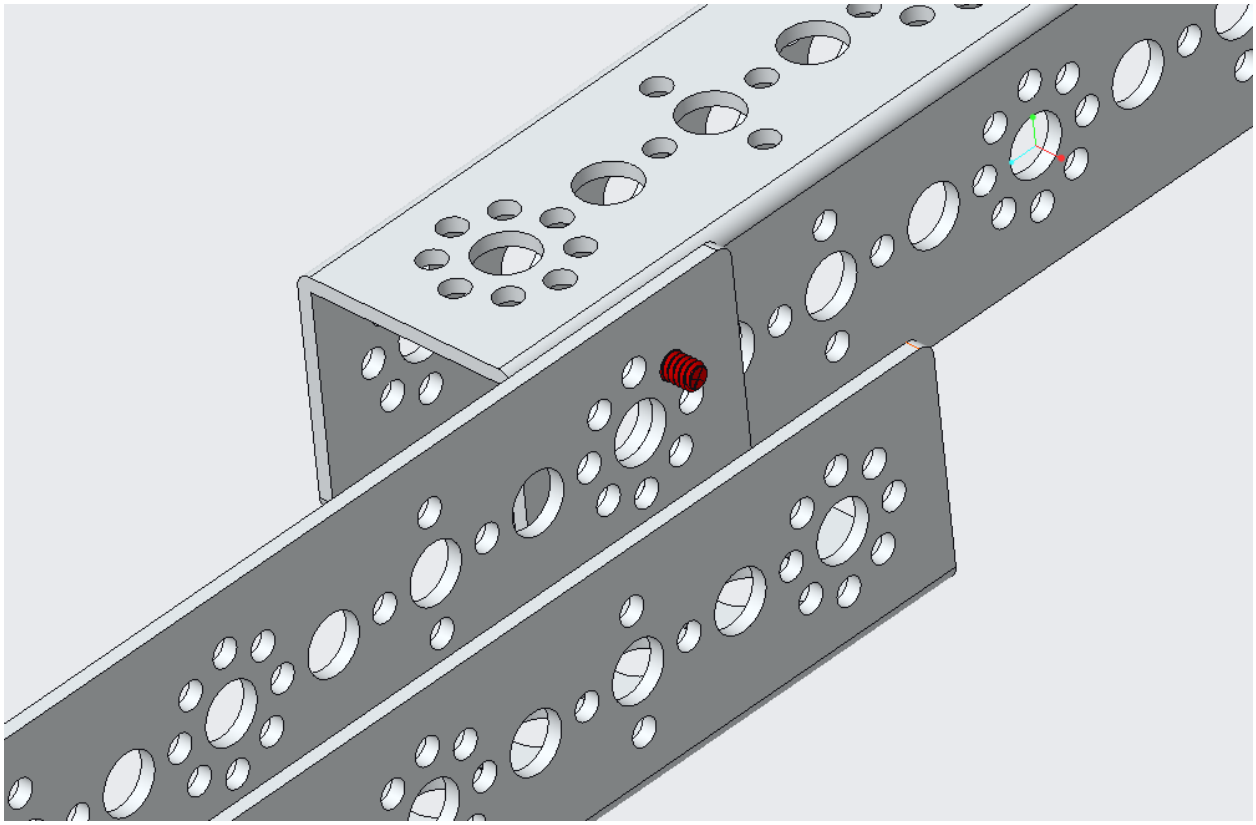




Тип ограничения Совпадающий.



Проверьте свое размещение соотнеся его с изображением.

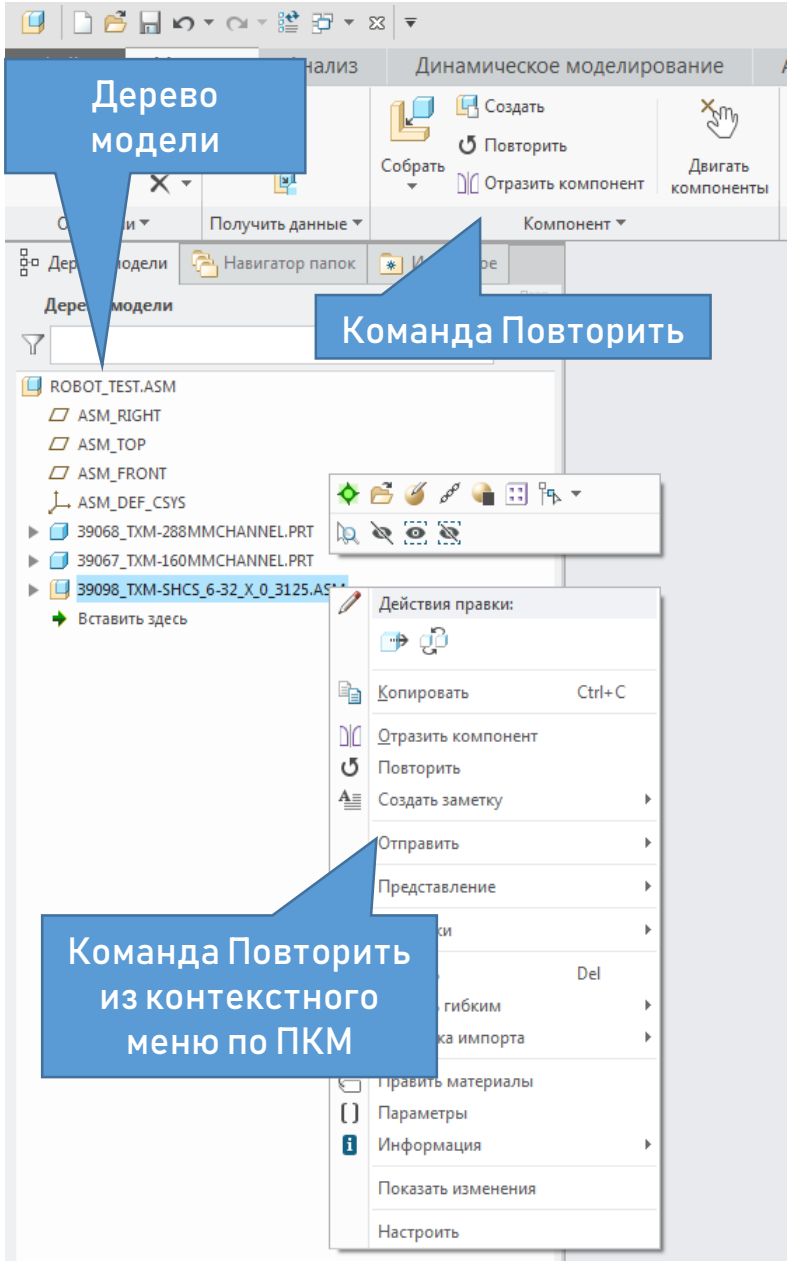


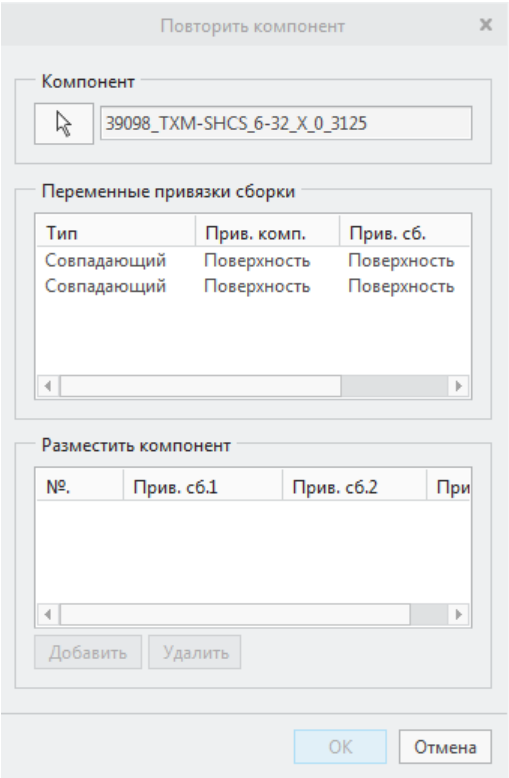
Мы могли бы продолжить размещение болтов одним из следующих способов:

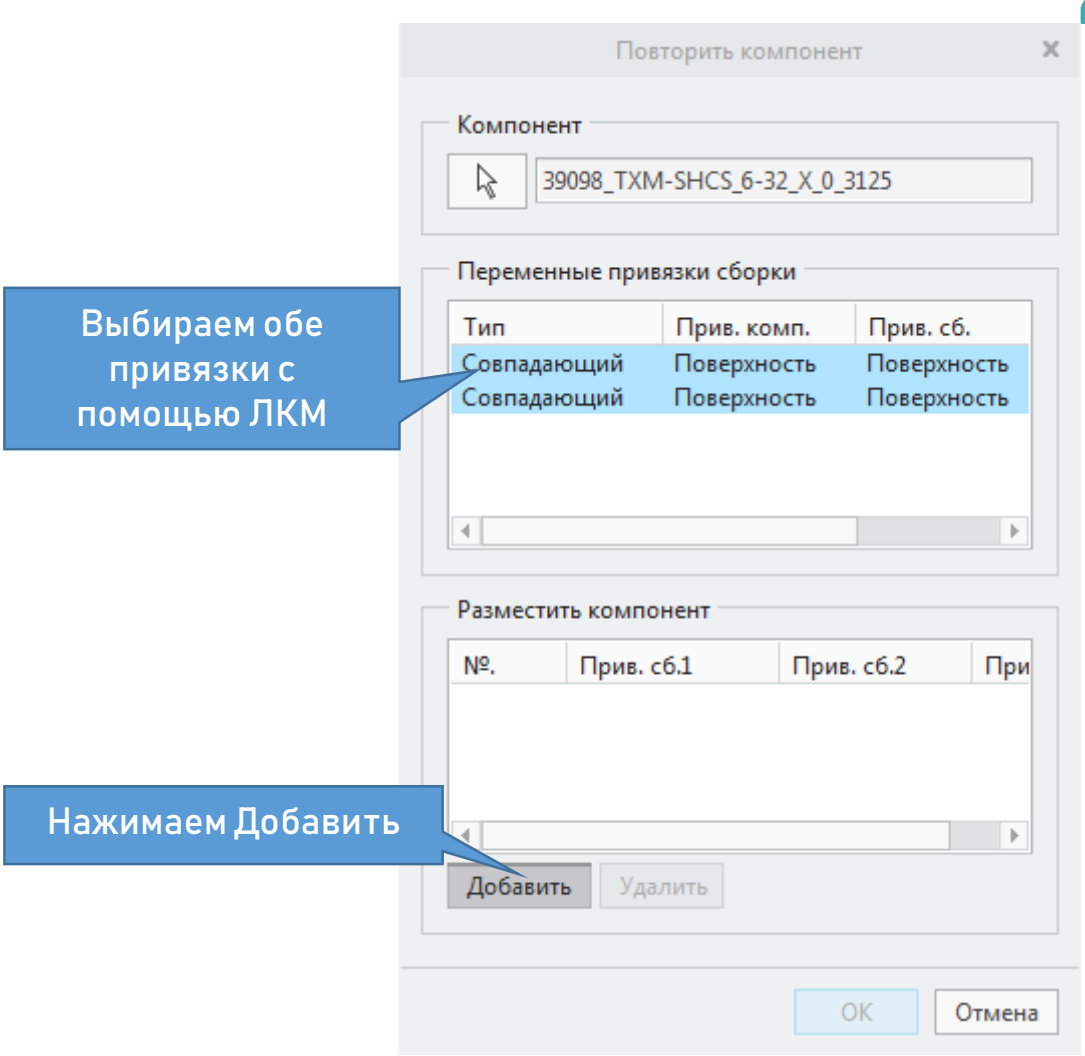
- по одному, аналогично вышеописанному;
- путём повторения;
- путем создания массива;
- путем авторазмещения.

ПОВТОРЕНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ СБОРКИ

Если вы выберете в дереве модели деталь 39098, то активируется команда Повторить, находящаяся в панели инструментов. Или кликните ПКМ по детали и выберите Повторить в выпадающем меню. Появится контекстное меню, где в строке компонент будет прописано название компонента, который вы намерены повторить и в привязках будут указаны типы ограничений, которые вы использовали для закрепления болта на балке.



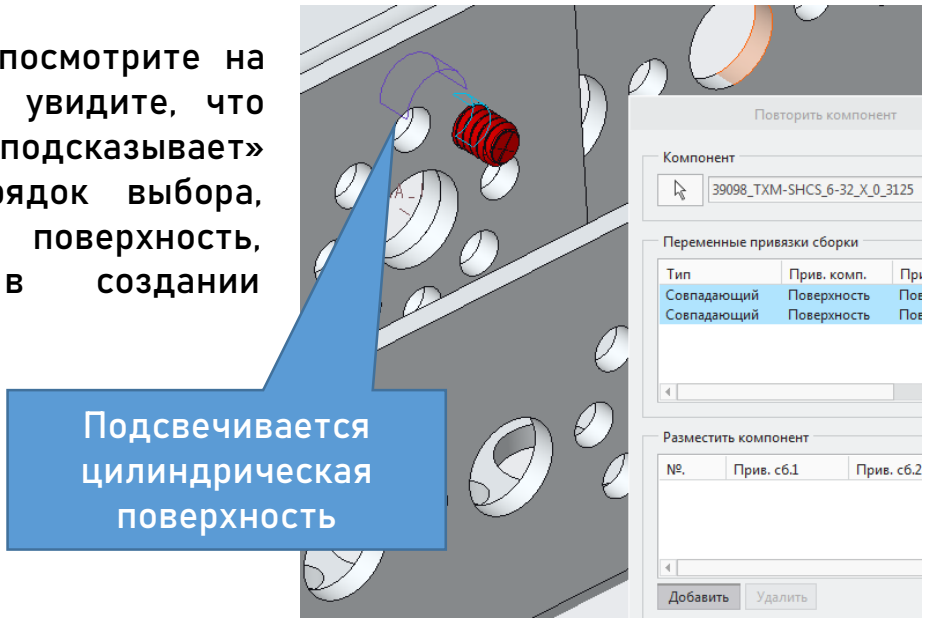




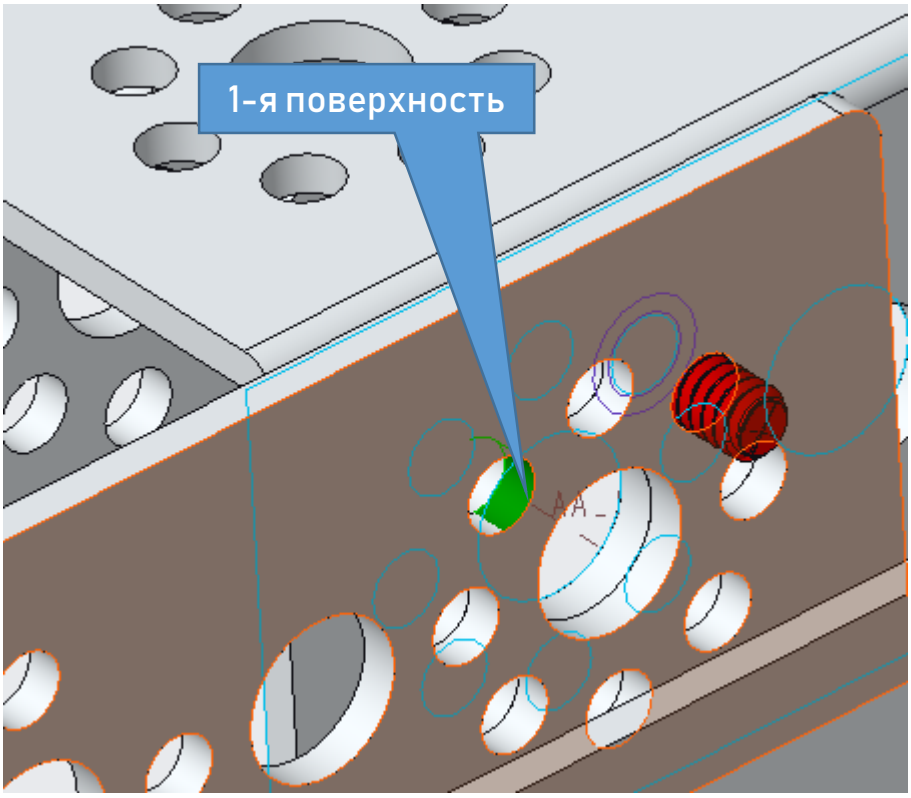
Далее на модели балки указываем куда следует поместить крепёж:

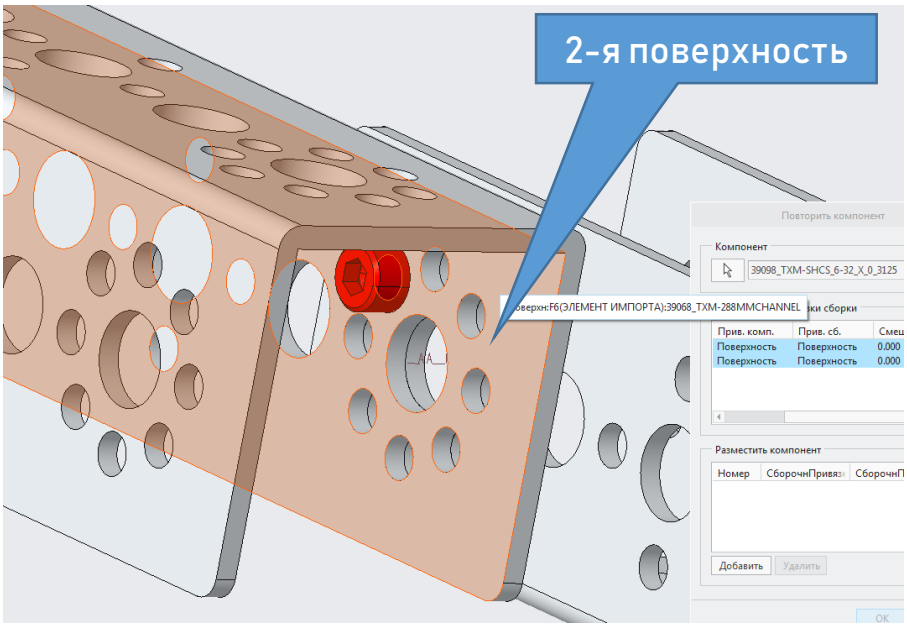
Начинаем выбор в той последовательности, в которой вы закрепляли 1-й болт, т.е. сначала выбираем цилиндрическую поверхность.

*\ Если вы посмотрите на изображение, то увидите, что программа «подсказывает» правильный порядок выбора, подсвечивая поверхность, участвующую в создании ограничения.



Выбираем поверхности, указанные на рисунках.





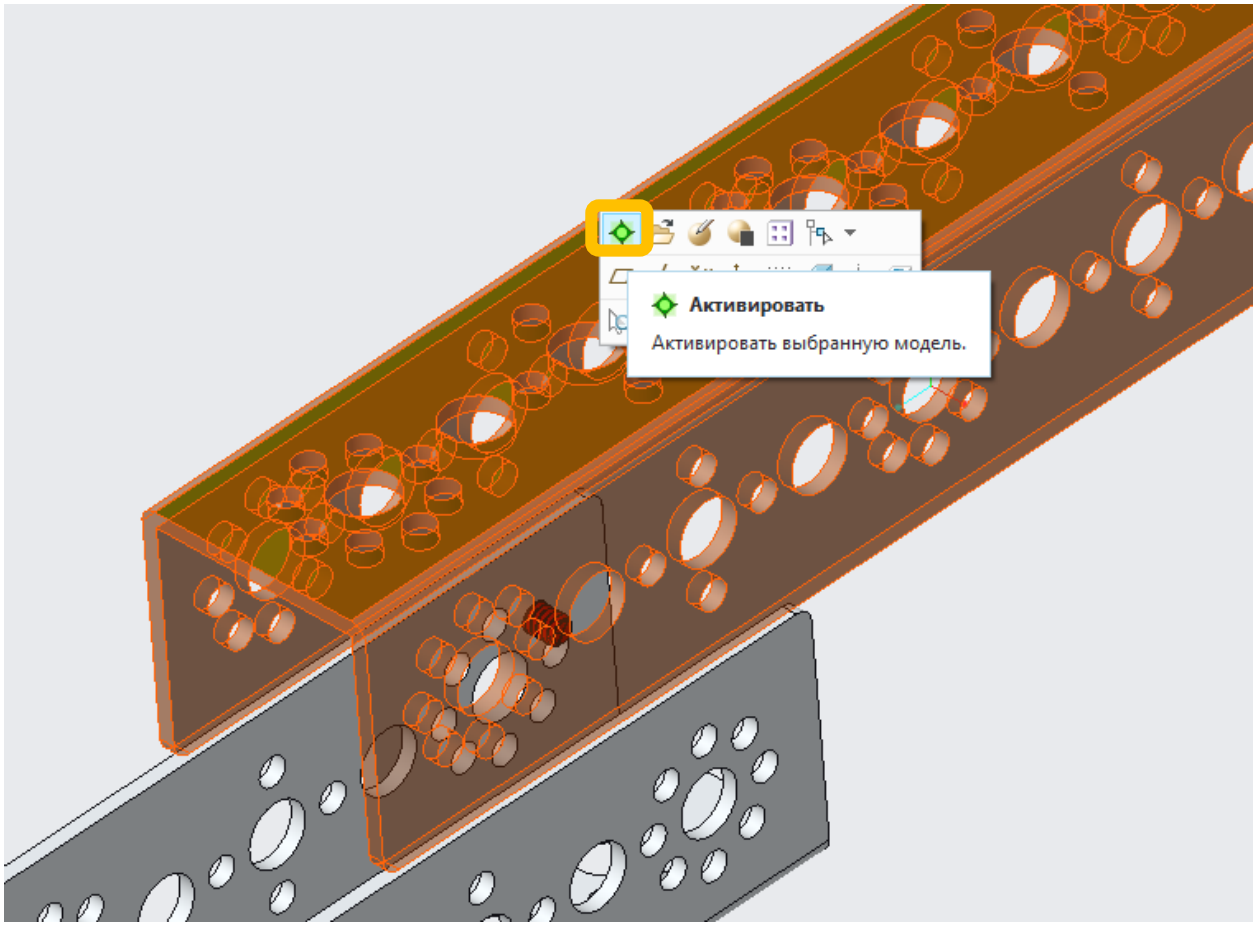
После верного выбора 2-х поверхностей вы увидите болт размещенным, продолжайте размещение оставшихся элементов и после этого нажмите ОК в меню операции Повторение.

Повторить компонент
Компонент
39098_TXM-SHCS_6-32_X_0_3125
Переменные привязки сборки
Прив. комп.
Прив. сб.
Смещение
Поверхность
Поверхность
0.000
Поверхность
Поверхность
0.000
Разместить компонент
Номер
СборочнПривяз
СборочнПрив
1
39067_TXM-160M
39068_TXM-288
2
39067_TXM-160M
39068_TXM-288
3
39067_TXM-160M
39068_TXM-288
Добавить
Удалить
OK
Отмена
Результат операции Повторение

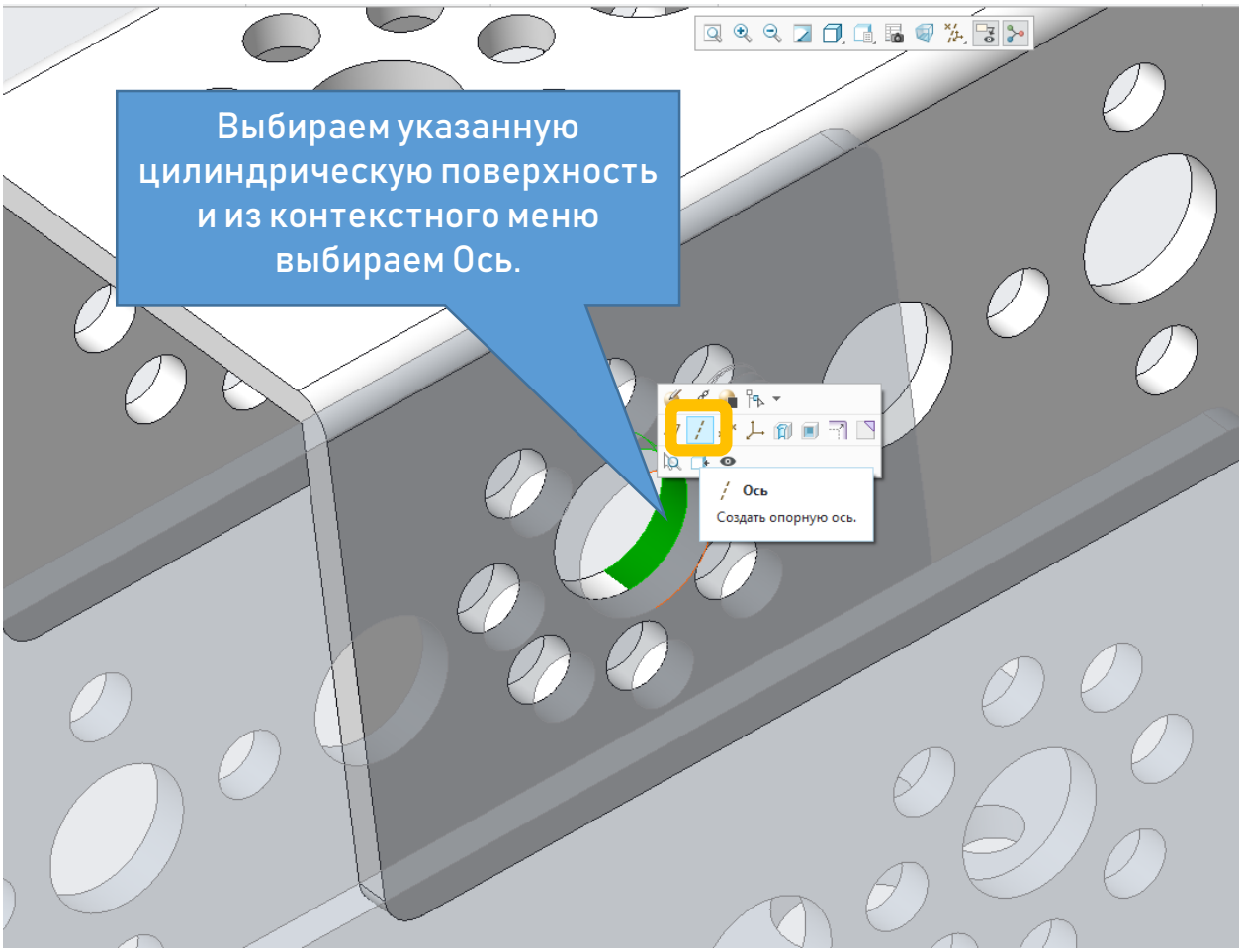
СОЗДАНИЕ МАССИВА ЭЛЕМЕНТОВ В СБОРКЕ

Если мы хотим построить массив элементов, то прежде необходимо создать дополнительную опорную ось, проходящую через одно из отверстий[3].

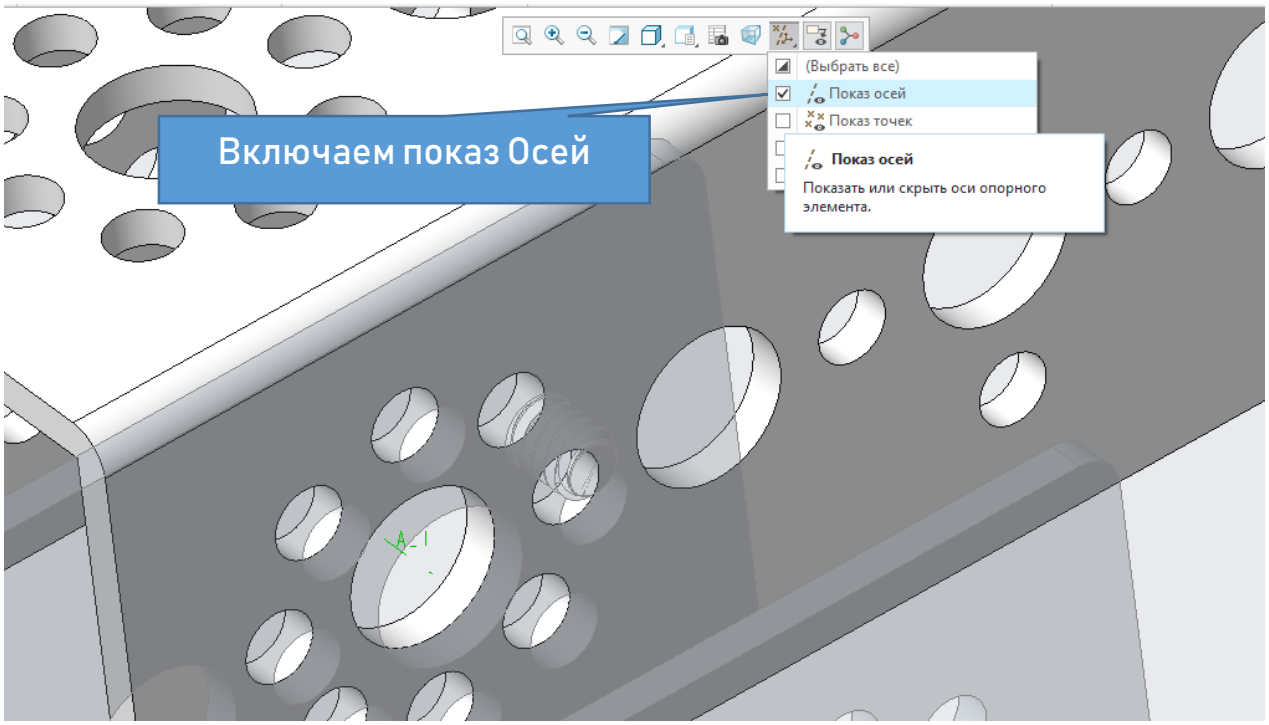
Для этого кликните ЛКМ по элементу 39068 и выберите из контекстного меню команду Активировать (см. рис. ниже). Это понадобится нам для того, чтобы создать опорную ось в балке, благодаря которой мы затем построим массив элементов.

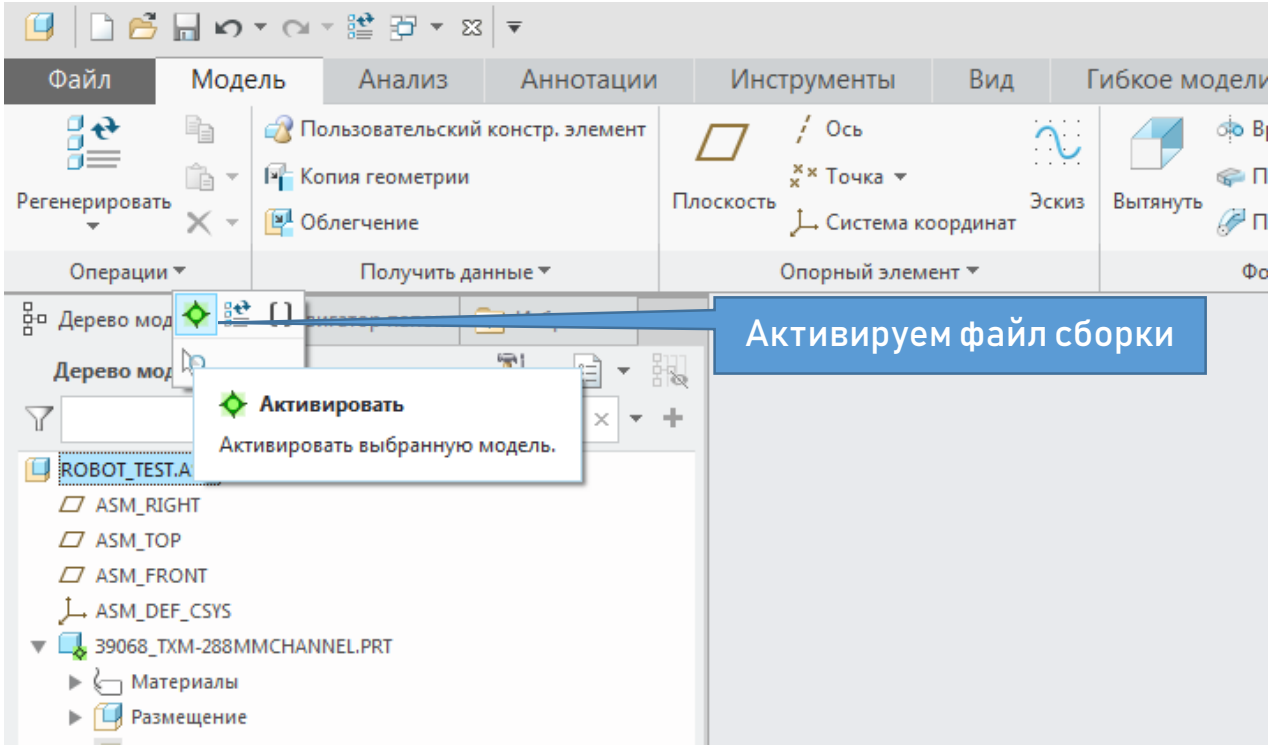


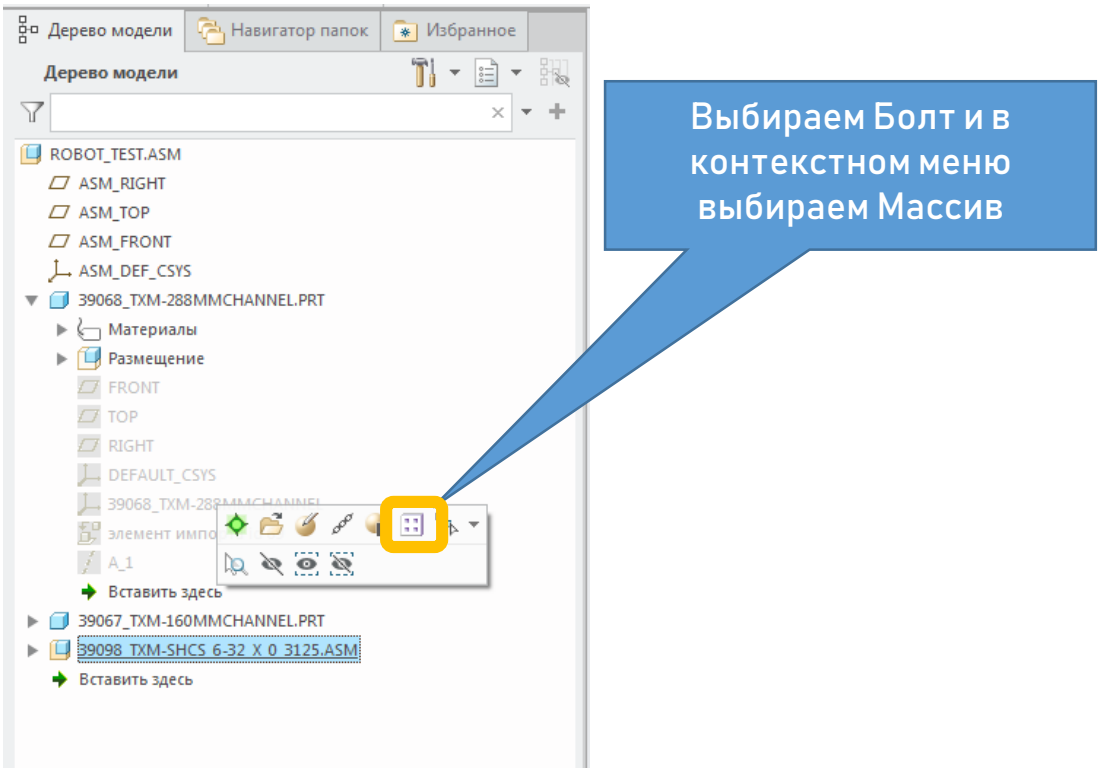
[3] Данные опорные элементы отсутствуют в модели, т.к. мы имеем дело с заимствованной геометрией.

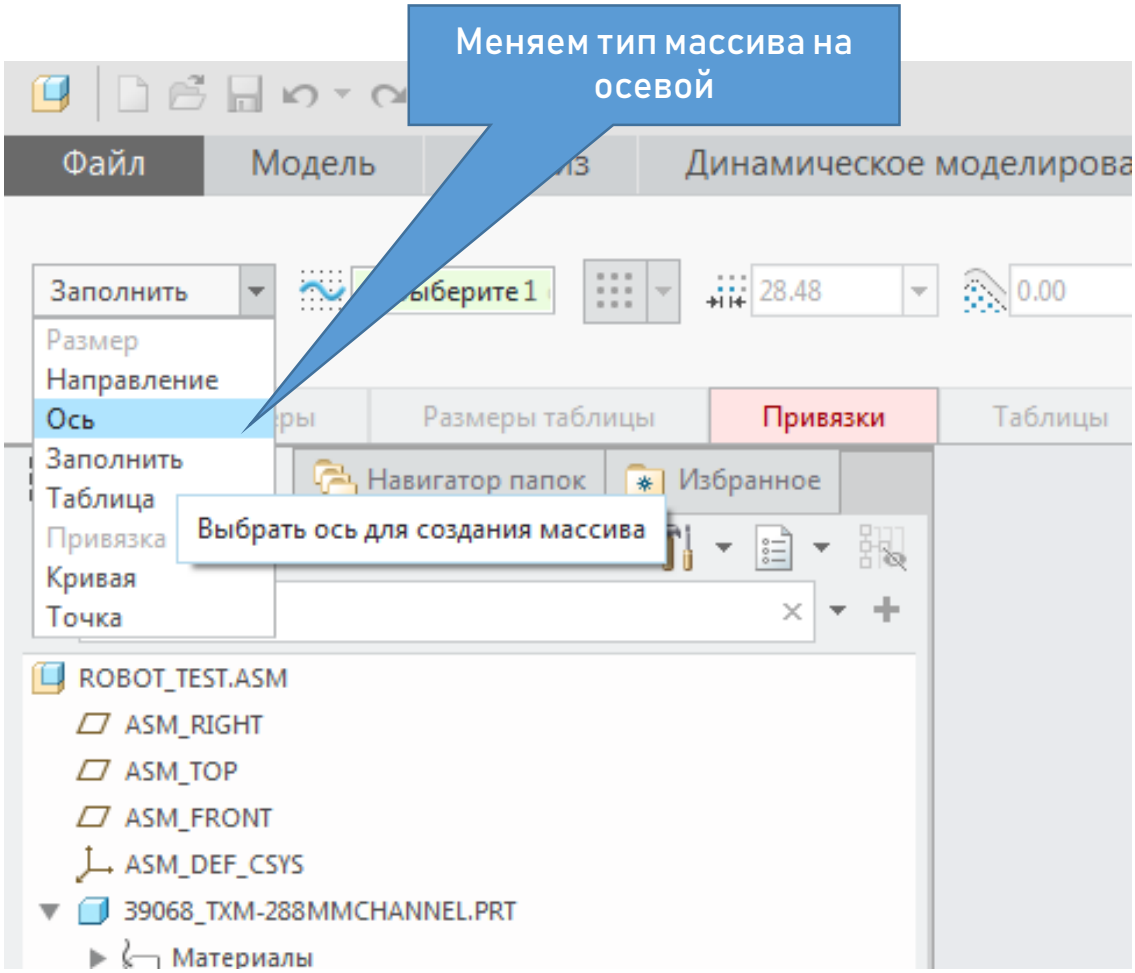

Выбираем указанную цилиндрическую поверхность и из контекстного меню выбираем Ось.
Ось
Создать опорную ось.

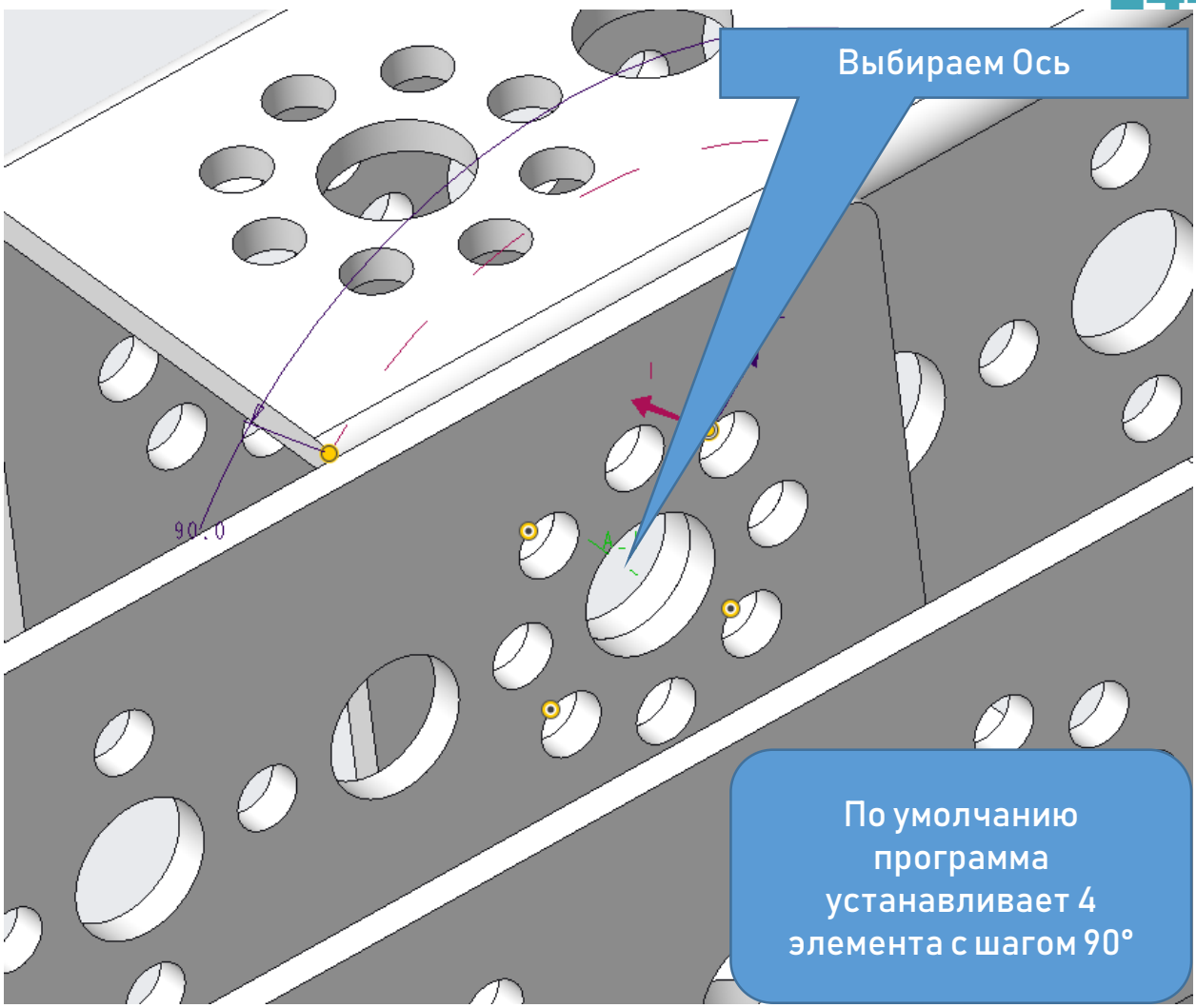
Выбираем указанную ось в модели построения и выбираем Показать
ASM_DEF_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
Материалы
Размещение
39068_TXM-288MMCHANNEL
элемент импорта id 69
A_1
Отменить
Вырезать
Копировать
Вставить
Удалить
Выбрать все

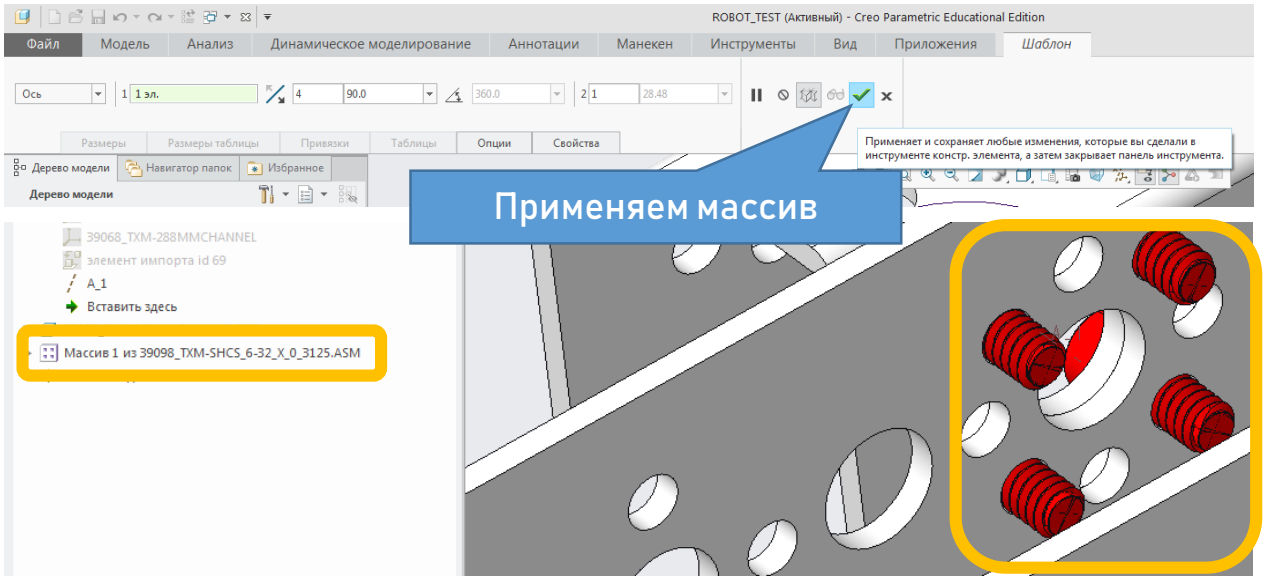

Включаем показ Осей
(Выбрать все)
Показ осей
Показ точек
Показ осей
Показать или скрыть оси опорного элемента.


Файл
Модель
Анализ
Аннотации
Инструменты
Вид
Гибкое модели
Регенерировать
Пользовательский констр. элемент
Копия геометрии
Облегчение
Плоскость
Ось
Точка
Система координат
Эскиз
Вытянуть
Операции
Получить данные
Опорный элемент
Дерево мод
Активируем файл сборки
Активировать
Активировать выбранную модель.
ROBOT_TEST.A
ASM_RIGHT
ASM_TOP
ASM_FRONT
ASM_DEF_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
Материалы
Размещение

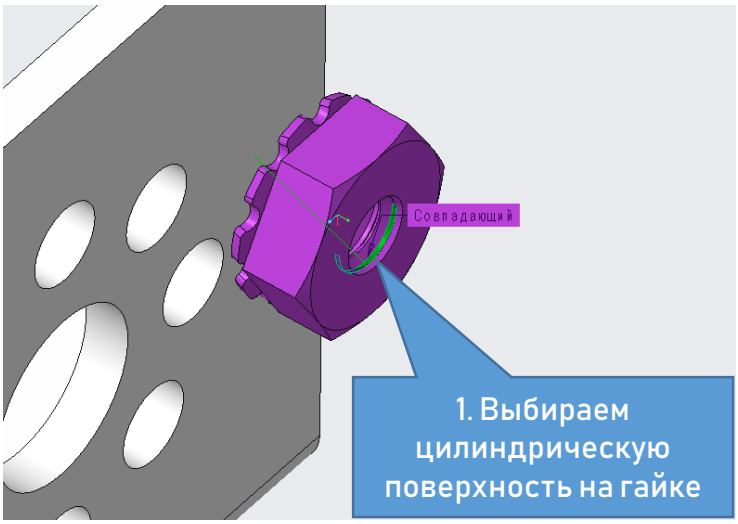

Дерево модели
Навигатор папок
Избранное
Дерево модели
ROBOT_TEST.ASM
ASM_RIGHT
ASM_TOP
ASM_FRONT
ASM_DEF_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
Материалы
Размещение
FRONT
TOP
RIGHT
DEFAULT_CSYS
A_1
Вставить здесь
39067_TXM-160MMCHANNEL.PRT
39098_TXM-SHCS_6-32_X_0_3125.ASM
Вставить здесь
Выбираем Болт и в контекстном меню выбираем Массив


Меняем тип массива на осевой
Файл
Модель
Динамическое моделирова
Заполнить
Размер
Направление
Ось
Заполнить
Таблица
Привязка
Кривая
Точка
28.48
0.00
Размеры таблицы
Привязки
Таблицы
Навигатор папок
Избранное
Выбрать ось для создания массива
ROBOT_TEST.ASM
ASM_RIGHT
ASM_TOP
ASM_FRONT
ASM_DEF_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
Материалы

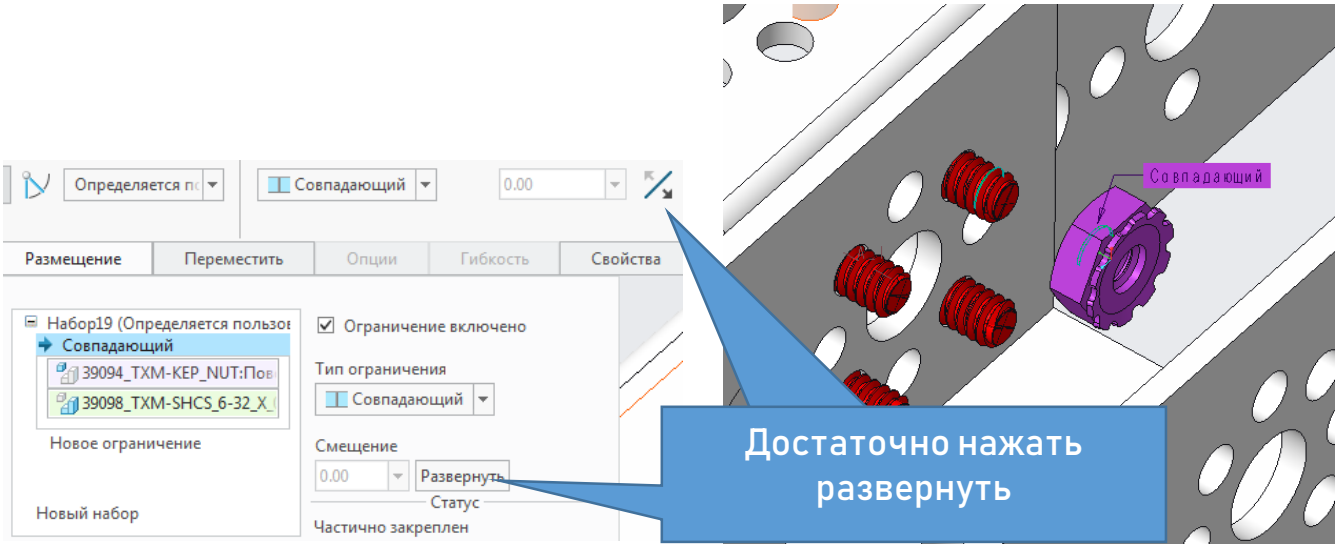

Выбираем Ось
90.0
По умолчанию программа устанавливает 4 элемента с шагом 90°


ROBOT_TEST (Активный) - Creo Parametric Educational Edition
Файл
Модель
Анализ
Динамическое моделирование
Аннотации
Манекен
Инструменты
Вид
Приложения
Шаблон
Ось
1 эл.
4
90.0
360.0
2
1
28.48
Размеры
Размеры таблицы
Привязки
Таблицы
Опции
Свойства
Применяет и сохраняет любые изменения, которые вы сделали в инструменте констр. элемента, а затем закрывает панель инструмента.
Дерево модели
Навигатор папок
Избранное
Дерево модели
Применяем массив
39068_TXM-288MMCHANNEL
элемент импорта id 69
A_1
Вставить здесь
Массив 1 из 39098_TXM-SHCS_6-32_X_0_3125.ASM

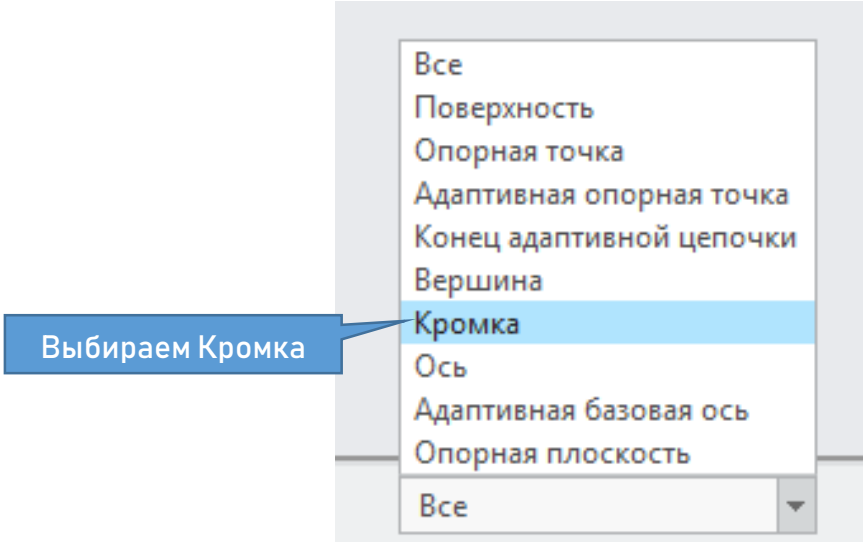
Аналогичным образом устанавливаем гайки. Сначала закрепляем одну из них, затем выполняем массив.

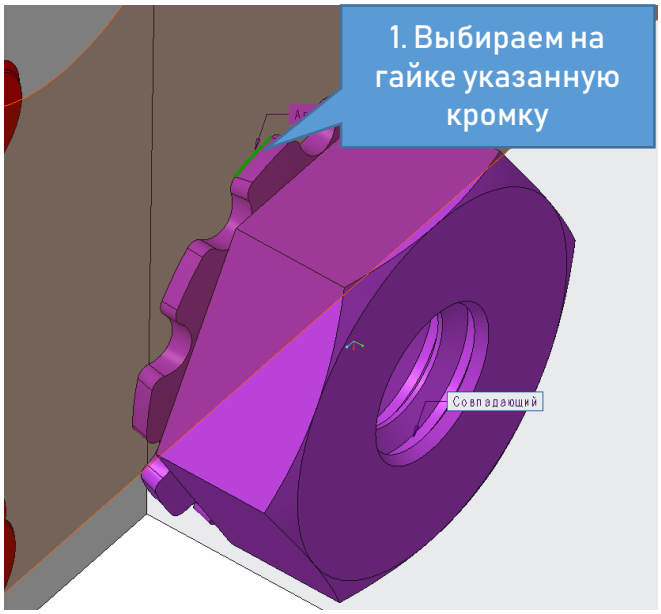


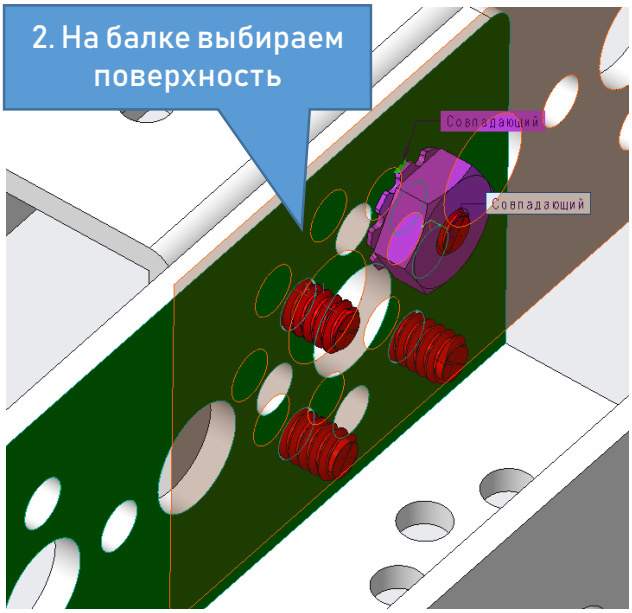
Если гайка сориентирована неверно (см. рис. ниже), то необходимо развернуть гайку.



Далее в левом нижнем углу экрана

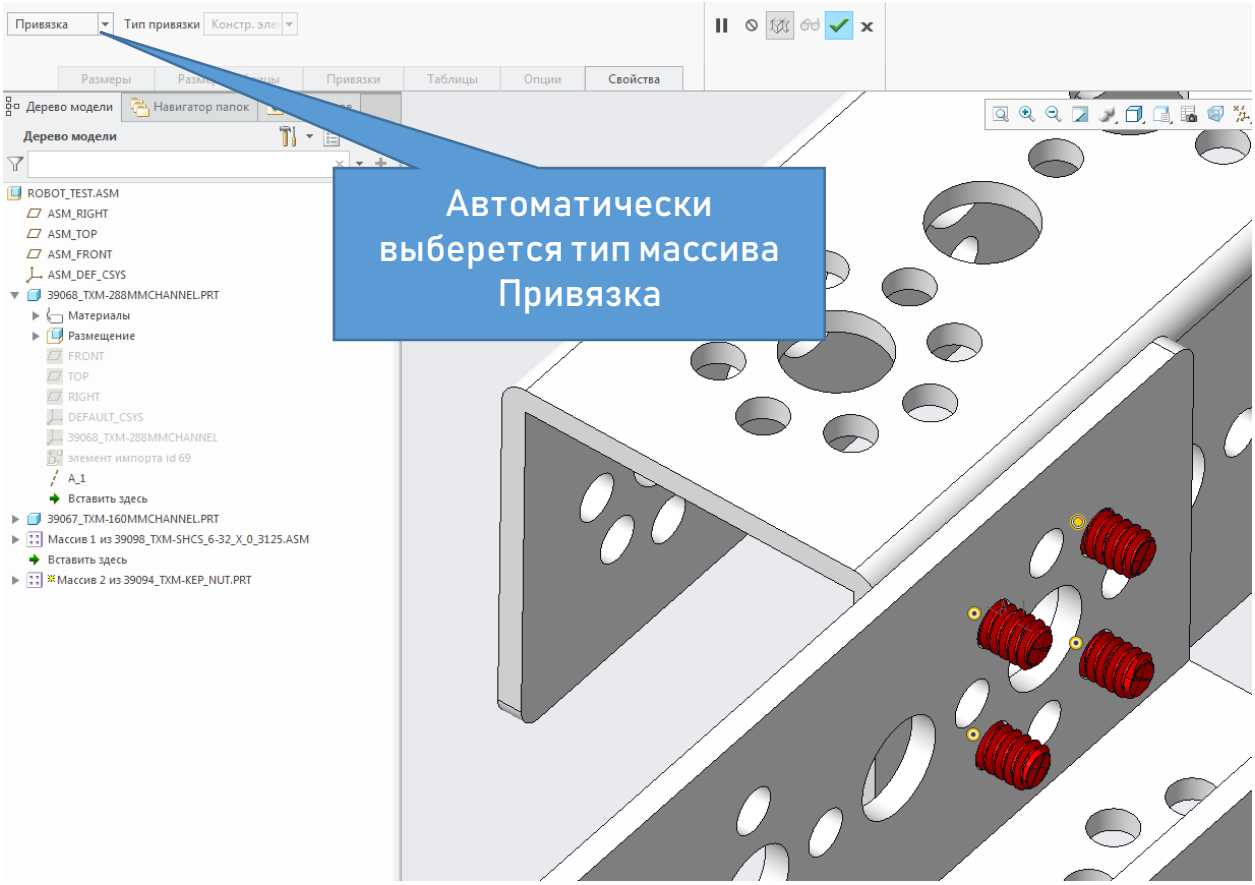


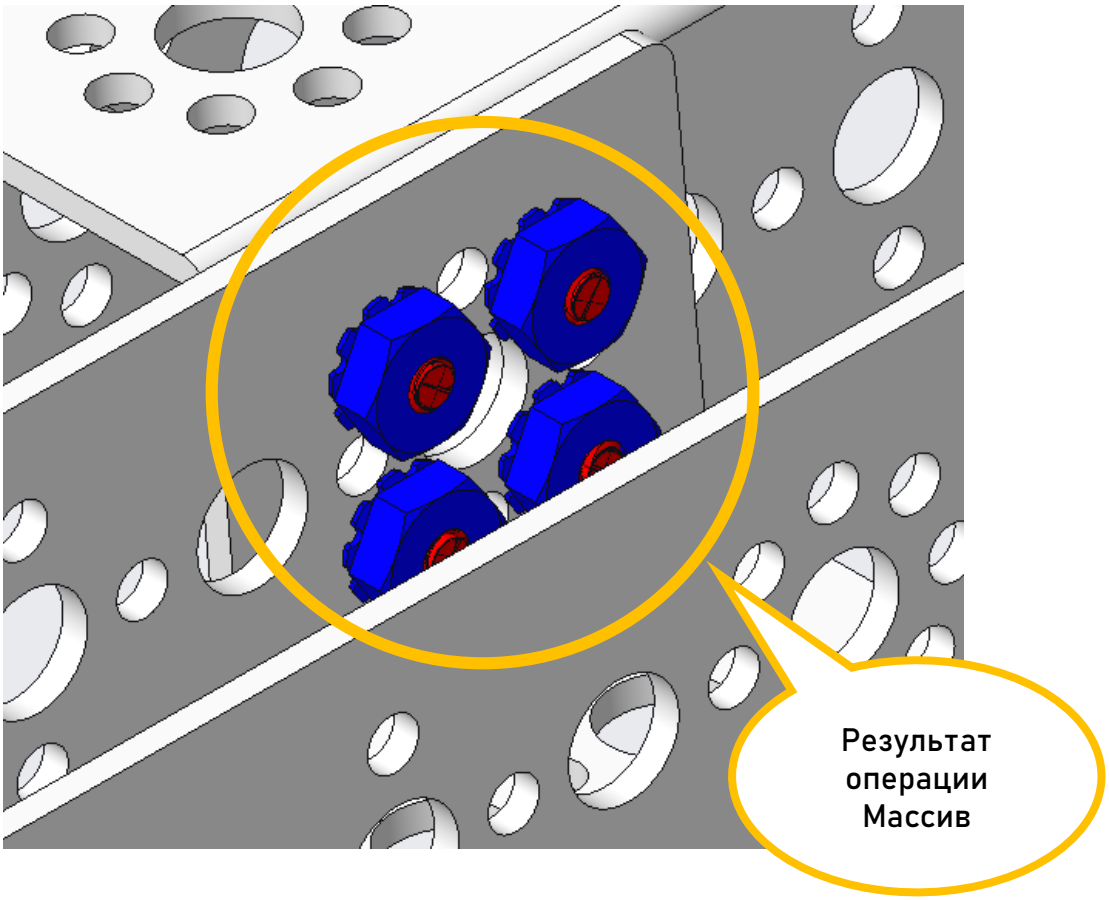




Принимаем закрепление.

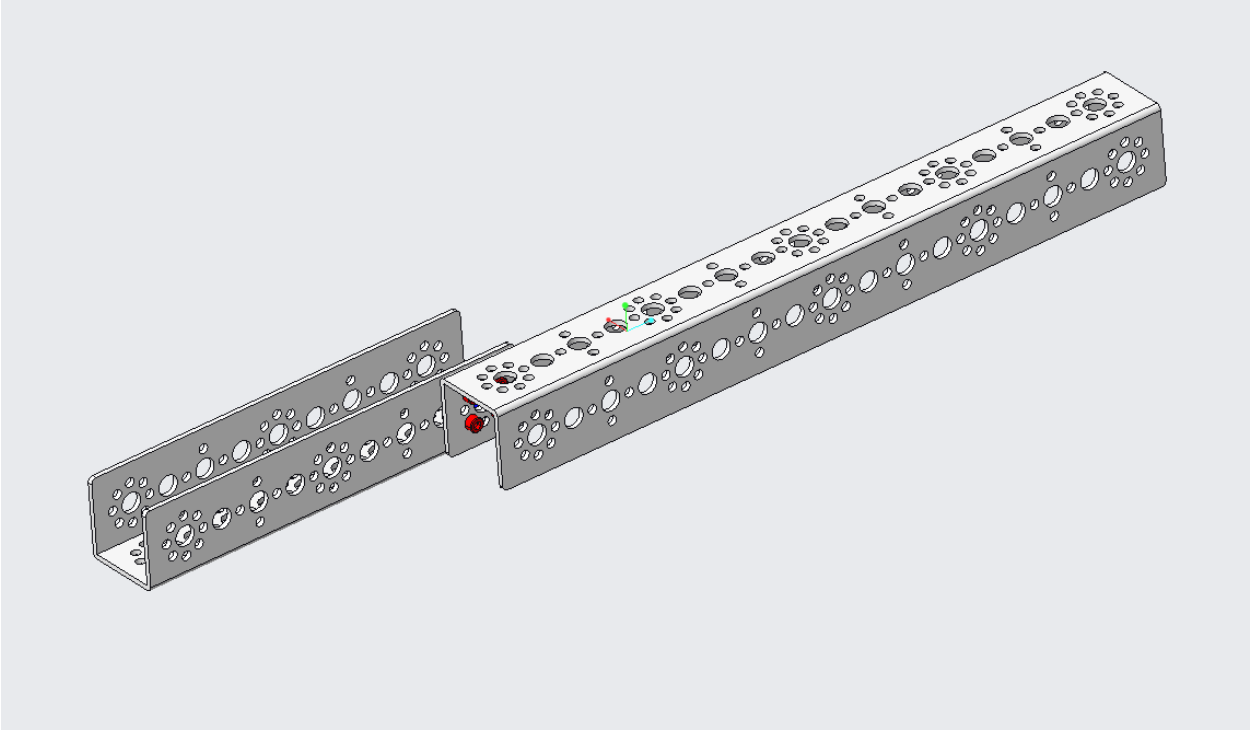
Далее строим массив элементов (гаек). Программа автоматически предложит создать массив с типом Привязка – соглашаемся и принимаем операцию.


Привязка
Тип привязки
Размеры
Привязки
Таблицы
Опции
Свойства
Дерево модели
Навигатор папок
Дерево модели
ROBOT_TEST.ASM
ASM_RIGHT
ASM_TOP
ASM_FRONT
ASM_DEF_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
Материалы
Размещение
FRONT
TOP
RIGHT
DEFAULT_CSYS
39068_TXM-288MMCHANNEL
элемент импорта id 69
A_1
Вставить здесь
39067_TXM-160MMCHANNEL.PRT
Массив 1 из 39098_TXM-SHCS_6-32_X_0_3125.ASM
Вставить здесь
Массив 2 из 39094_TXM-KEP_NUT.PRT
Автоматически выберется тип массива Привязка

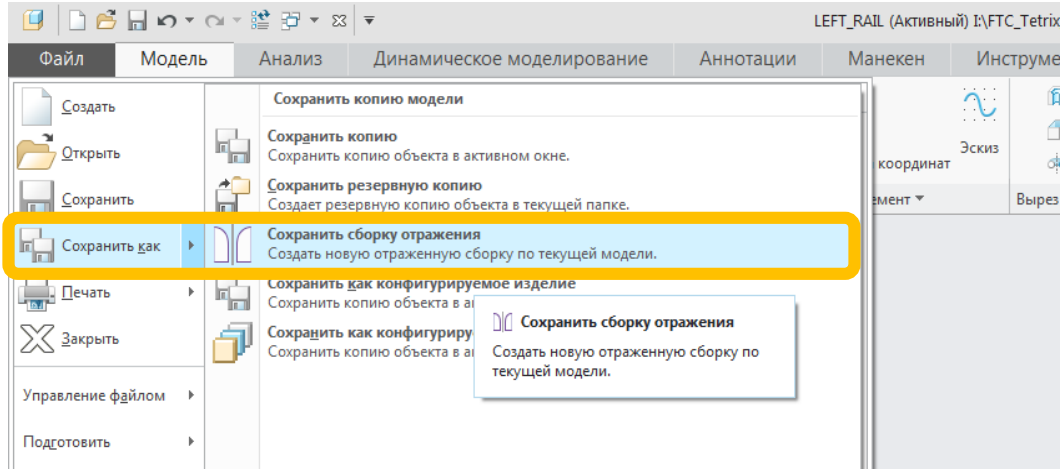

Результат операции Массив

СОЗДАНИЕ ПРАВОЙ РЕЙКИ. ОТРАЖЕНИЕ

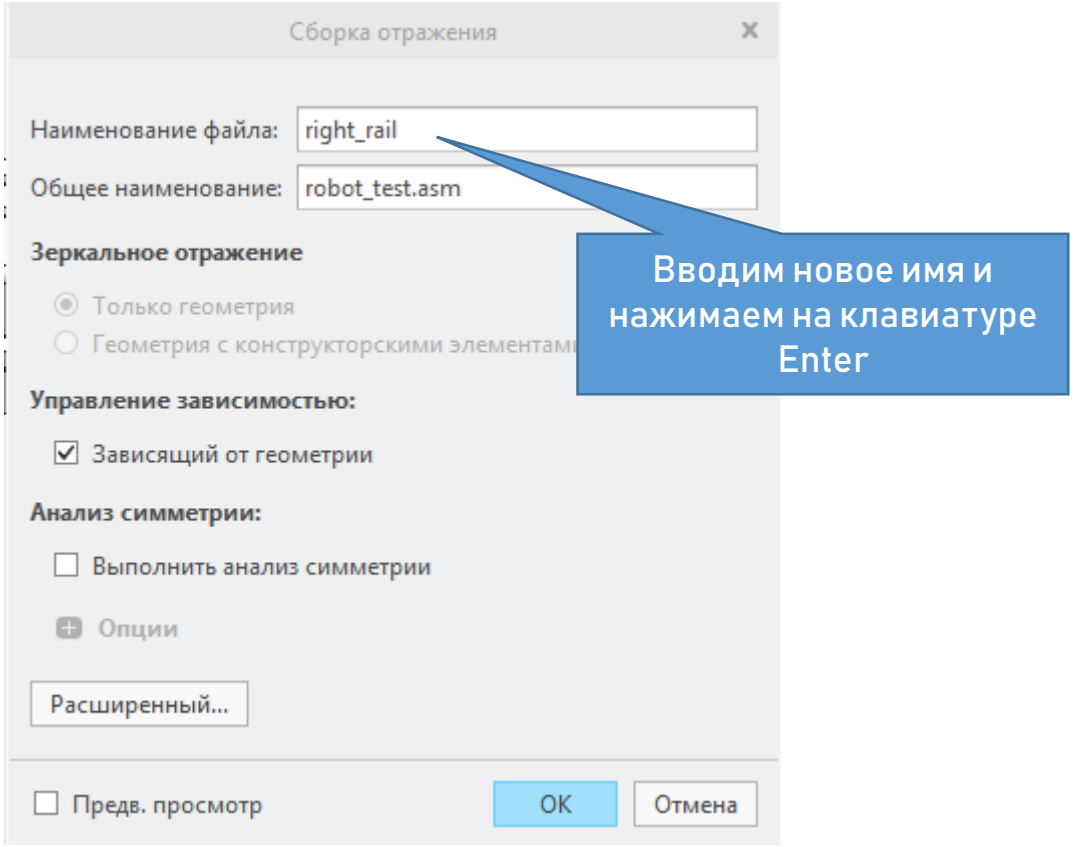
Вы может собрать Правую рейку аналогично Левой, а можно воспользоваться отражением данной подсборки[4].

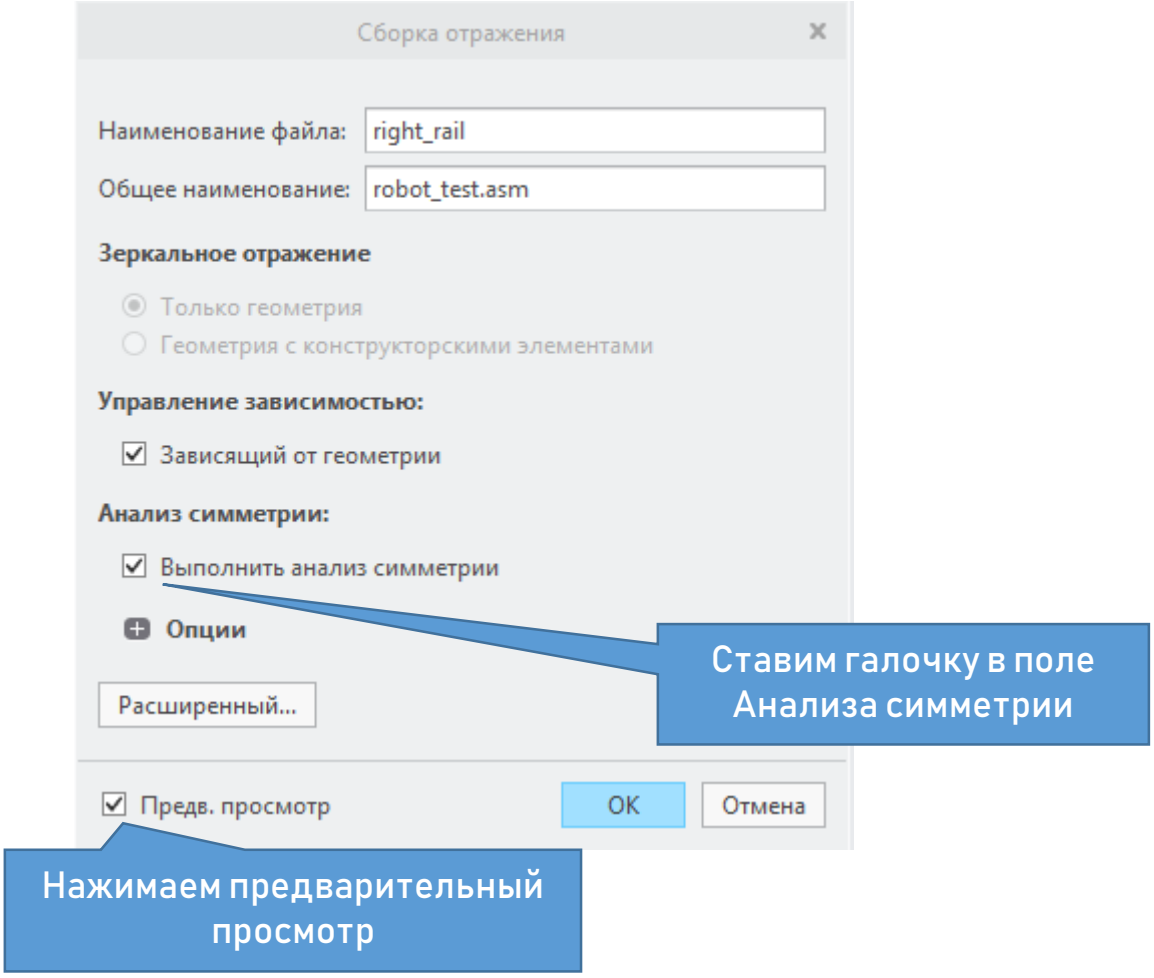


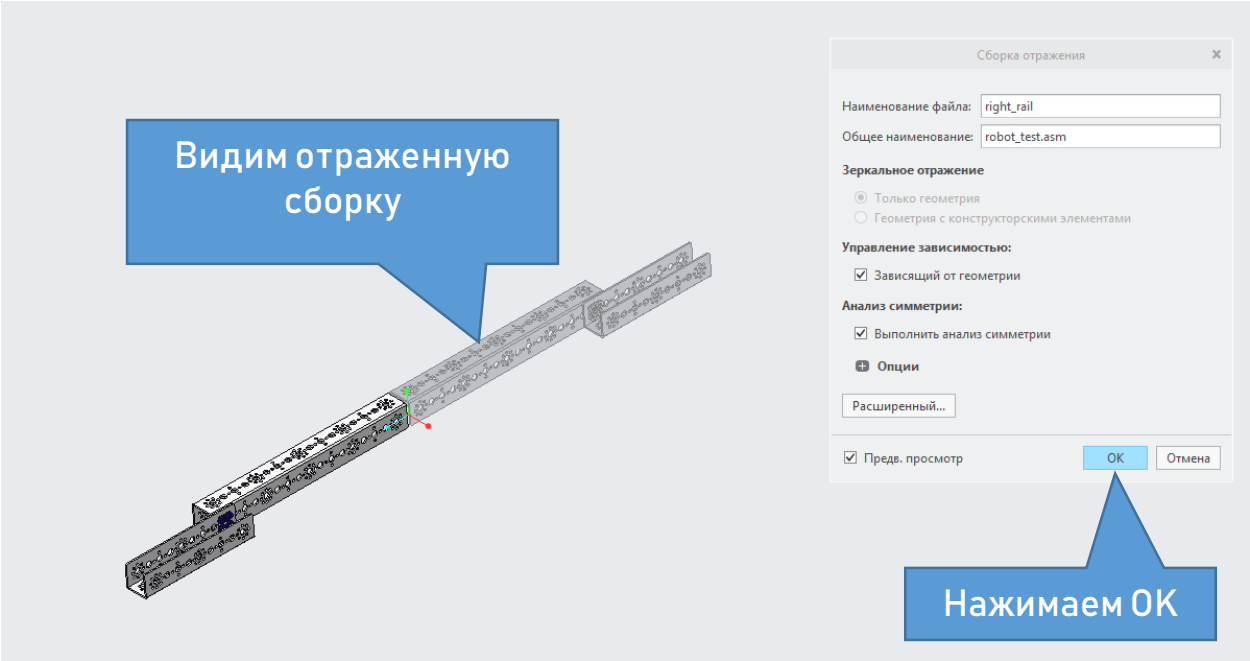
Воспользуемся операцией Сохранить сборку отражения, для этого в меню выбираем Файл – Сохранить как- Сохранить сборку отражения

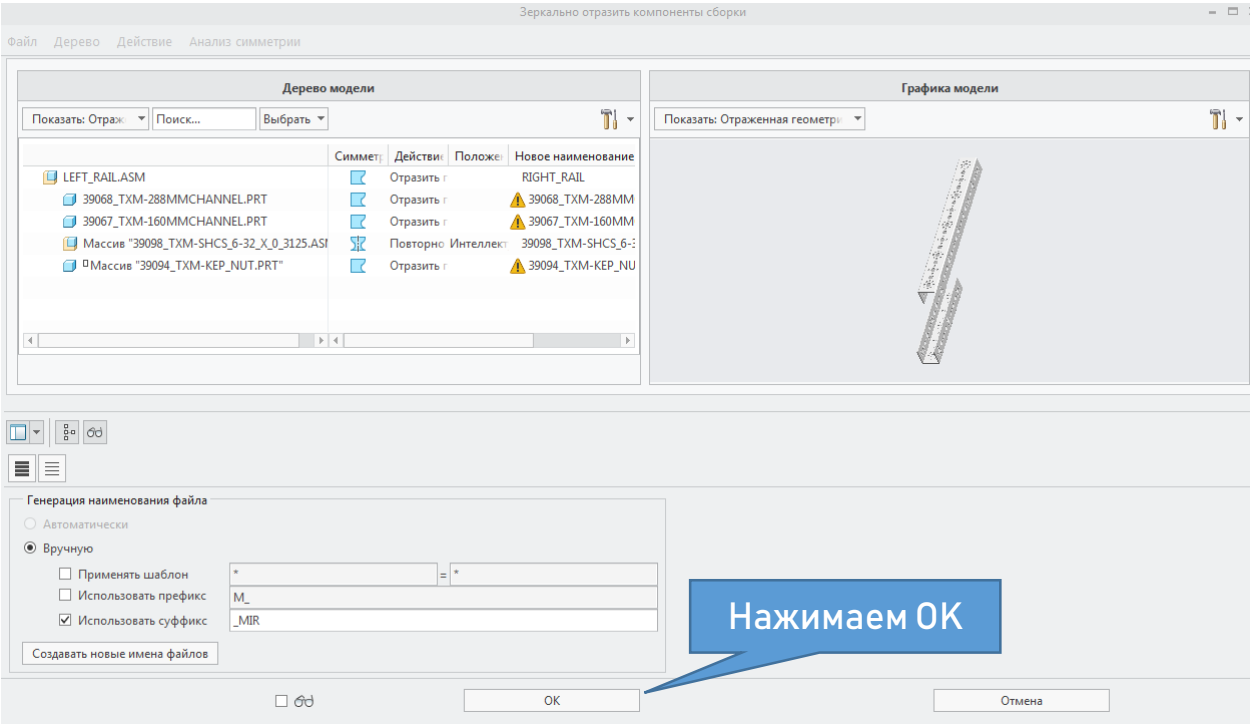


[4] Одним из минусов данной процедуры, станет суффикс в названии файлов (т.е. у нас будет одна и та же деталь с разными наименованиями), что будет мешать, например, при создании спецификации.


Сборка отражения
Наименование файла:
right_rail
Общее наименование:
robot_test.asm
Зеркальное отражение
Только геометрия
Геометрия с конструкторскими элементами
Управление зависимостью:
Зависящий от геометрии
Анализ симметрии:
Выполнить анализ симметрии
Опции
Расширенный...
Предв. просмотр
OK
Отмена
Вводим новое имя и нажимаем на клавиатуре Enter


Сборка отражения
Наименование файла:
right_rail
Общее наименование:
robot_test.asm
Зеркальное отражение
Только геометрия
Геометрия с конструкторскими элементами
Управление зависимостью:
Зависящий от геометрии
Анализ симметрии:
Выполнить анализ симметрии
Опции
Расширенный...
Предв. просмотр
OK
Отмена
Ставим галочку в поле Анализа симметрии
Нажимаем предварительный просмотр


Видим отраженную сборку
Сборка отражения
Наименование файла: right_rail
Общее наименование: robot_test.asm
Зеркальное отражение
Только геометрия
Геометрия с конструкторскими элементами
Управление зависимостью:
Зависящий от геометрии
Анализ симметрии:
Выполнить анализ симметрии
Опции
Расширенный...
Предв. просмотр
OK
Отмена
Нажимаем OK


Зеркально отразить компоненты сборки
Файл
Дерево
Действие
Анализ симметрии
Дерево модели
Показать: Отраж
Поиск...
Выбрать
Симметр
Действие
Положе
Новое наименование
LEFT_RAIL.ASM
RIGHT_RAIL
39068_TXM-288MMCHANNEL.PRT
39068_TXM-288MM
39067_TXM-160MMCHANNEL.PRT
39067_TXM-160MM
Массив "39098_TXM-SHCS_6-32_X_0_3125.ASI
Повторно
Интеллект
39098_TXM-SHCS_6-
Массив "39094_TXM-KEP_NUT.PRT"
Отразить
39094_TXM-KEP_NU
Графика модели
Показать: Отраженная геометри
Генерация наименования файла
Автоматически
Вручную
Применять шаблон
Использовать префикс
M_
Использовать суффикс
_MIR
Создавать новые имена файлов
OK
Отмена
Нажимаем OK

СОЕДИНЕНИЕ РЕЕК

Нам понадобятся следующие детали:

39070 - 288 mm flat bar (1)

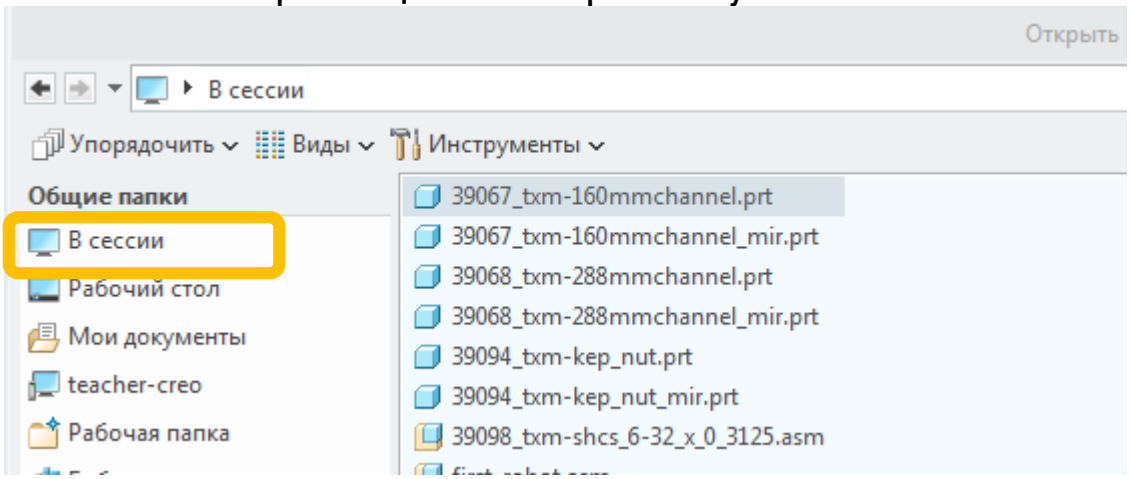
39097 - 1/2" socket head cap screws (4)

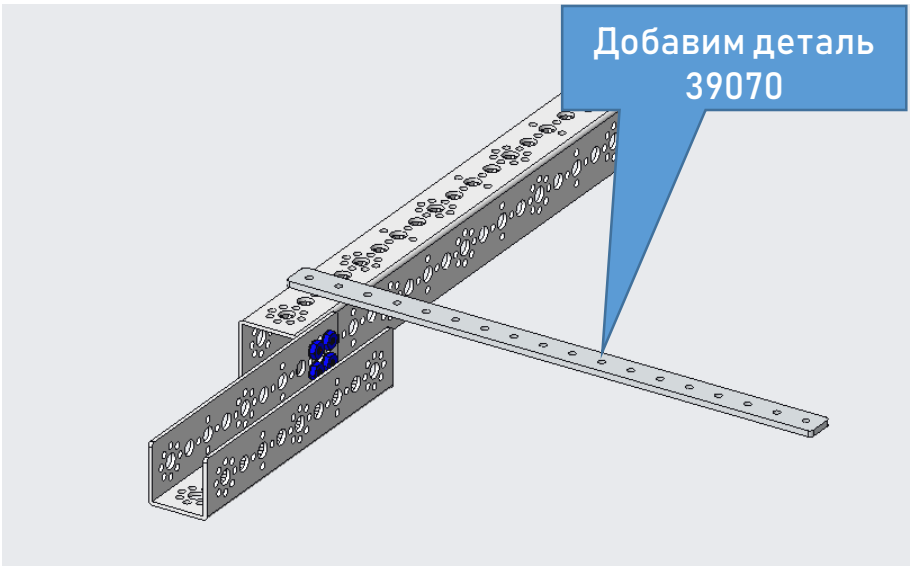
39094 - keps nuts (4)

Создадим новую сборку с именем: First_Robot

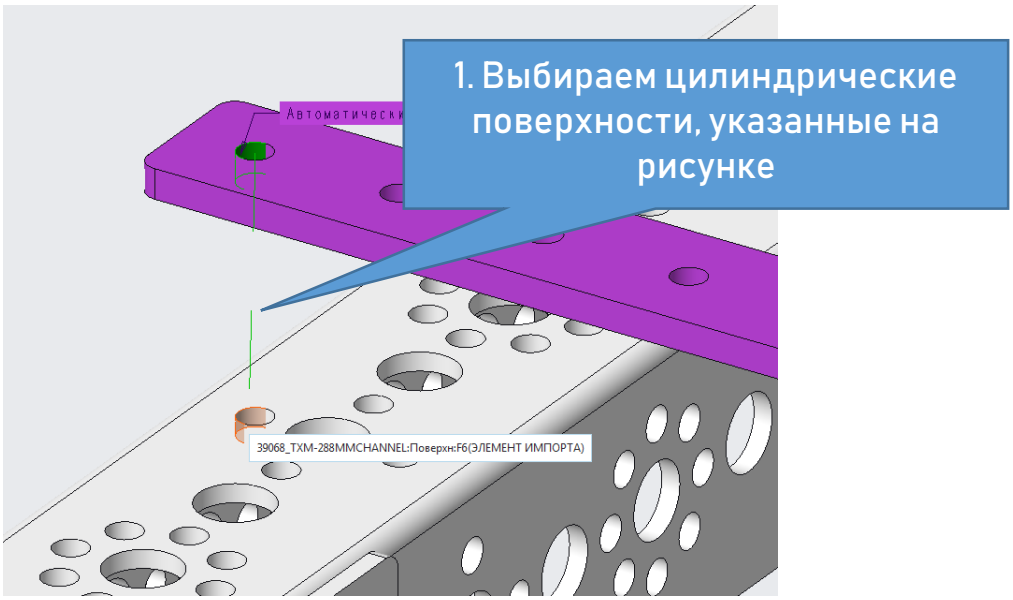
В сборке на вкладке Модель кликаем Собрать (или на клавиатуре A), в открывшемся диалоговом окне выбираем В сессии[5], далее выбираем left_rail.asm.

В качестве размещения выбираем По умолчанию.

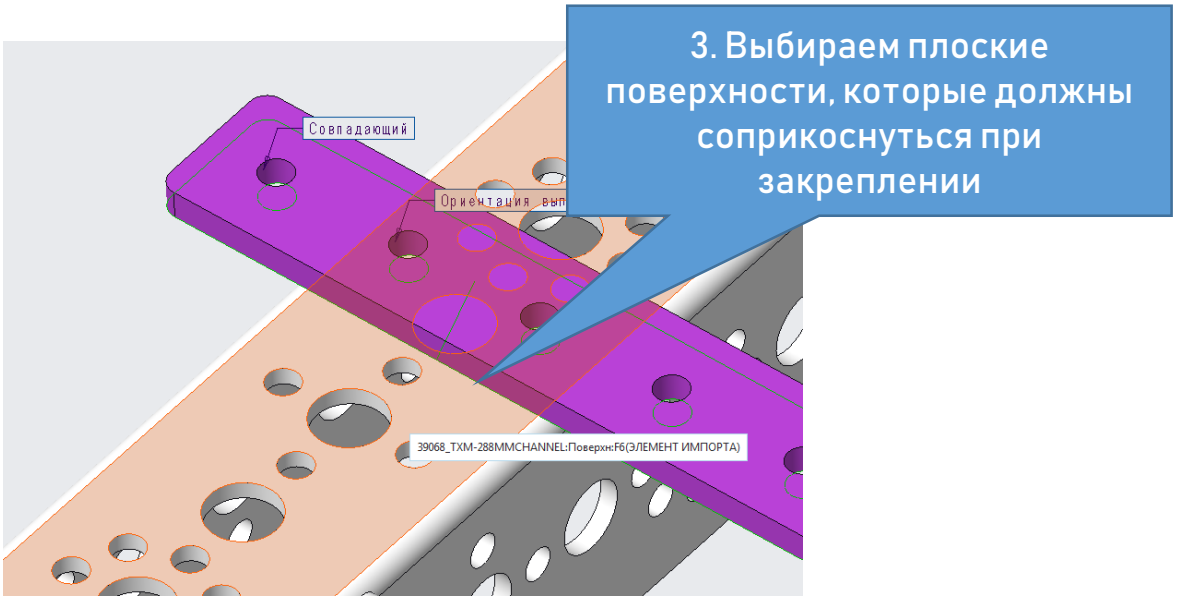


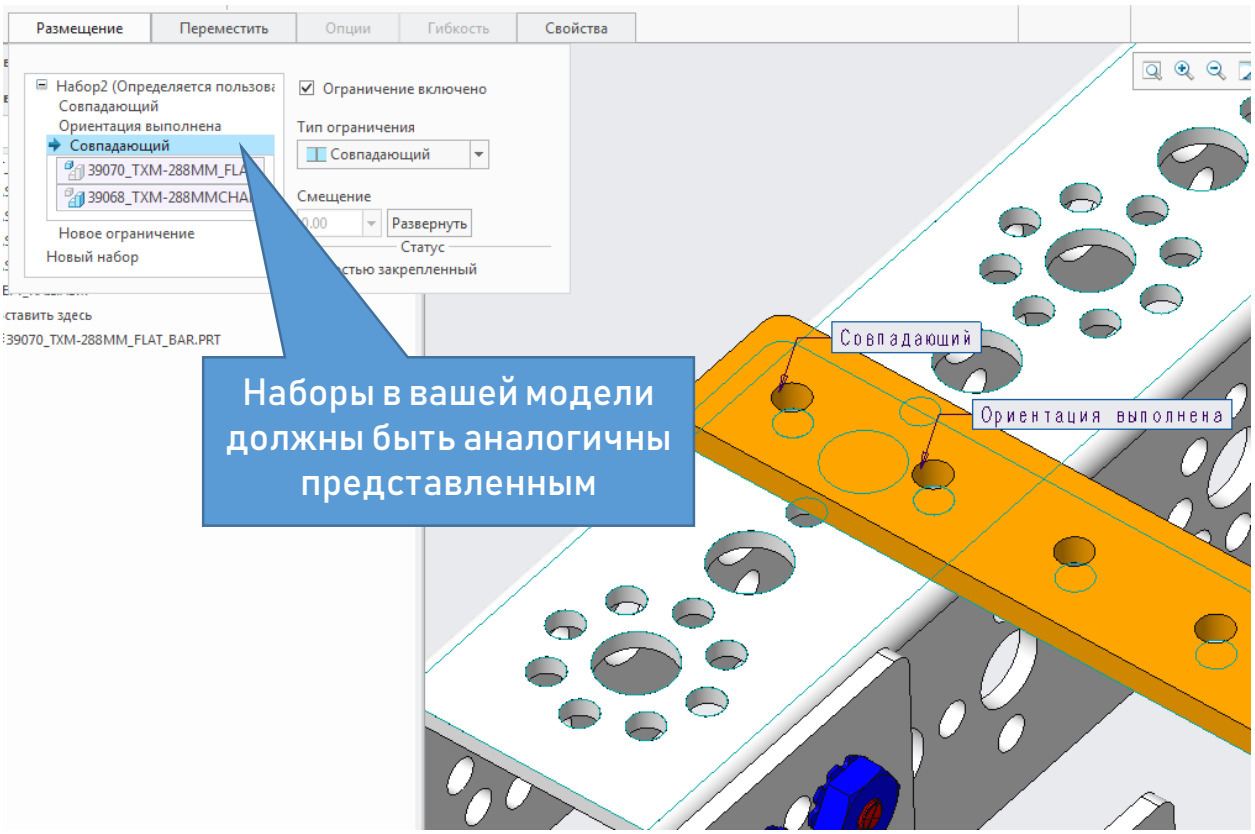


[5] В сессии находятся все детали и подсборки, созданные или открытые вами в данном сеансе.

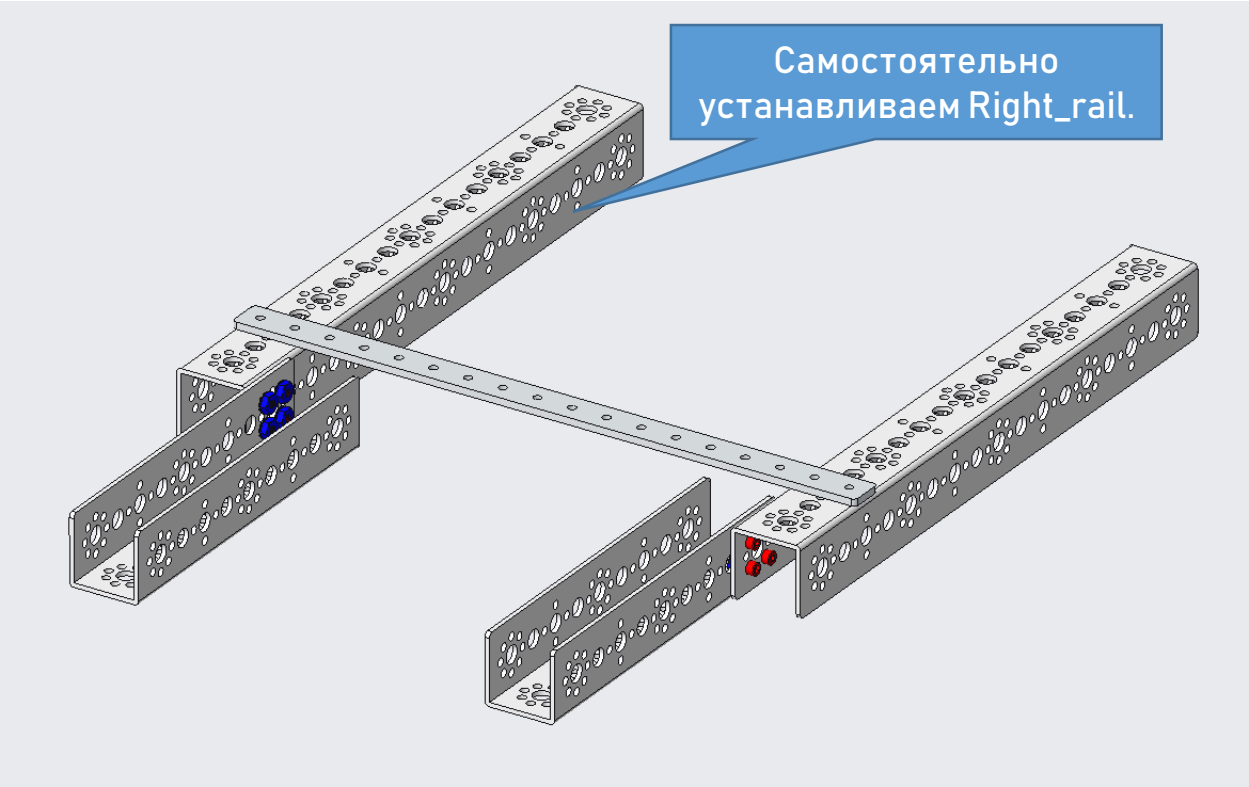

1. Выбираем цилиндрические поверхности, указанные на рисунке
39068_TXM-288MMCHANNEL:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ ИМПОРТА)

2. Выбираем 2-м ограничением цилиндрические поверхности, указанные на рисунке
Совпадающий
39068_TXM-288MMCHANNEL:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ ИМПОРТ


3. Выбираем плоские поверхности, которые должны соприкоснуться при закреплении
Совпадающий
39068_TXM-288MMCHANNEL:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ ИМПОРТА)

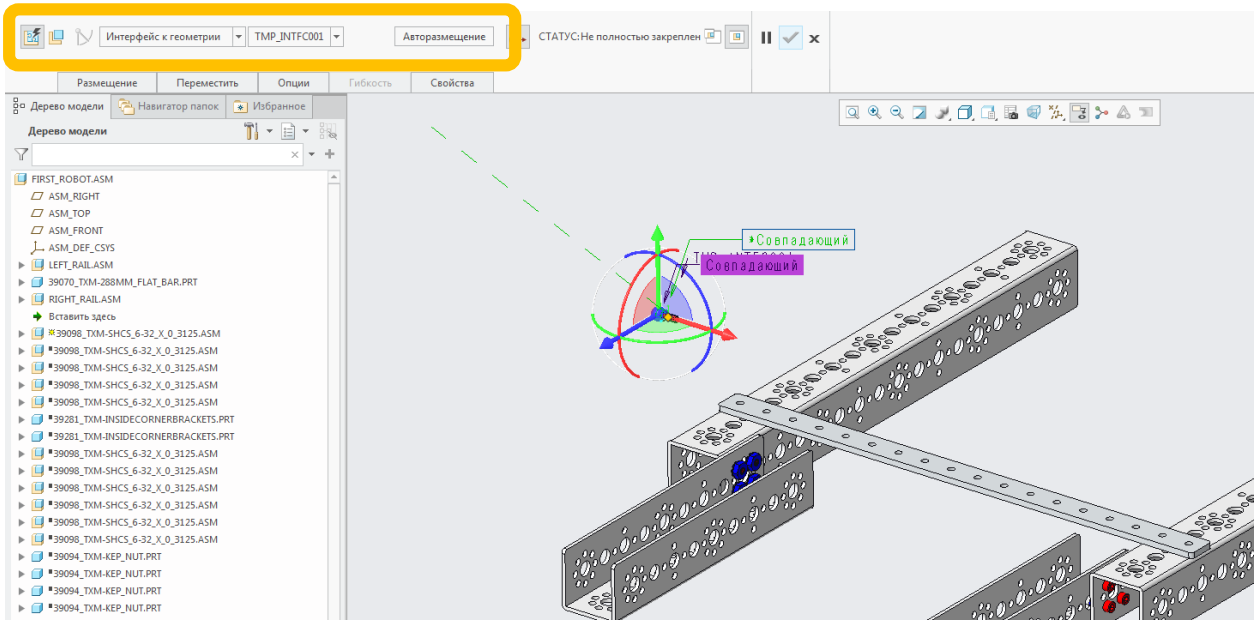


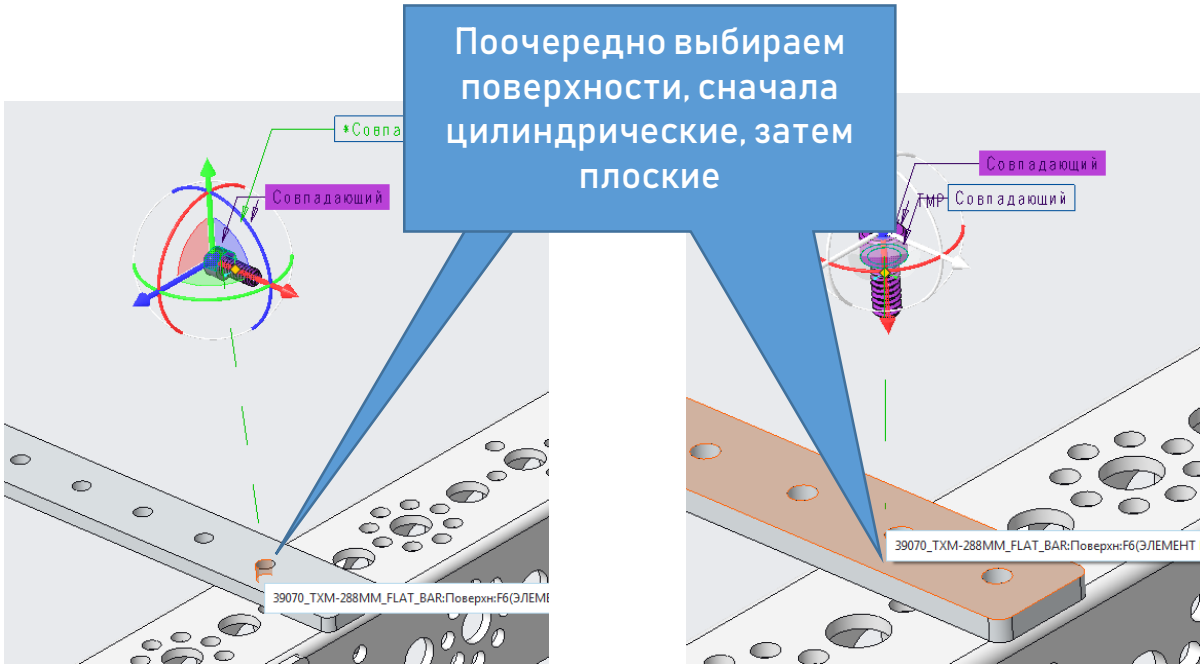
Принимаем закрепление.

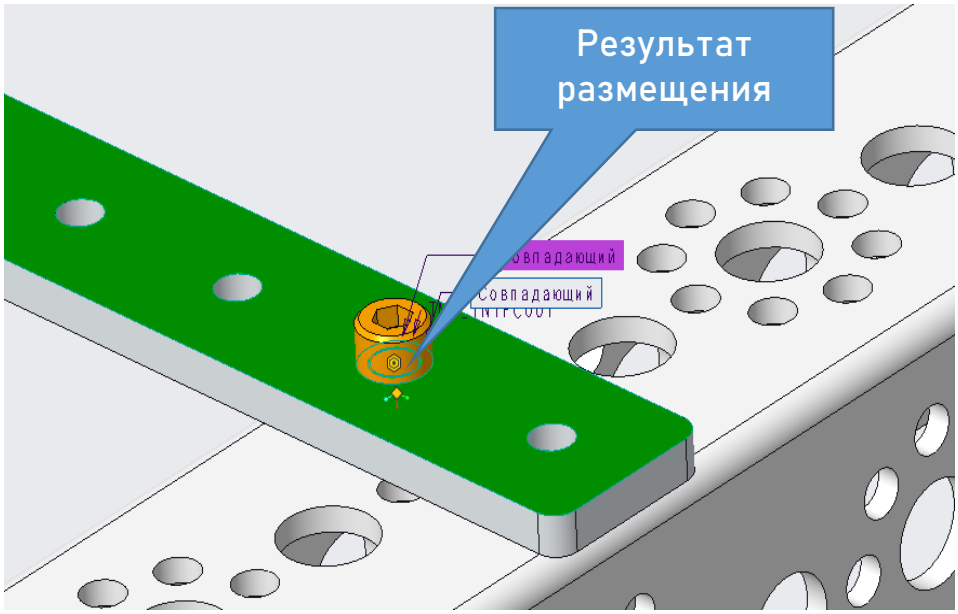


Далее фиксируем деталь 39070 с помощью крепежной группы:
39097 - 1/2" socket head cap screws (4)
39094 - keps nuts (4)

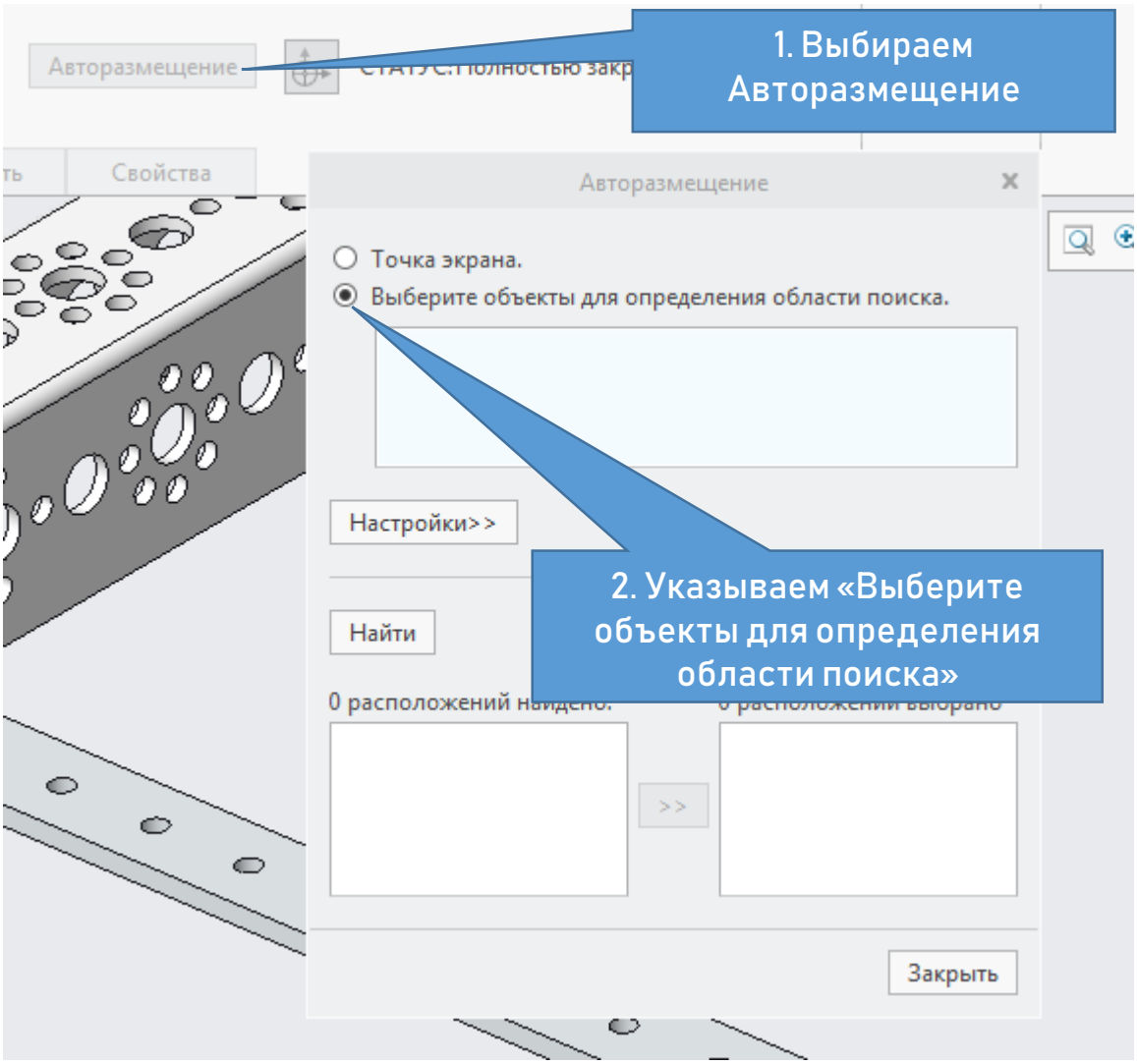
Обратите внимание, что элемент, повторно добавляемый в сборку через команду Собрать (A), будет иметь привязки, которые вы ранее использовали. Это позволяет размещать компоненты в сборку еще быстрее, т.к. вам необходимо указывать лишь области привязок на компоненте размещения.

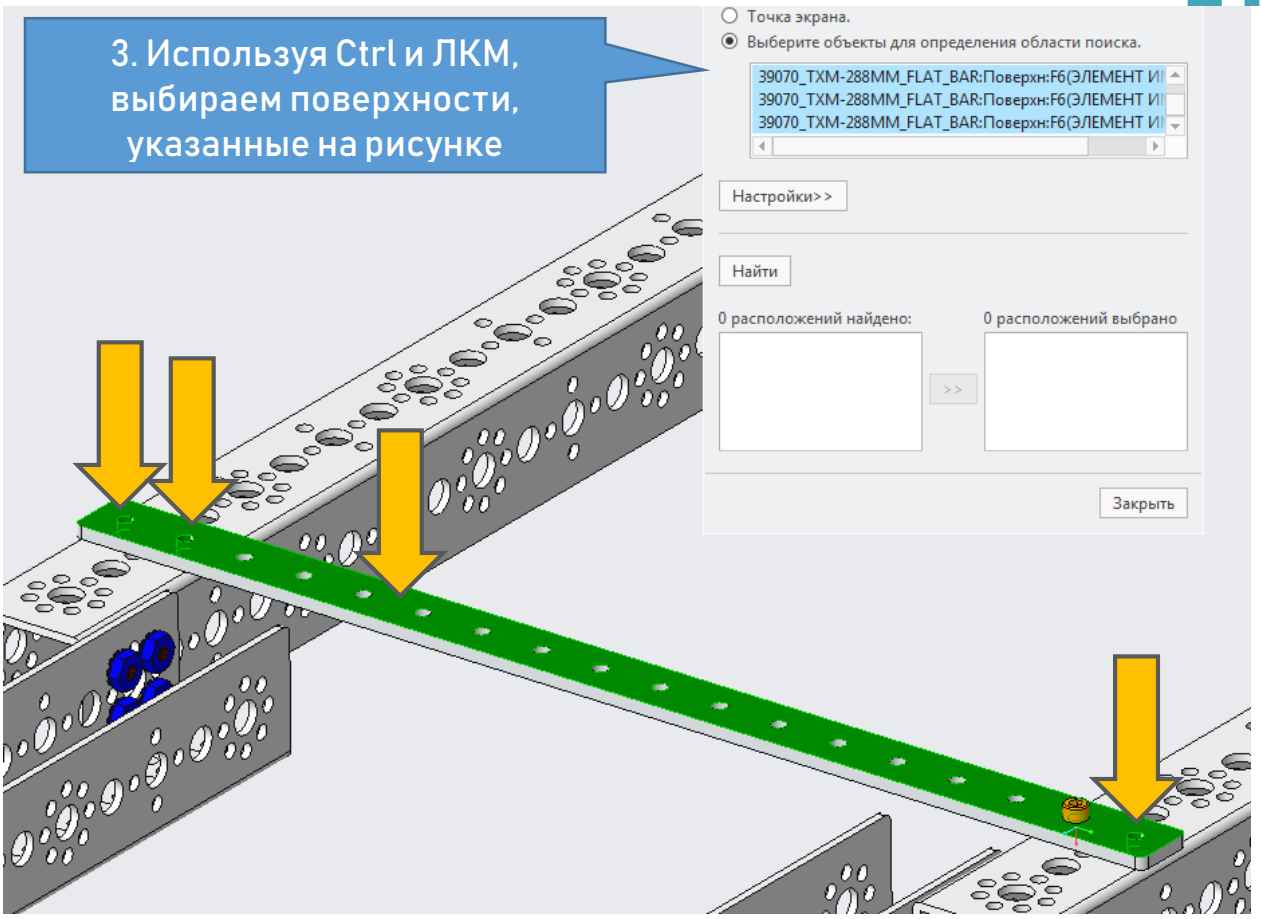


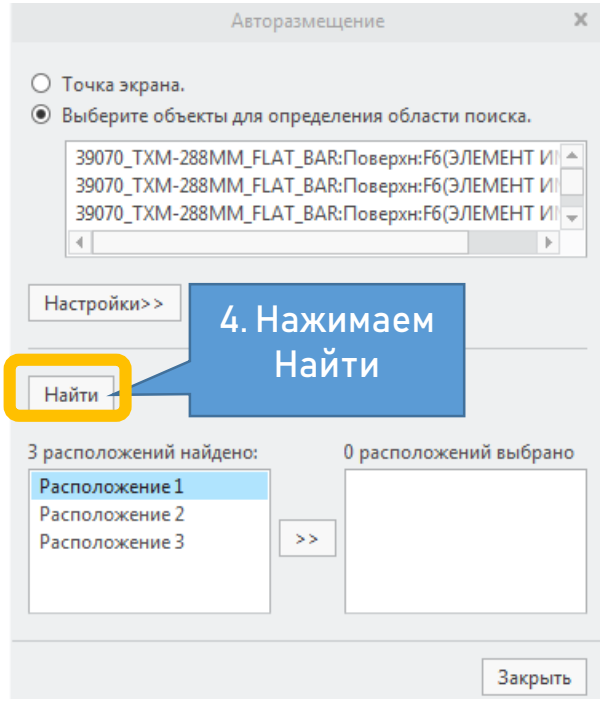


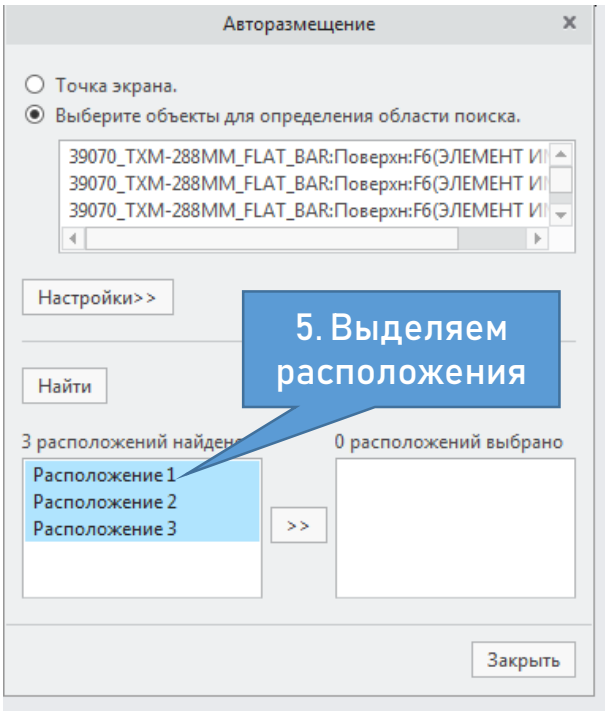


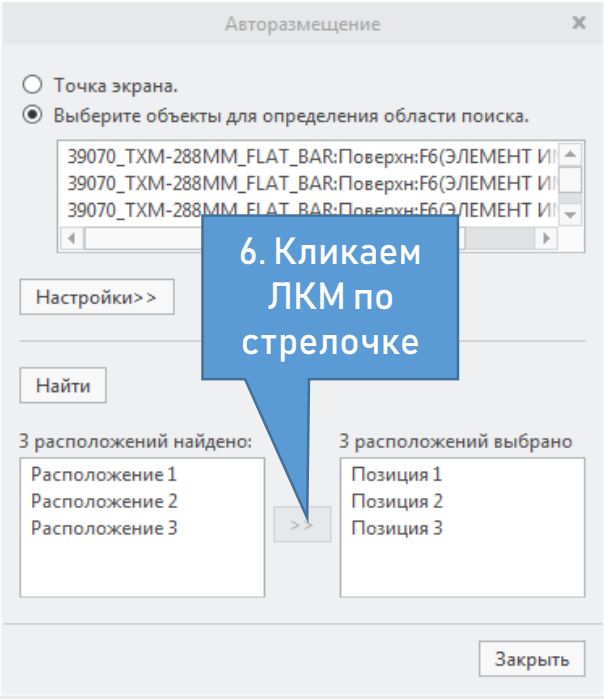
АВТОРАЗМЕЩЕНИЕ КОМПОНЕНТОВ

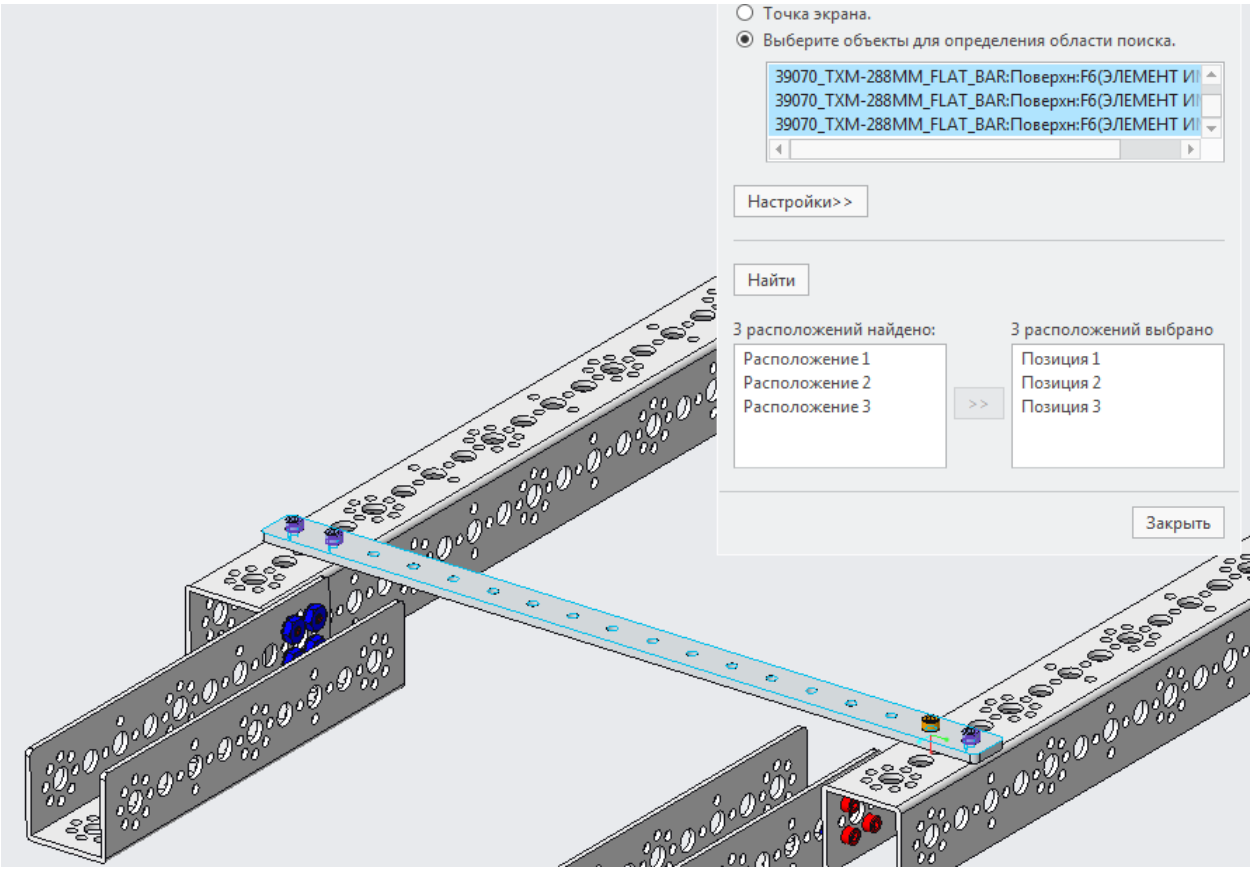



3. Используя Ctrl и ЛКМ, выбираем поверхности, указанные на рисунке
Точка экрана.
Выберите объекты для определения области поиска.
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
Настройки>>
Найти
0 расположений найдено:
0 расположений выбрано
>>
Закрыть


Авторазмещение
Точка экрана.
Выберите объекты для определения области поиска.
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
Настройки>>
4. Нажимаем Найти
Найти
3 расположений найдено:
0 расположений выбрано
Расположение 1
Расположение 2
Расположение 3
>>
Закрыть


Авторазмещение
Точка экрана.
Выберите объекты для определения области поиска.
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
39070_TXM-288MM_FLAT_BAR:Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ И
Настройки>>
5. Выделяем расположения
Найти
0 расположений выбрано
Расположение 1
Расположение 2
Расположение 3
>>
Закрыть





ПРИМИТЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

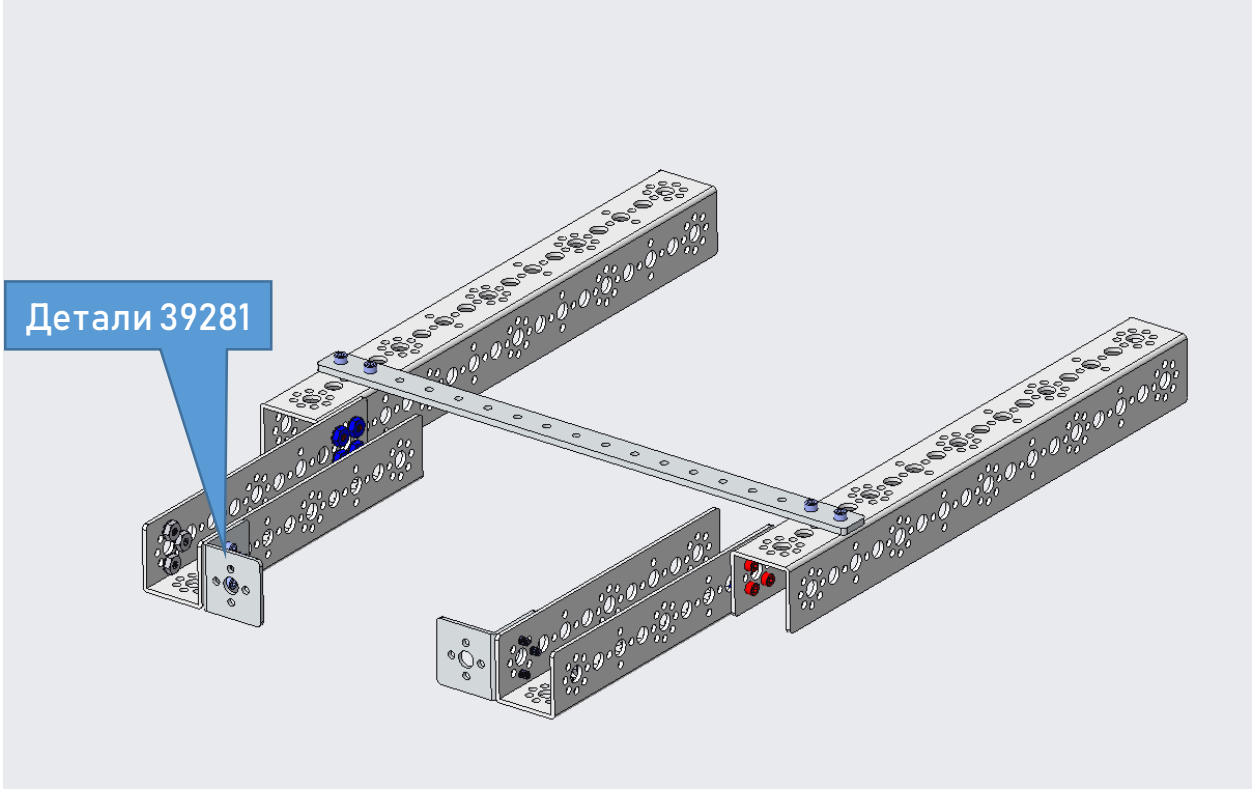
Самостоятельно разместите гайки (39094).

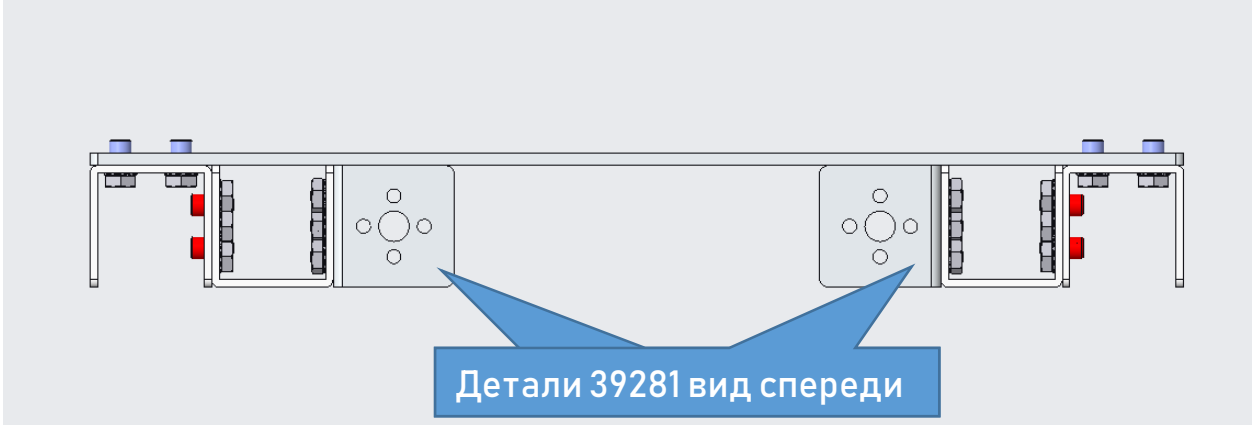
Добавляем детали:

39281 - inside corner bracket (2)

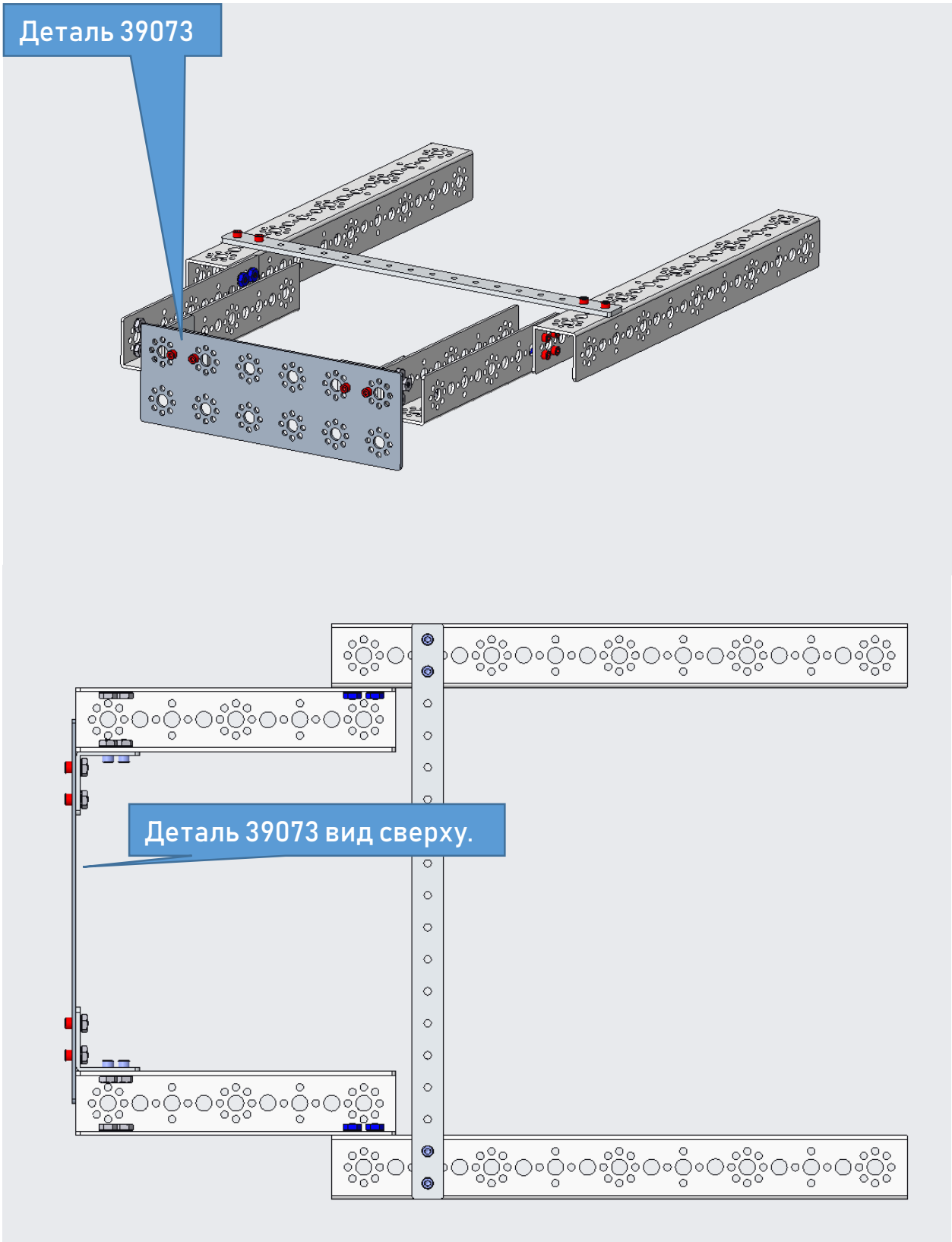
39098 - 5/16" socket head cap screws (6)

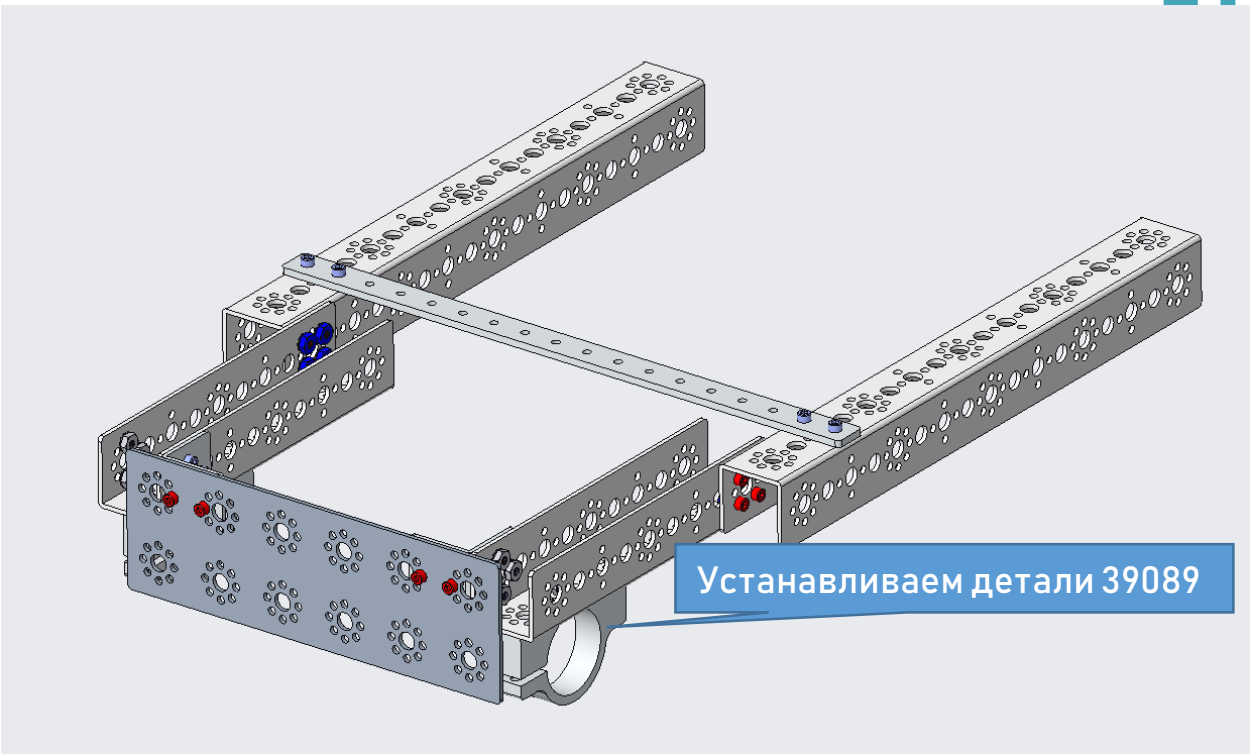
39094 - keps nuts (6)

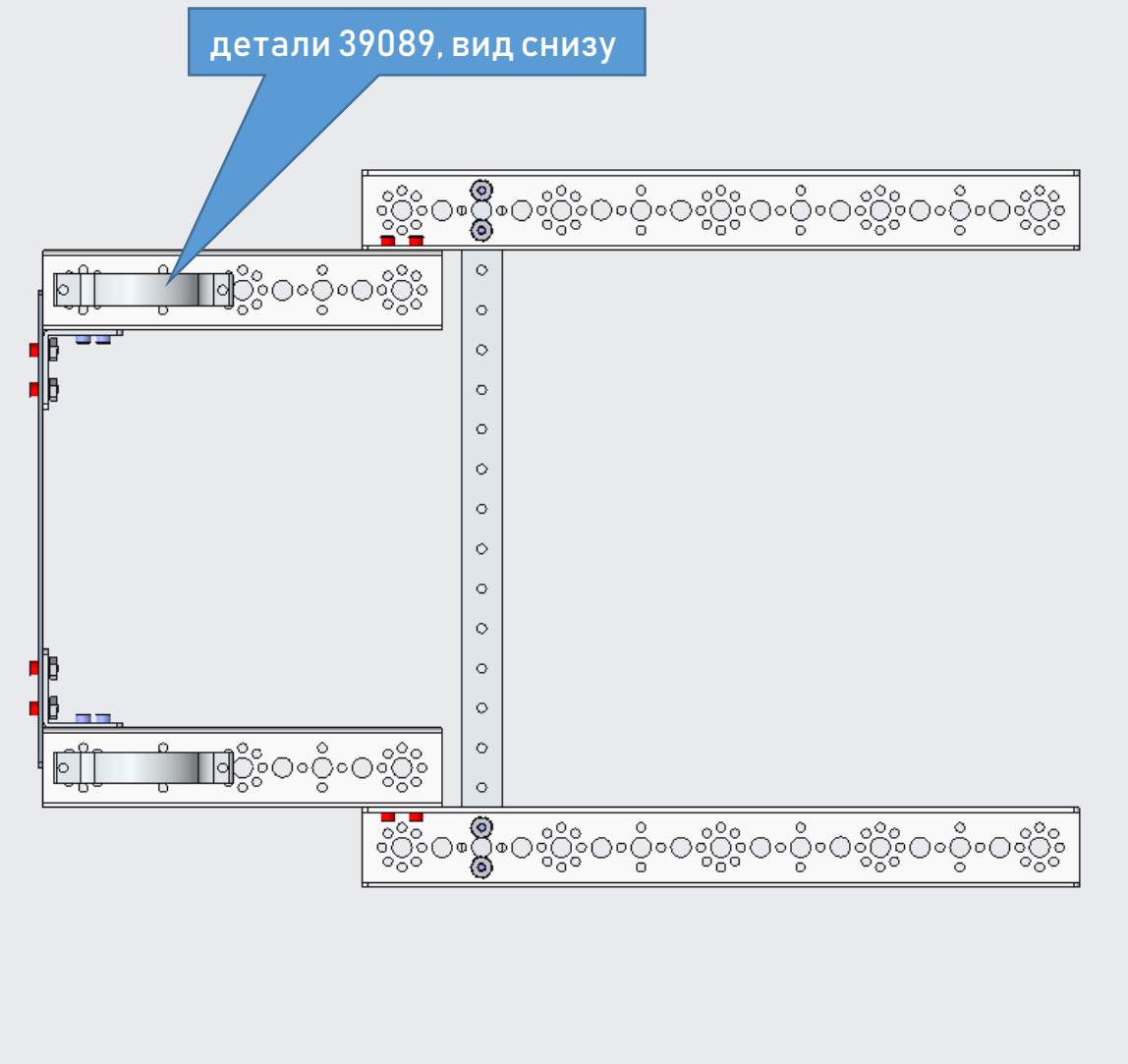




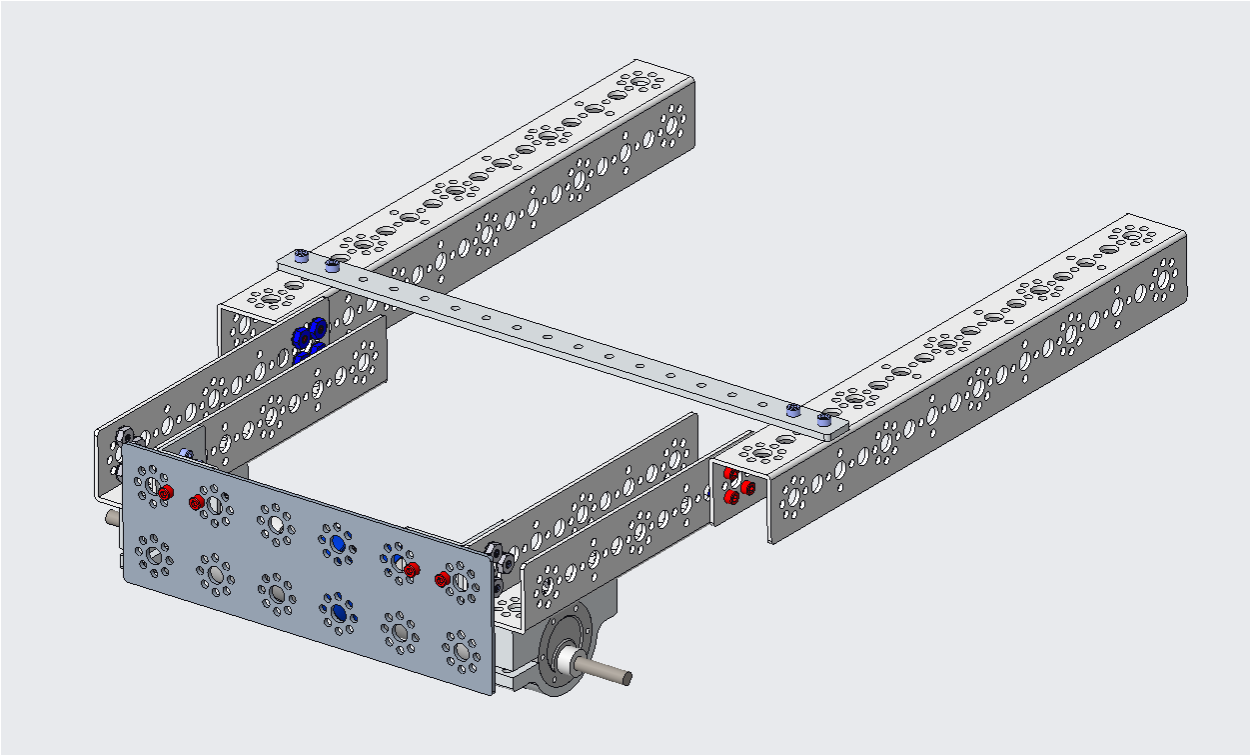
Добавляем детали:
39073 flat building plate (1)
39098 5/16" socket head cap screws (4)
39094 keps nuts (4)




Устанавливаем детали 39089

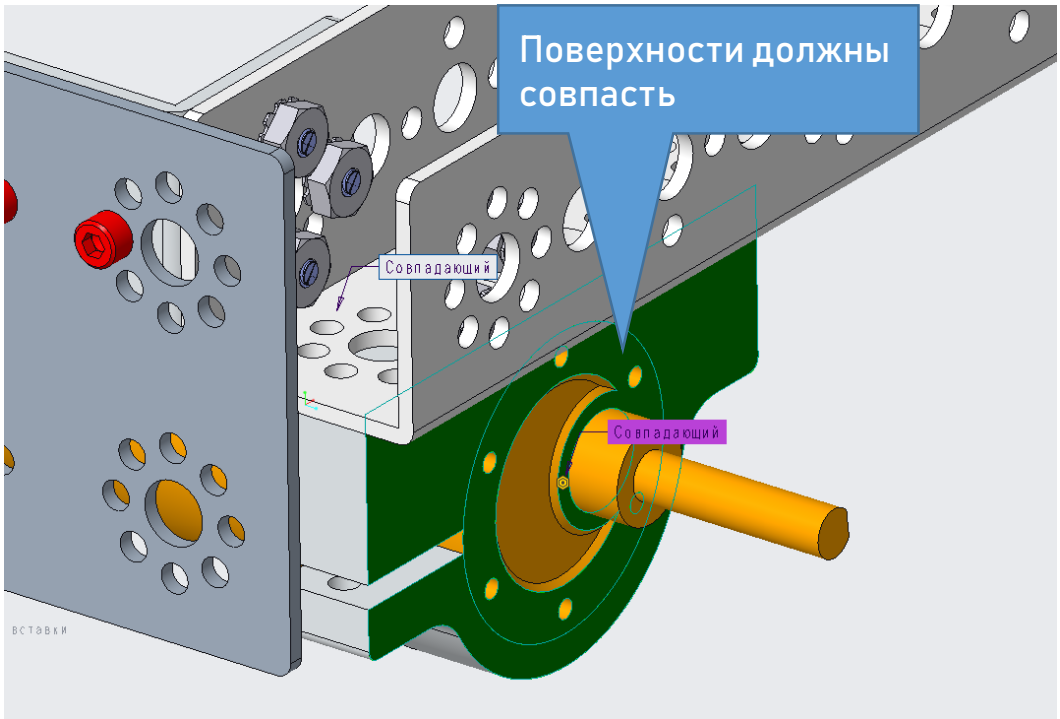

детали 39089, вид снизу

Размещение фронтальных электродвигателей (44260)

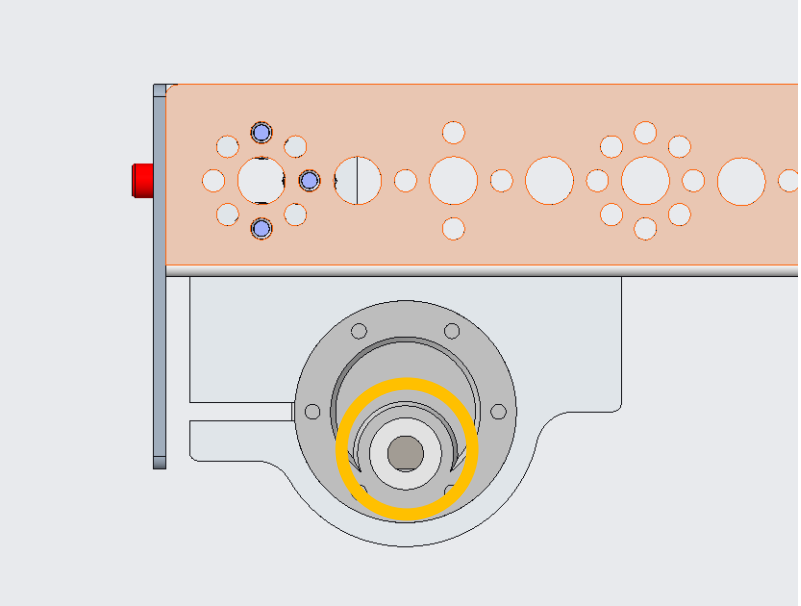


Важно! Модель электродвигателя является сборкой с подвижным валом (вращается вокруг оси), поэтому производя сборку двигателя нельзя использовать элементы вала мотора в качестве объектов привязок.

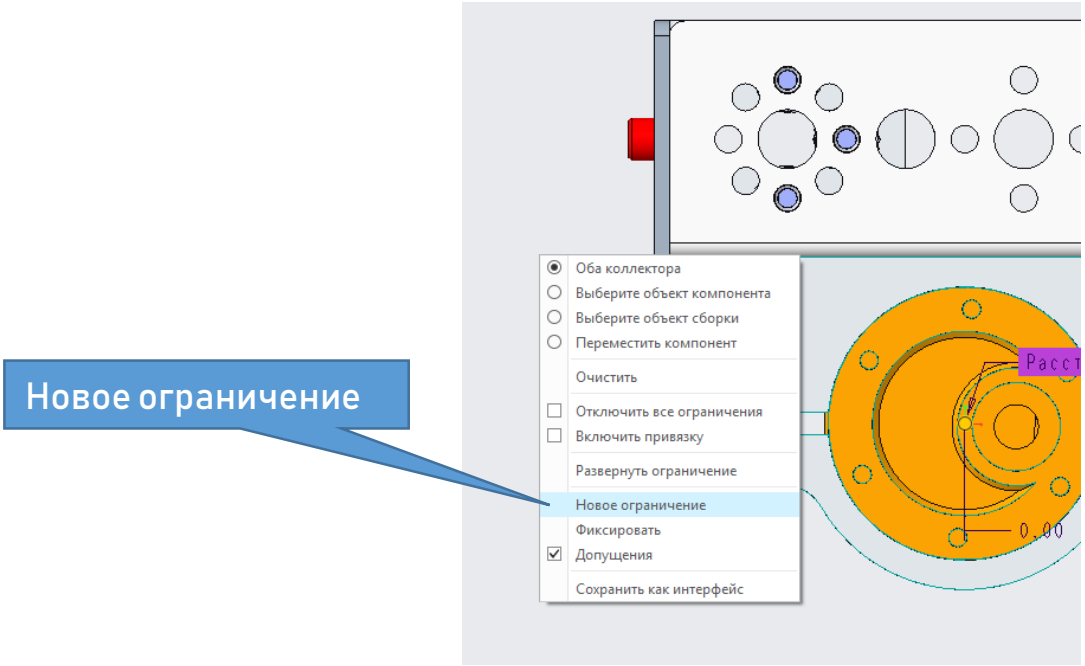
Создайте 2 набора ограничений для электродвигателя, так чтобы мотор был установлен как на картинке ниже.



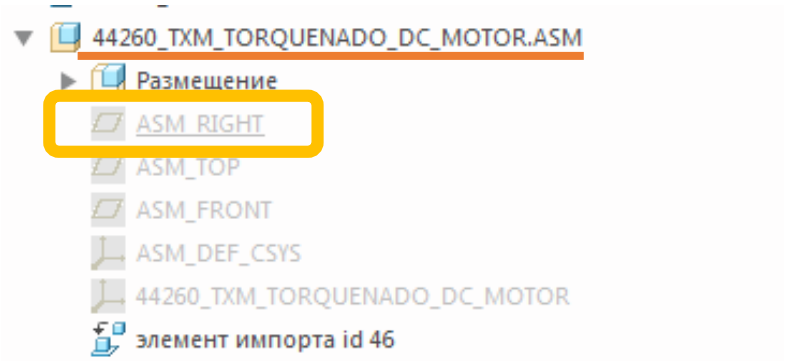
Далее следует повернуть мотор таким образом, чтобы вал мотора оказался в крайнем нижнем положении.



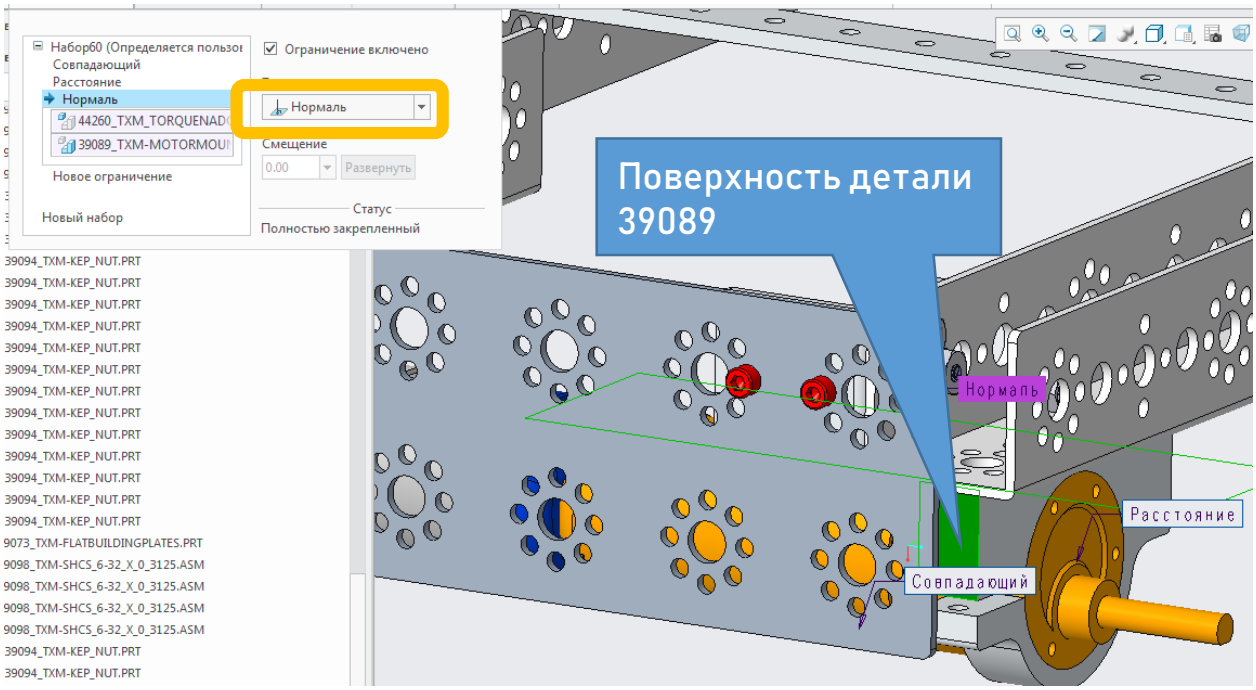
Для этого кликнем в графической области ПКМ и выберем Новое ограничение.



Далее в Дереве сборки раскроем Дерево модели 44260 и в качестве первой привязки выберем ASM RIGHT



В качестве ответной выберем плоскую поверхность детали 39089
В качестве типа ограничения Нормаль



ПРИМЕНИТЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

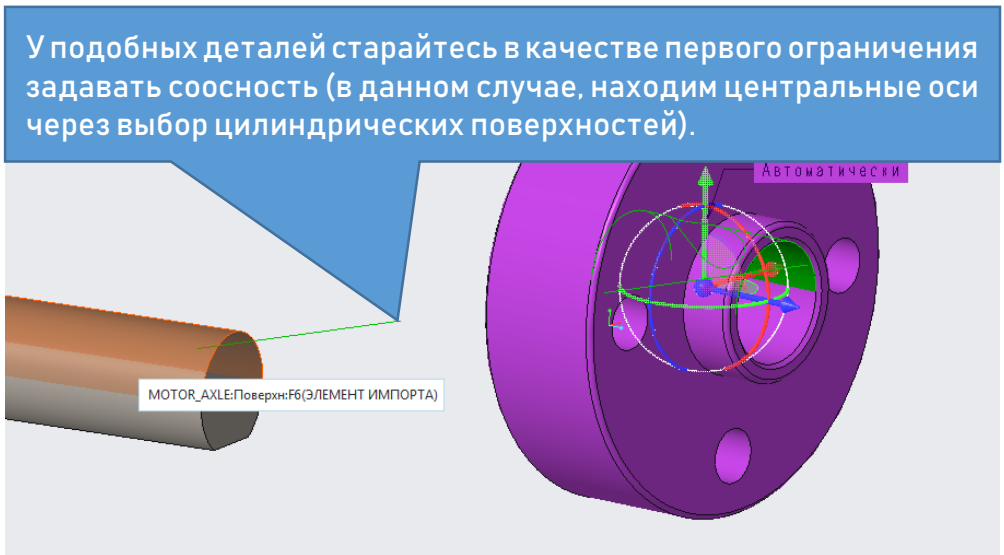
Аналогичным образом разместите второй мотор.

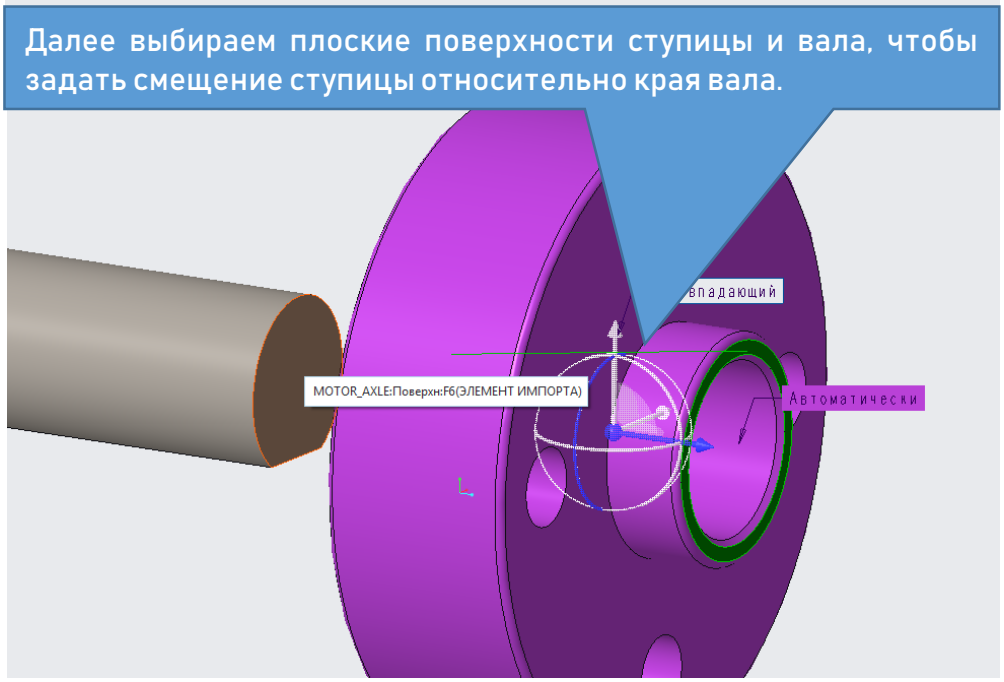
РАЗМЕЩЕНИЕ СТУПИЦ

Подсборка[6]

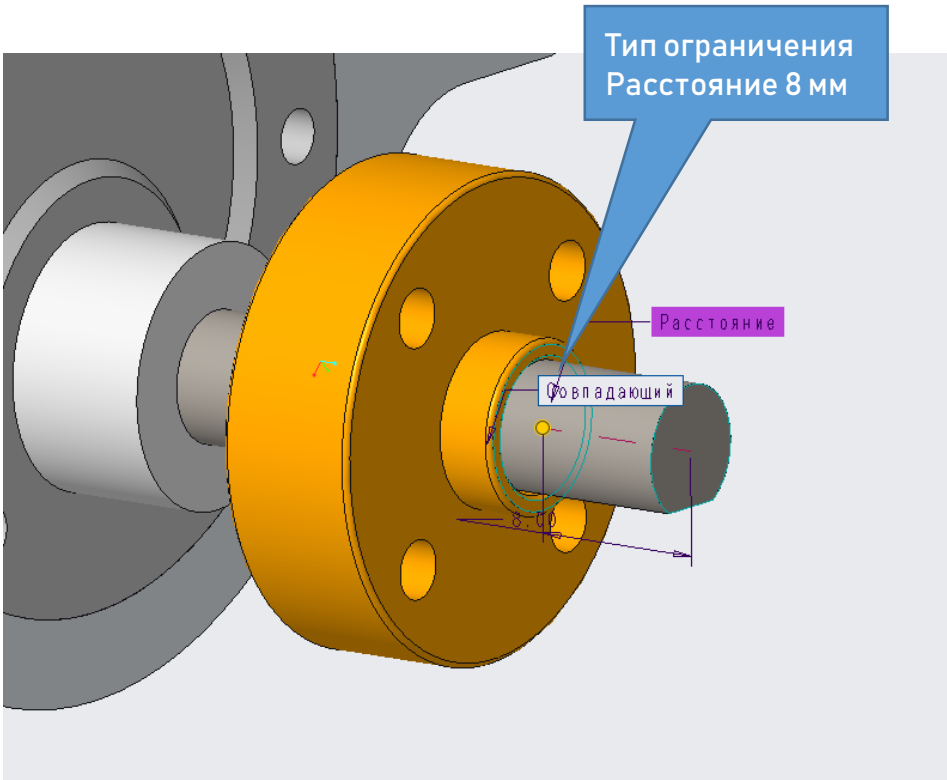
39079

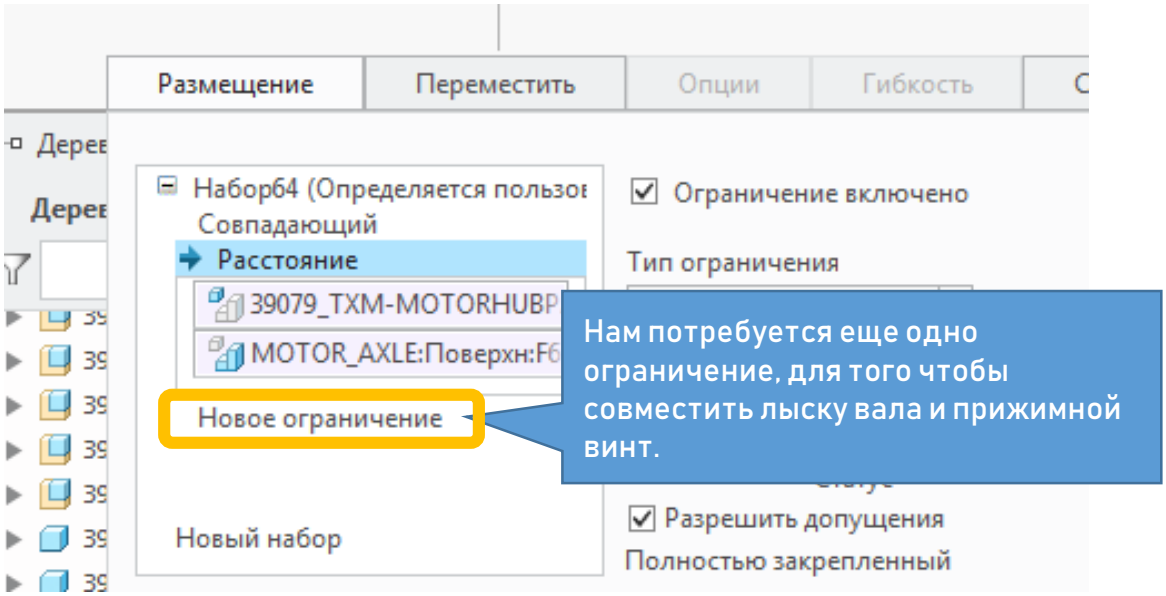
Ступица закрепляется на валу мотора и должна вращаться вместе с ним, поэтому выбор привязок осуществляем только относительно вала мотора.

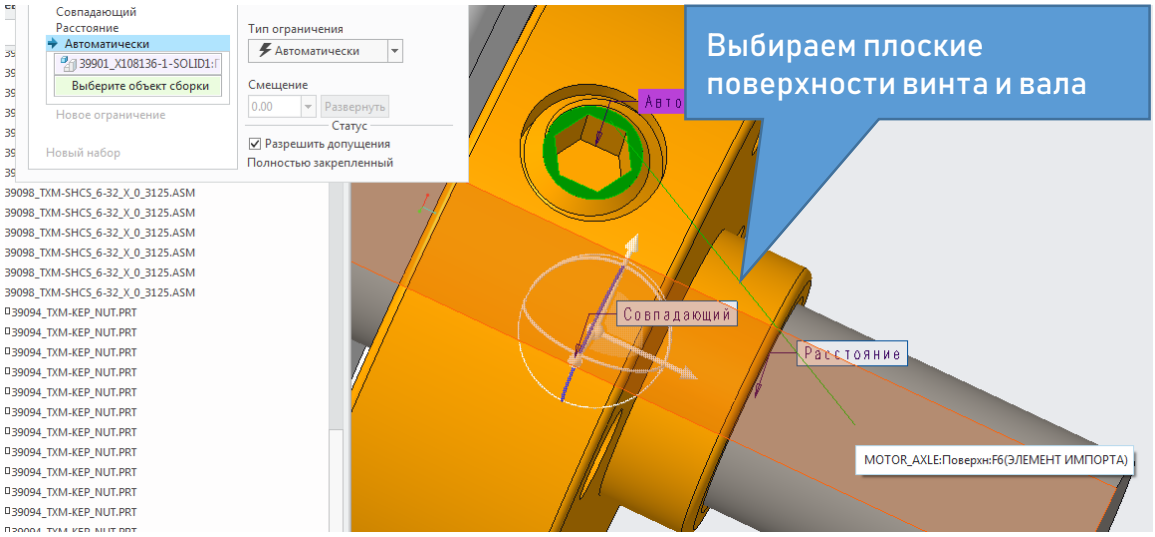


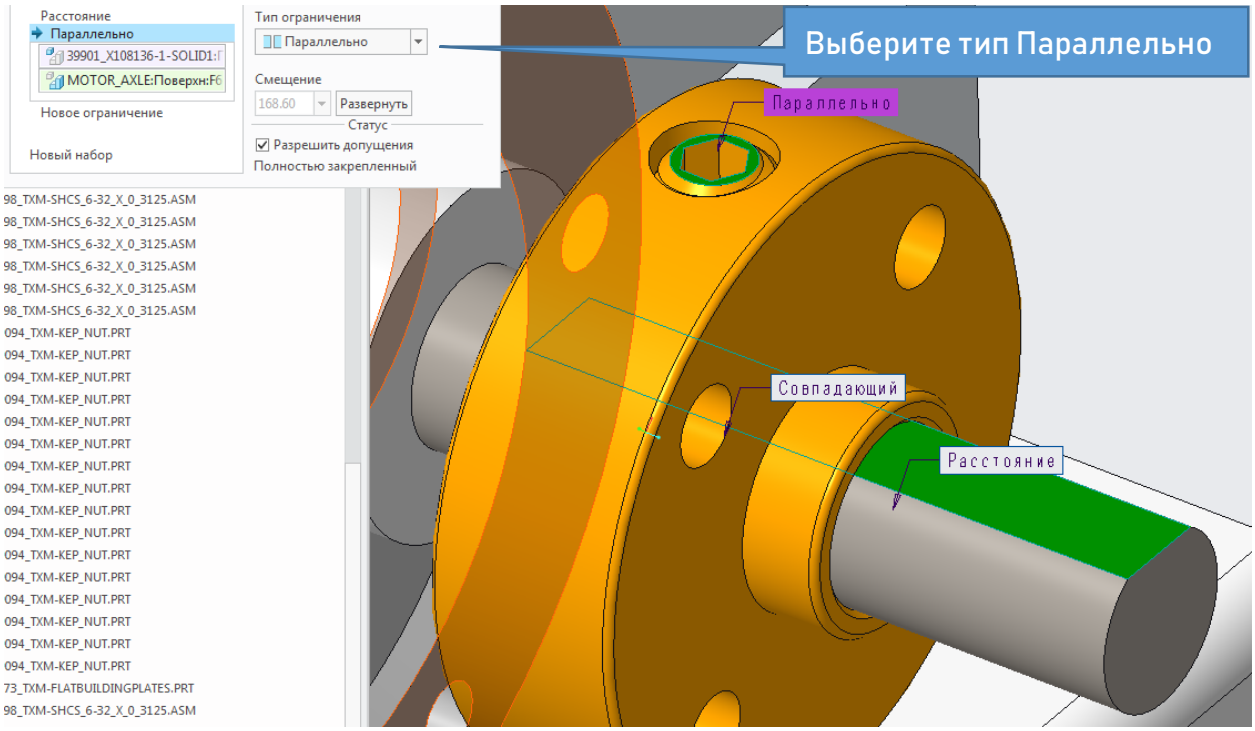


[6] Вам понадобится подсборка 39079_TXM-MOTOR_SHAFT_HUB_WITH.asm

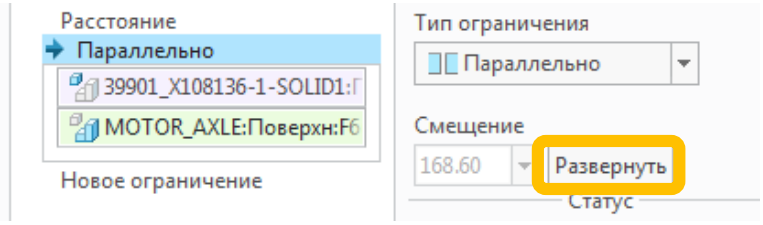

Тип ограничения
Расстояние 8 мм
Расстояние
Совпадающий
8.00


Размещение
Переместить
Опции
Гибкость
Набор64 (Определяется пользов
Совпадающий
Расстояние
39079_TXM-MOTORHUBP
MOTOR_AXLE:Поверхн:F6
Новое ограничение
Новый набор
Ограничение включено
Тип ограничения
Разрешить допущения
Полностью закрепленный
Нам потребуется еще одно ограничение, для того чтобы совместить лыску вала и прижимной винт.





Если у вас после определения ограничений получилось так, что болт прижимает вал с цилиндрической поверхности, т.е. деталь повернулась на 180°, то просто кликните Развернуть.



ПРИМЕНИТЕ РАЗМЕЩЕНИЕ

Разместите аналогичным образом ступицу с противоположной стороны.

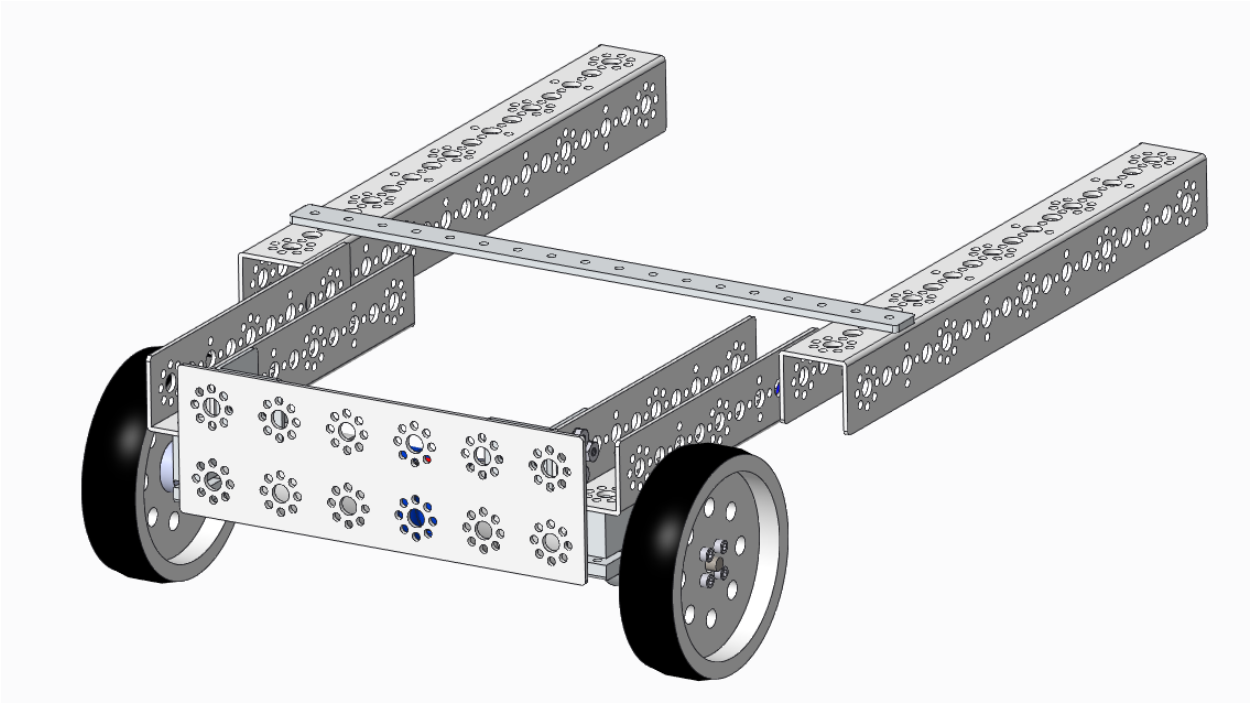
ВНИМАНИЕ!
Проектируя свою модель робота, старайтесь планировать свою деятельность по сборке робота наперед, например, вы можете произвести подсборку моторов, ступиц и колес заранее, тогда установка уже сборочных единиц в общую сборку позволит сократить общее время подготовки модели робота.

УСТАНОВКА КОЛЕС НА ПЕРЕДНИЕ МОТОРЫ. ЗНАКОМСТВО С МОДУЛЕМ ГИБКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Вам потребуются:

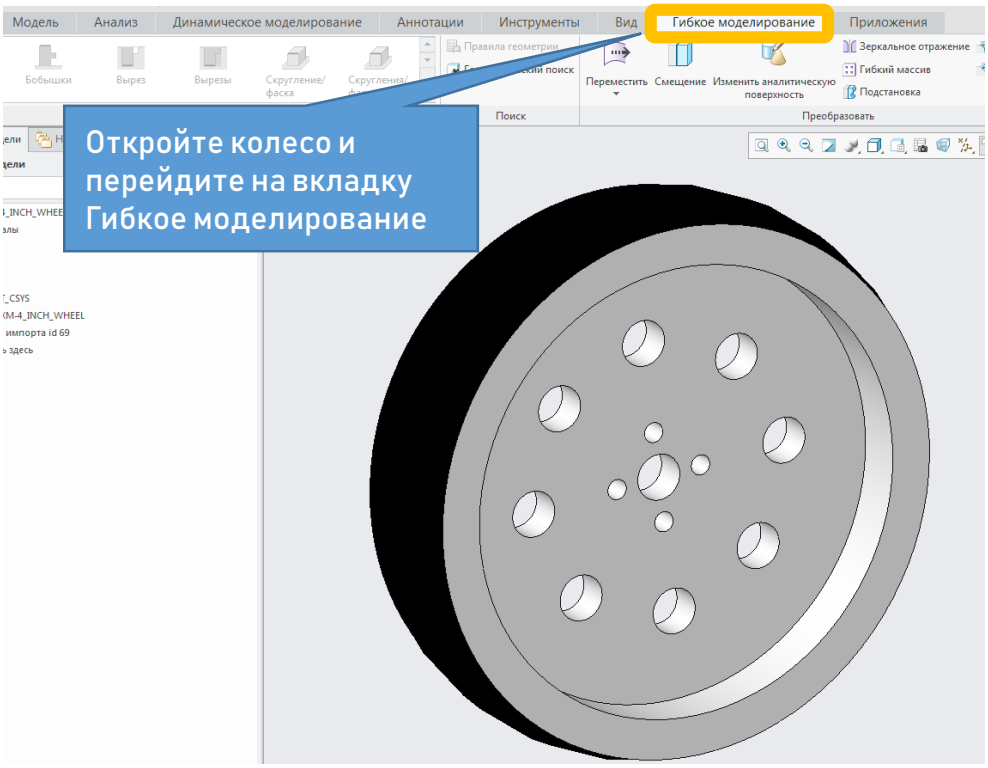
39055 4 inch wheels (2)

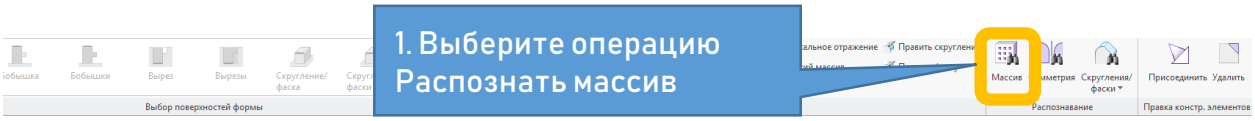
39097 1/2” socket head cap screws (8)

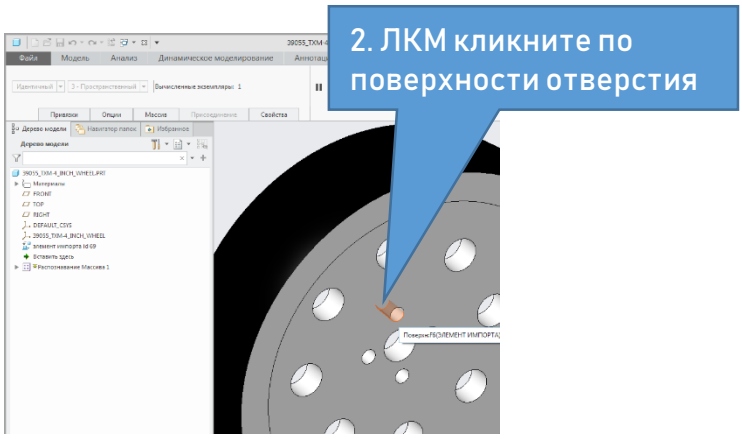


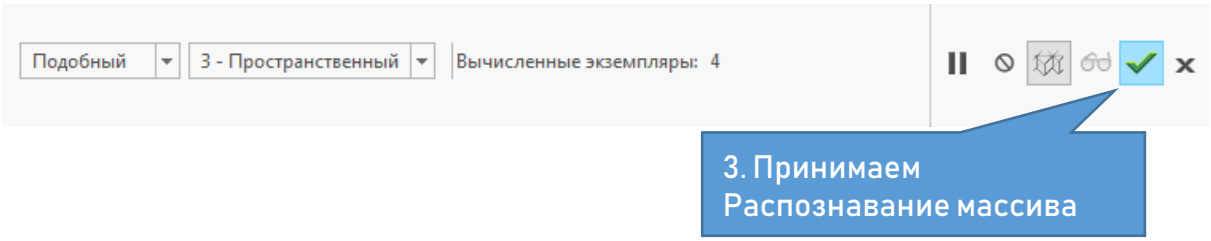
Прежде чем мы приступим к установке колес, познакомимся с процедурой распознания конструктивных элементов импортированной геометрии.

Откройте колесо: Ctrl+O и введите в поиске 39055.





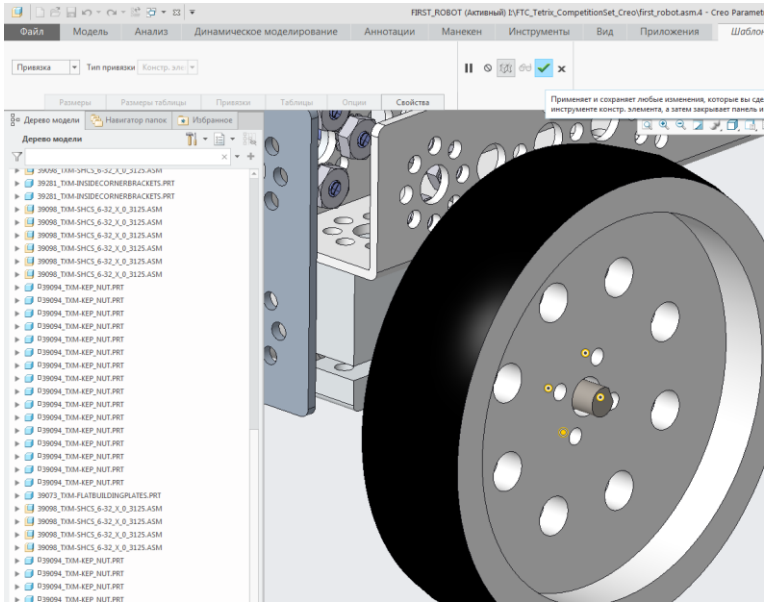




Распознание массива позволит вам размещать крепёжные группы в сборке используя операцию массив по привязке.

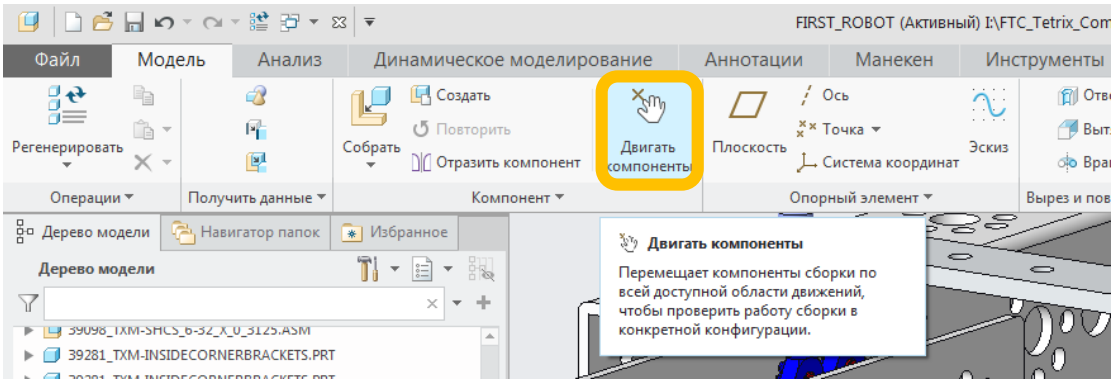
Вернитесь к сборке и самостоятельно установите колеса на ступицы. Закрепите колесо одним болтом 39097. Далее выполните Массив элементов.

Программа автоматически предложит выполнить массив по Привязке. Принимаем выполнение операции Массив.

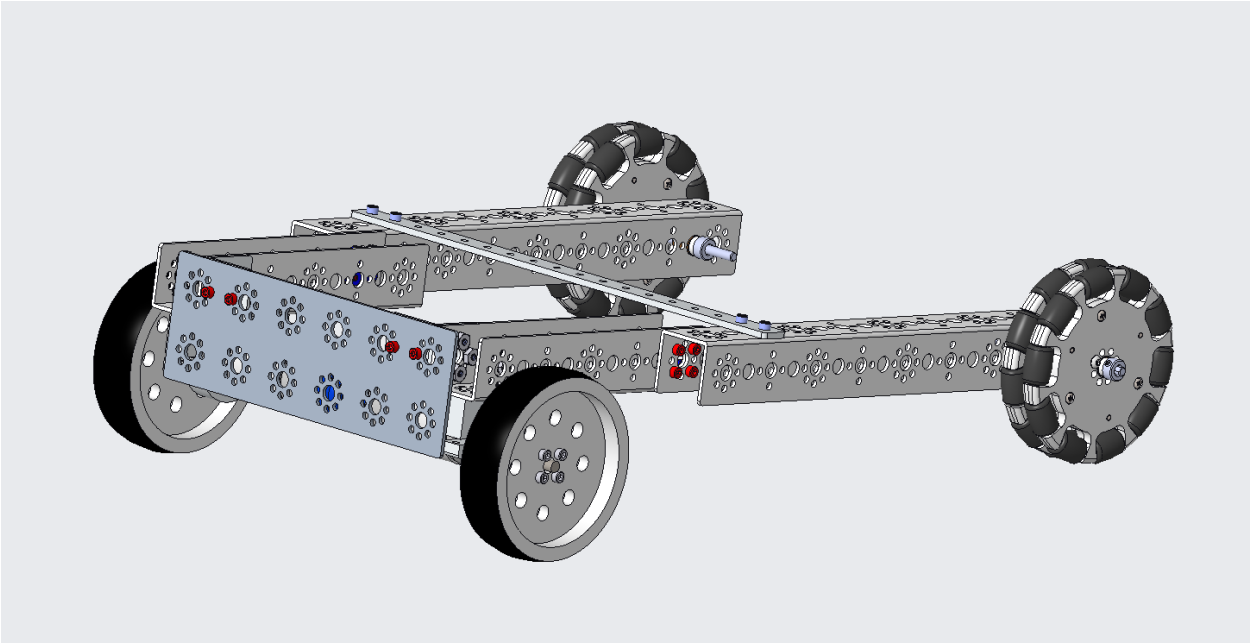


Повторите данную операцию для противоположного колеса.

Проверьте подвижность передних колес с помощью инструмента Двигать компоненты: «захватите» с помощью ЛКМ колесо и повращайте его.

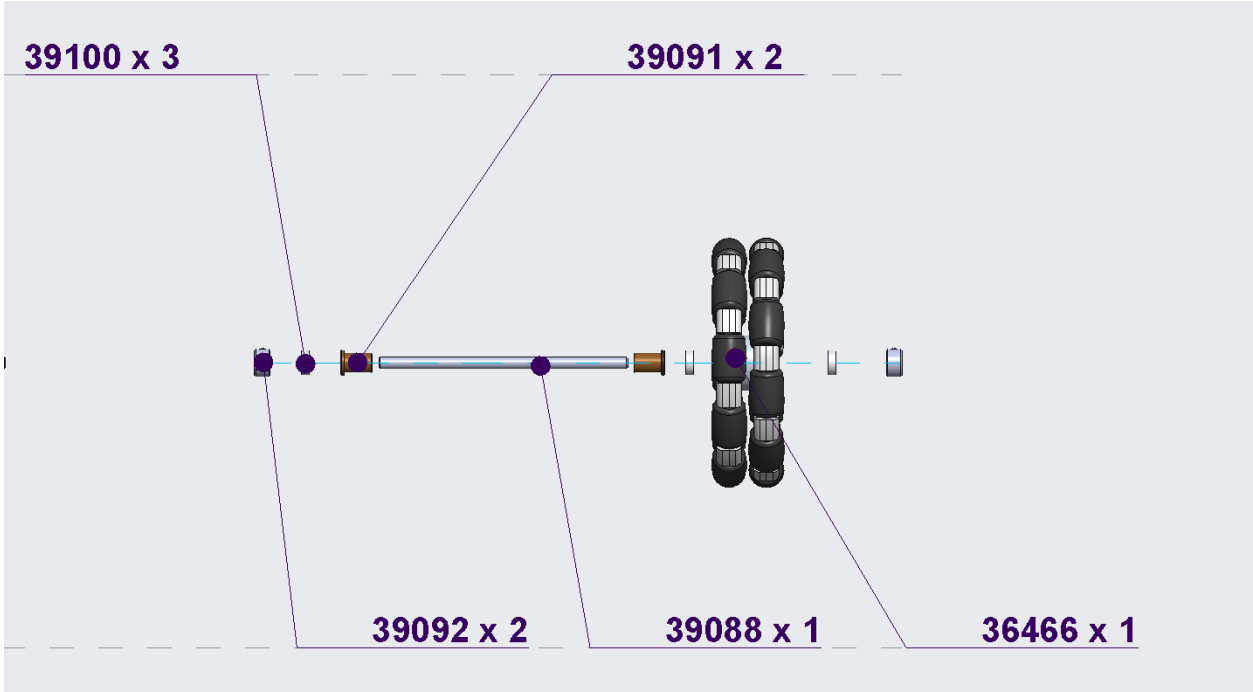


УСТАНОВКА КОЛЕС НА ЗАДНЮЮ ОСЬ

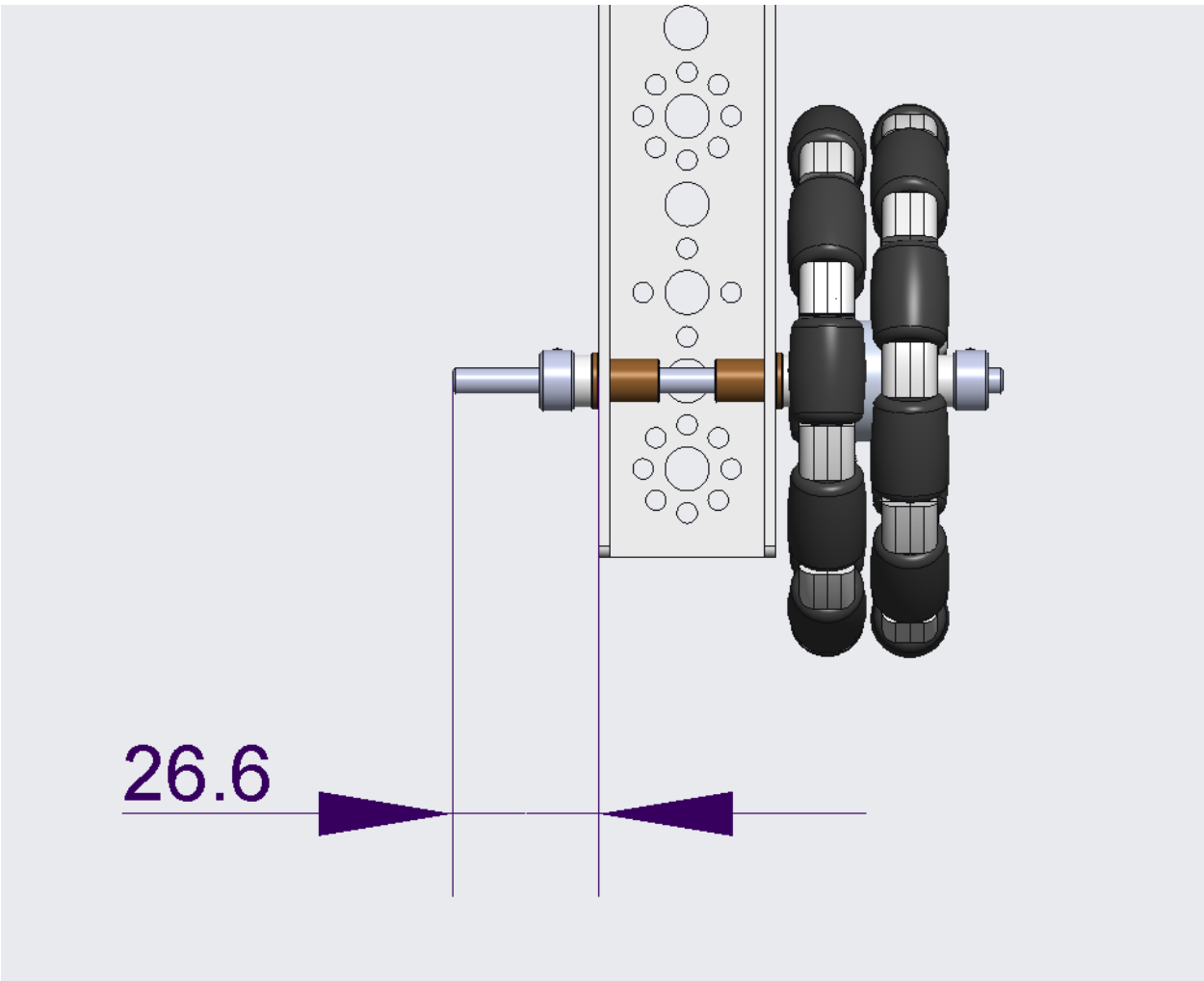


Выполните сборку по предложенным изображениям, используя детали из скачанных файлов[7].

На 2 колеса, вам понадобятся: 39088 – 2 шт., 39100 – 6 шт., 39091 – 4 шт., 39092 – 4 шт., 36466 – 2 шт.

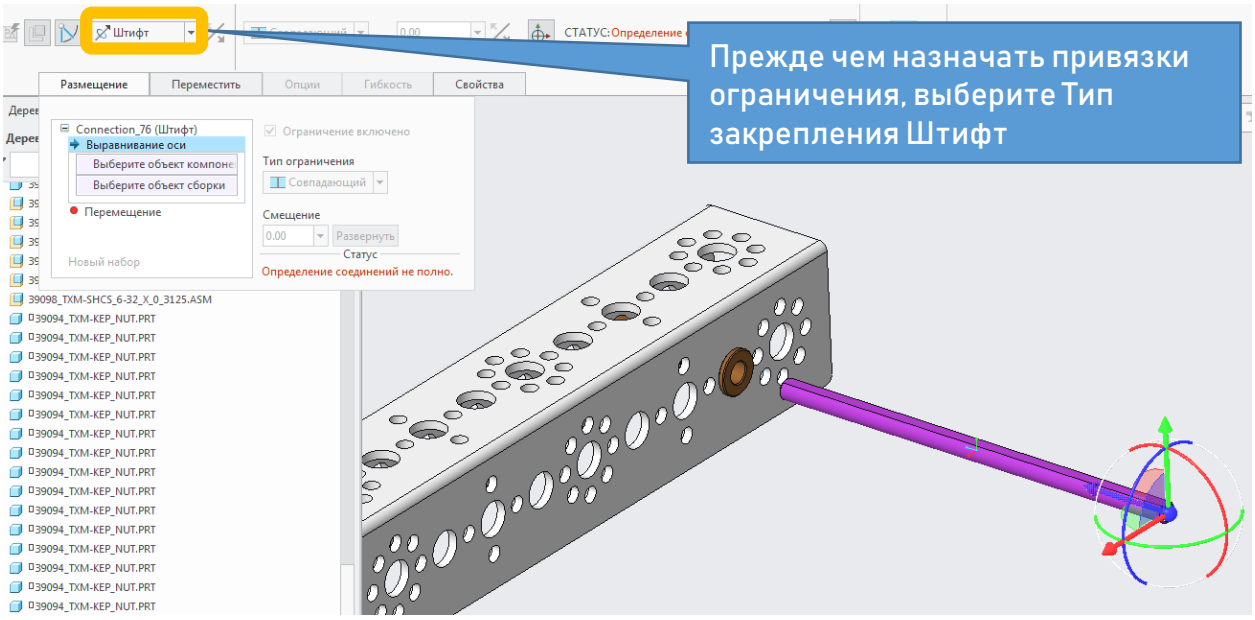


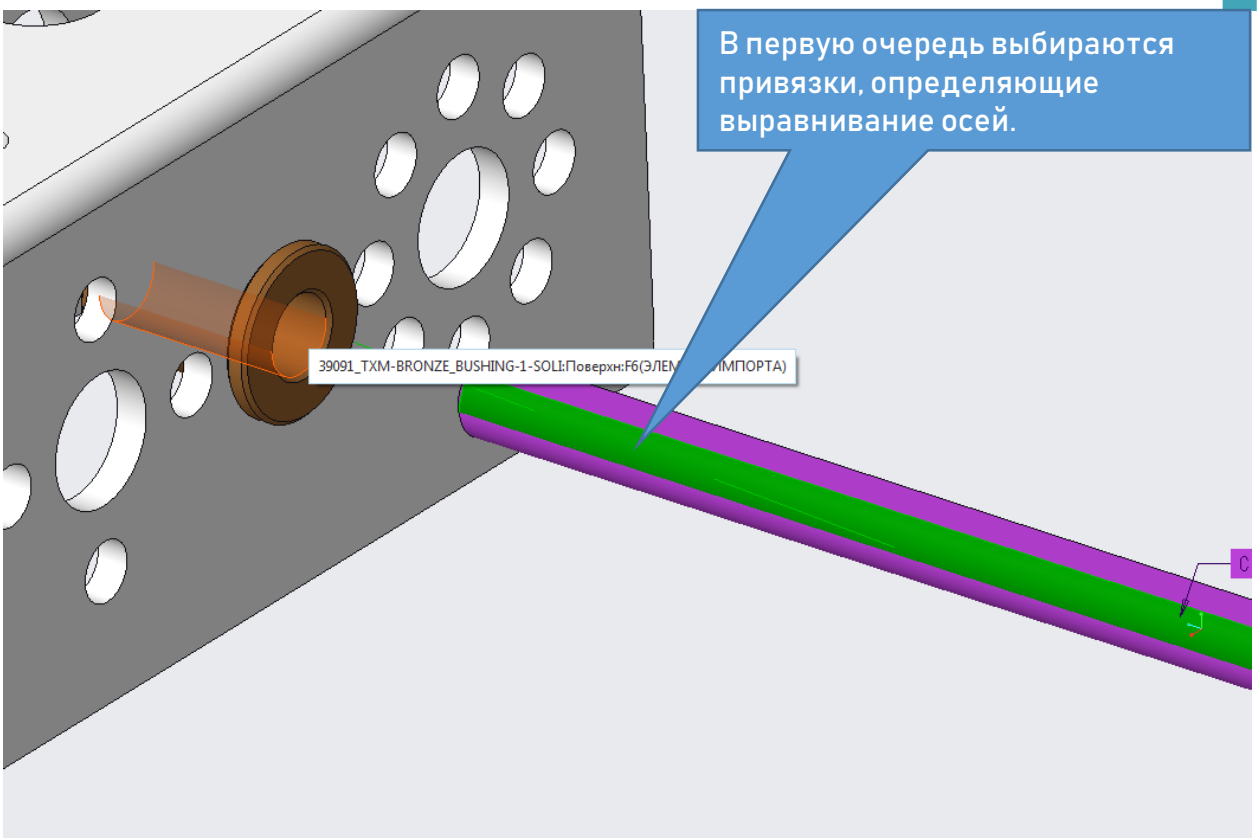
[7] Ниже будет описан лишь способ размещения оси, т.к. этот способ размещения ранее не демонстрировался

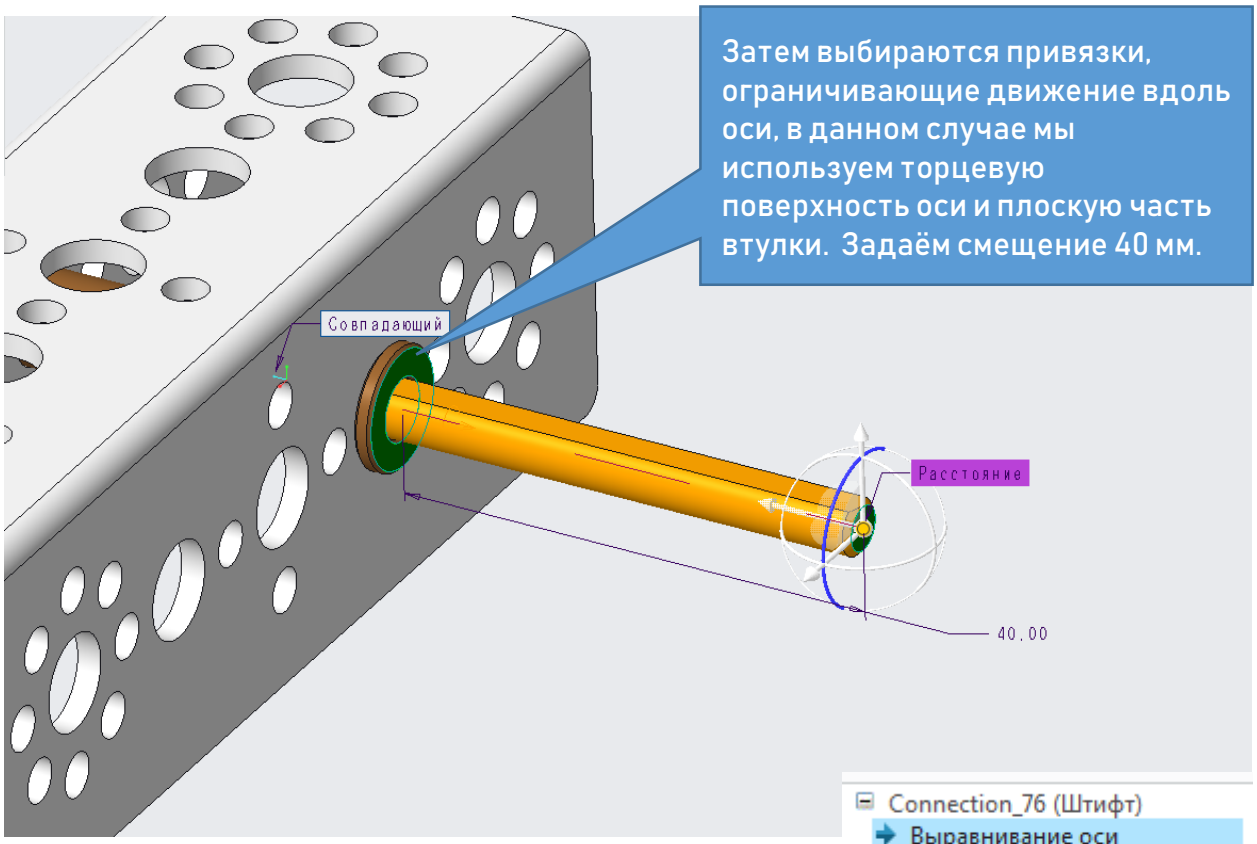


Размещение оси.

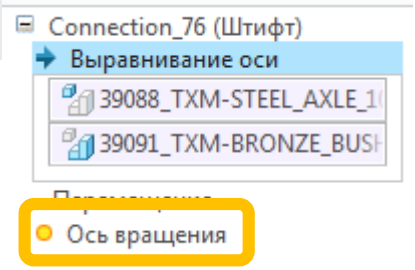
После того как вы установите бронзовые втулки, разместите ось (39088), используя закрепление Штифт.





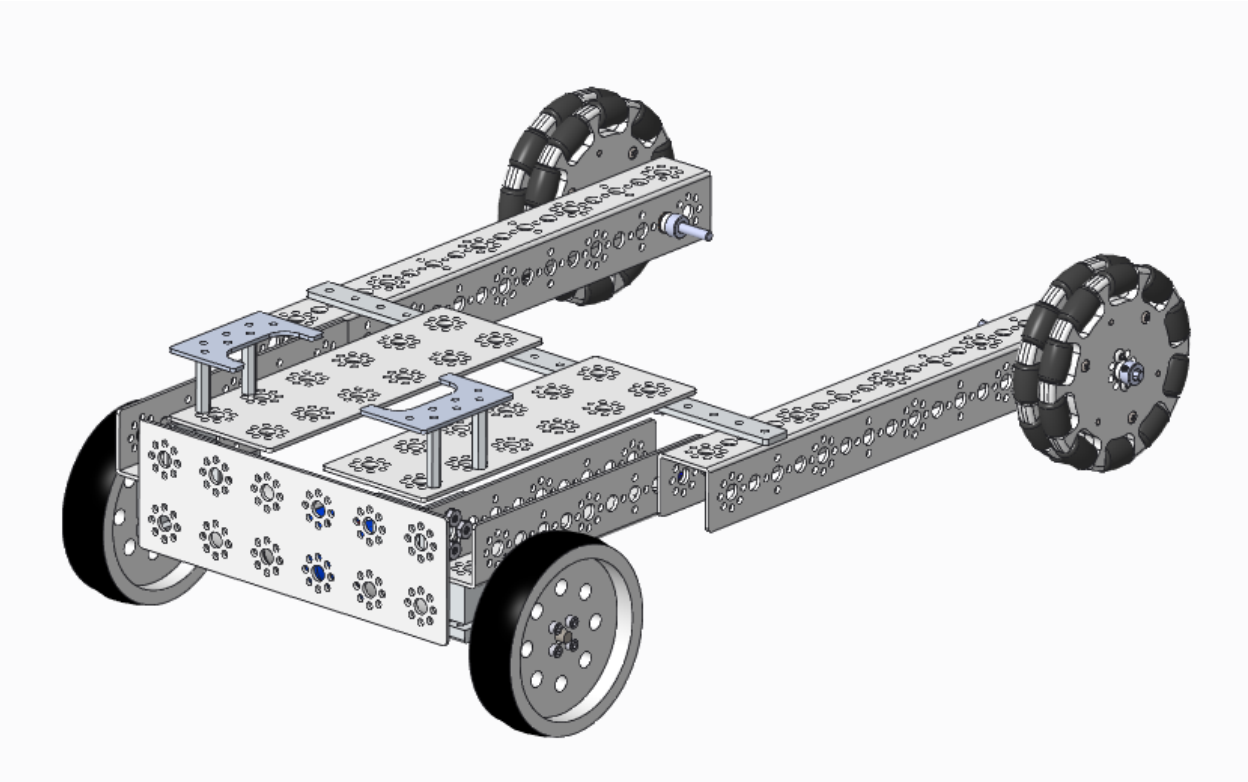


В данном случае вращение вокруг оси не ограничивается, поэтому Ось вращения не задаём и принимаем закрепление.



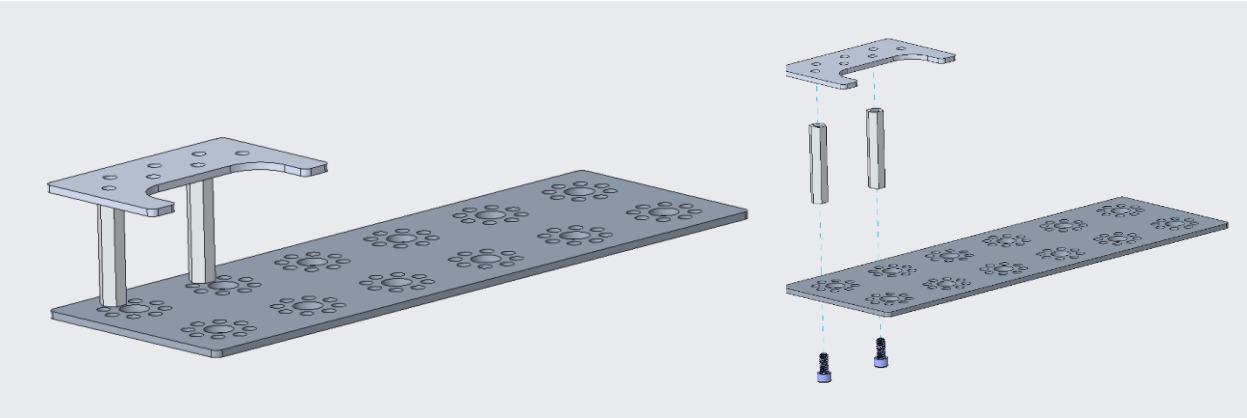
УСТАНОВКА ОСТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ

После установки колес, самостоятельно создайте подсборки LEFT_ELECTRONICS_PLATE и RIGHT_ELECTRONICS_PLATE, а затем установите их на робота.

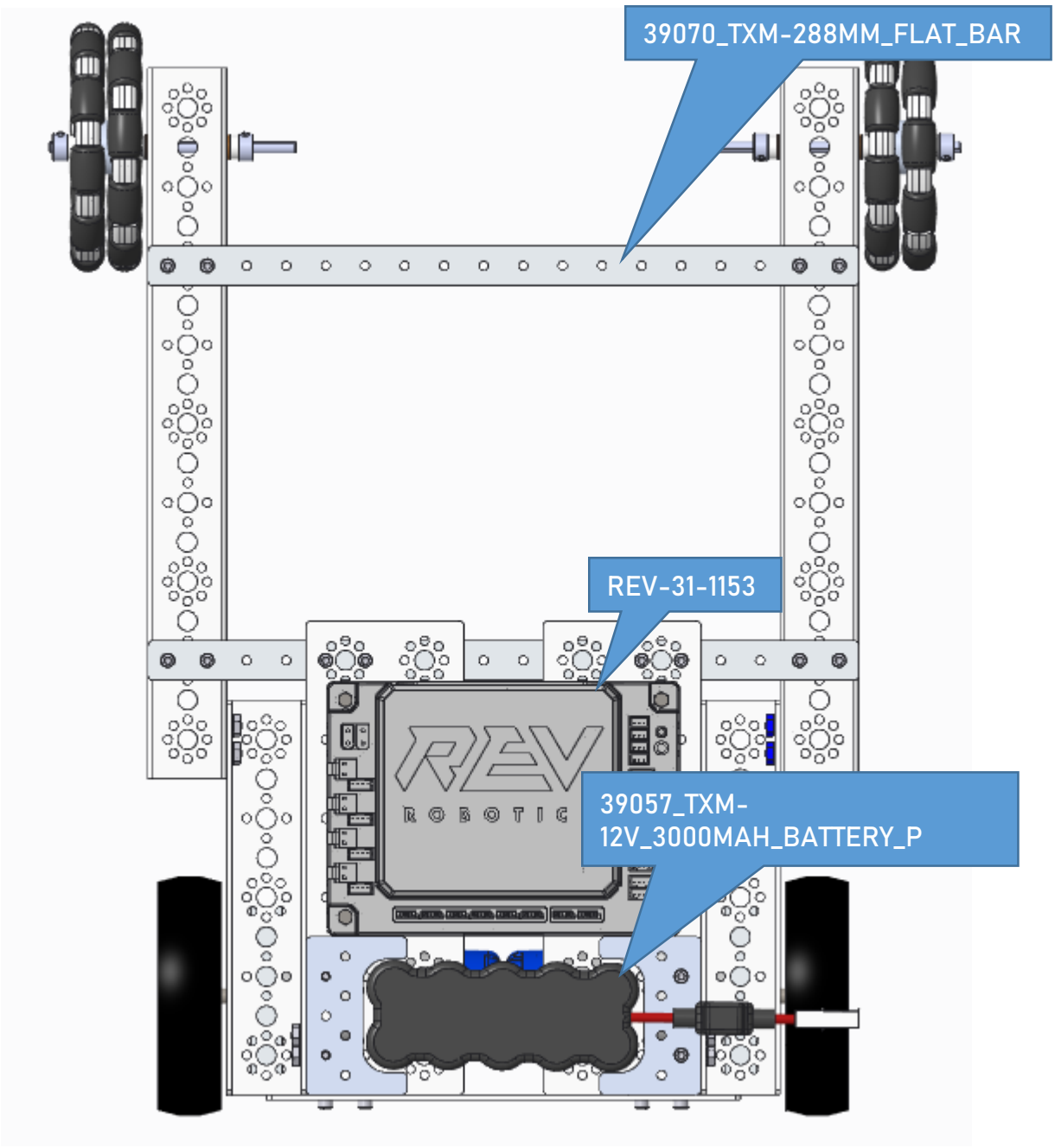


Для каждой из подсборок, вам понадобятся:

39073 – 1 шт.
39107 – 2 шт.
38009 – 1 шт.
39098 – 2 шт.

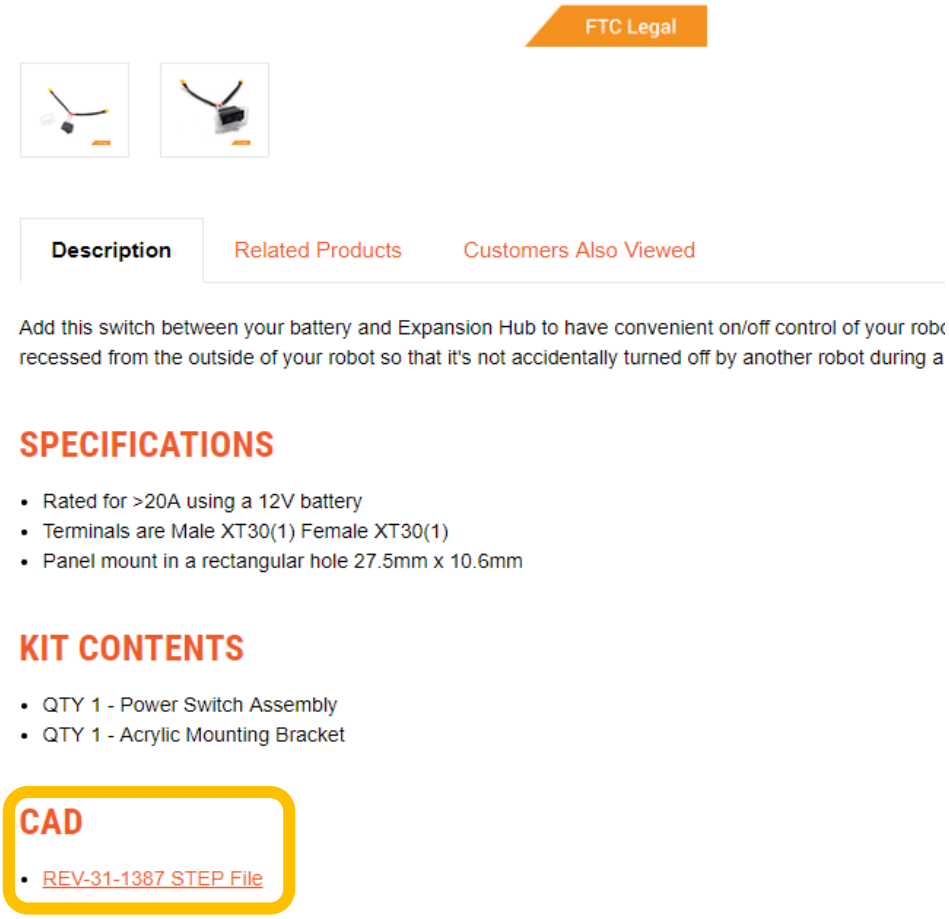


Далее самостоятельно установите указанные ниже компоненты, не забывая фиксировать их там, где следует, крепежными элементами.

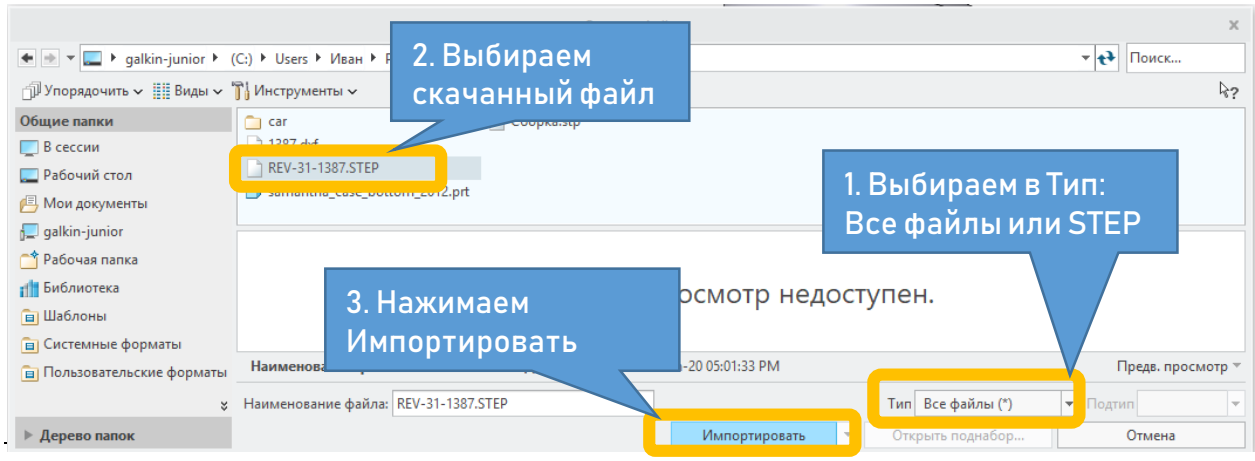


УСТАНОВКА КНОПКИ. ИМПОРТ ГЕОМЕТРИИ

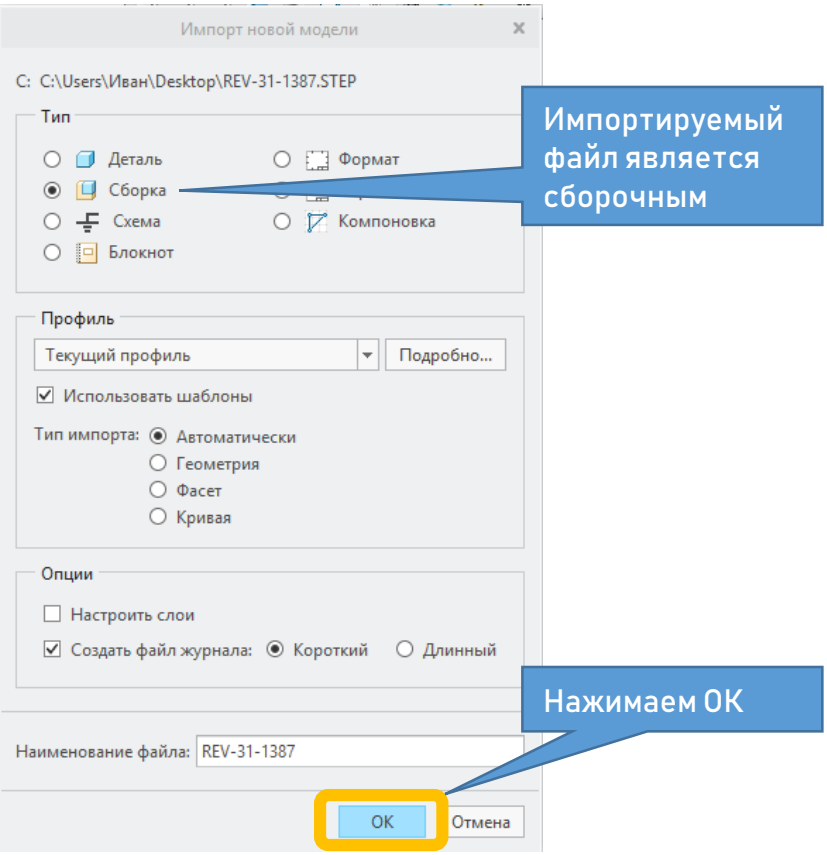
Пройдите по ссылке, чтобы скачать кнопку:
http://www.revrobotics.com/rev-31-1387/[8]

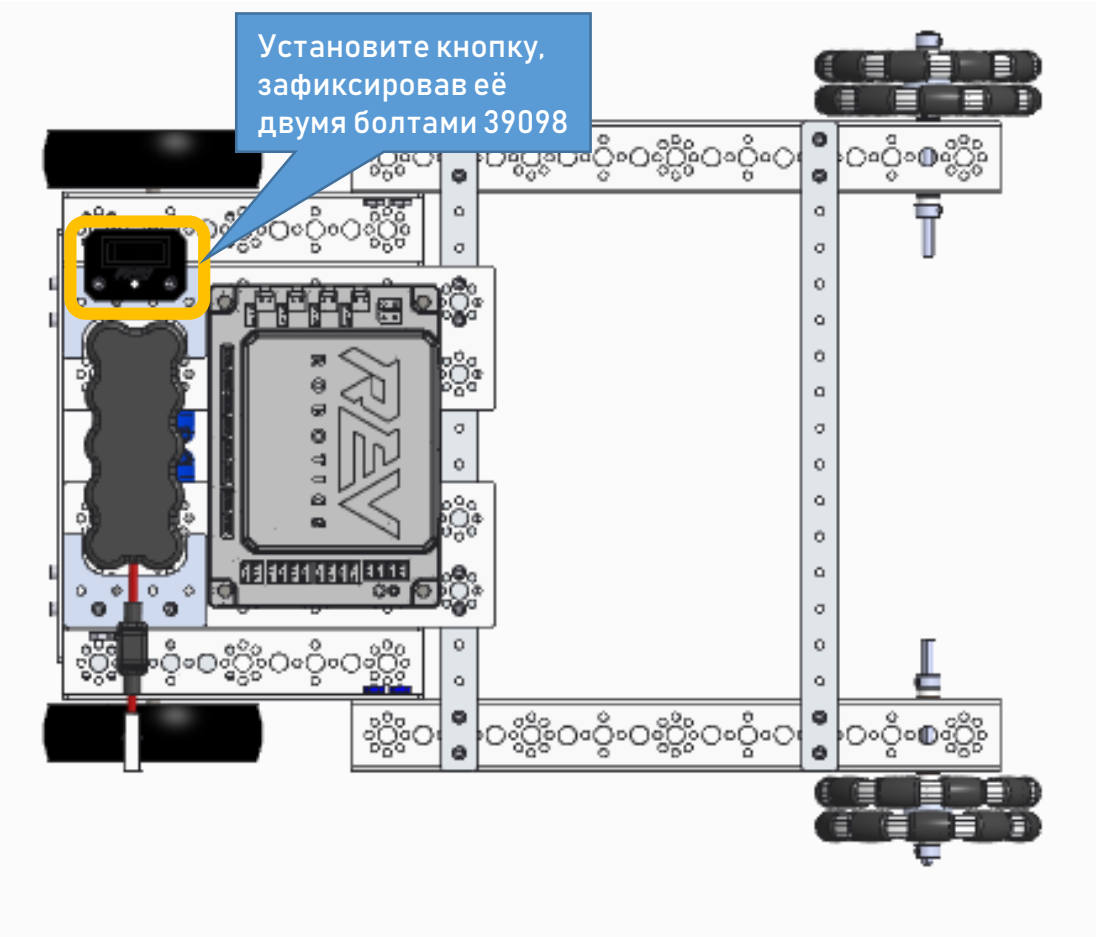


Файл загрузится в формате STP. Для того, чтобы его открыть с помощью Creo, необходимо нажать Ctrl + O и переопределить ТИП открываемых файлов (см. рис. ниже).

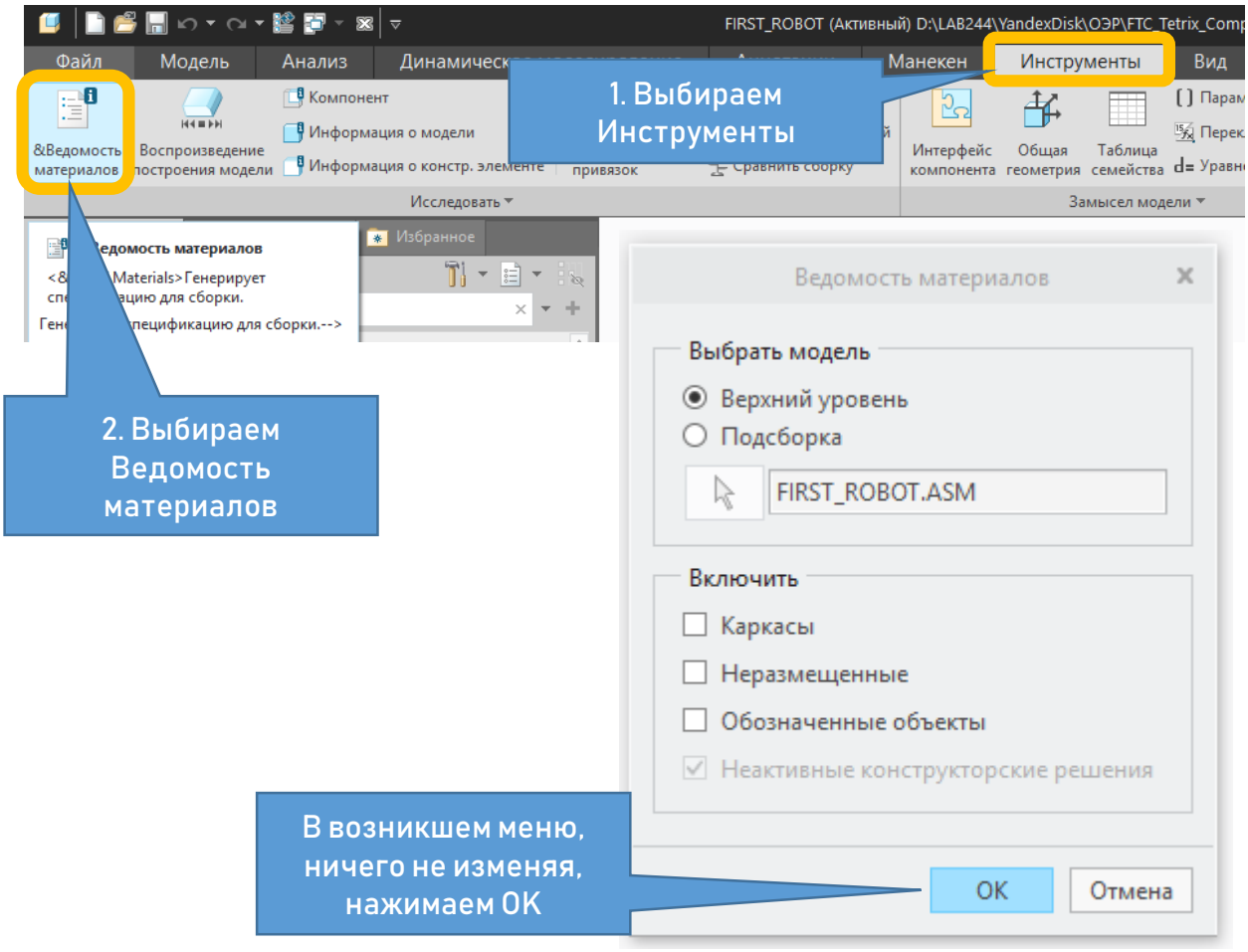


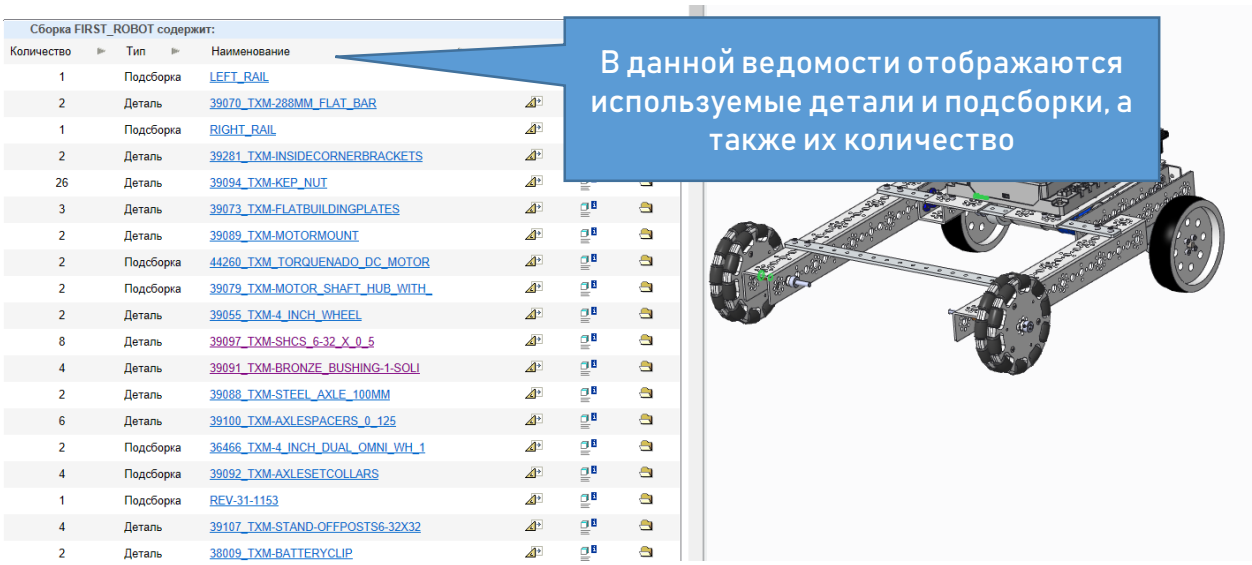
[8] Вы можете использовать ресурсы данного сайта для загрузки недостающих элементов, используя поиск по сайту.


Импорт новой модели
C: C:\Users\Иван\Desktop\REV-31-1387.STEP
Тип
Деталь
Формат
Сборка
Схема
Компоновка
Блокнот
Профиль
Текущий профиль
Подробно...
Использовать шаблоны
Тип импорта:
Автоматически
Геометрия
Фасет
Кривая
Опции
Настроить слои
Создать файл журнала:
Короткий
Длинный
Наименование файла:
REV-31-1387
OK
Отмена
Импортируемый файл является сборочным
Нажимаем OK


Установите кнопку, зафиксировав её двумя болтами 39098

УЧЁТ НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ СБОРКИ ДЕТАЛЕЙ





Количество	Тип	Наименование
1	Подсборка	LEFT_RAIL
2	Деталь	39070_TXM-288MM_FLAT_BAR
1	Подсборка	RIGHT_RAIL
2	Деталь	39281_TXM-INSIDECORNERBRACKETS
26	Деталь	39094_TXM-KEP_NUT
3	Деталь	39073_TXM-FLATBUILDINGPLATES
2	Деталь	39089_TXM-MOTORMOUNT
2	Подсборка	44260_TXM_TORQUENADO_DC_MOTOR
2	Подсборка	39079_TXM-MOTOR_SHAFT_HUB_WITH_
2	Деталь	39055_TXM-4_INCH_WHEEL
8	Деталь	39097_TXM-SHCS_6-32_X_0_5
4	Деталь	39091_TXM-BRONZE_BUSHING-1-SOLI
2	Деталь	39088_TXM-STEEL_AXLE_100MM
6	Деталь	39100_TXM-AXLESPACERS_0_125
2	Подсборка	36466_TXM-4_INCH_DUAL_OMNI_WH_1
4	Подсборка	39092_TXM-AXLESETCOLLARS
1	Подсборка	REV-31-1153
4	Деталь	39107_TXM-STAND-OFFPOSTS6-32X32
2	Деталь	38009_TXM-BATTERYCLIP

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вы научились выполнять несложные сборочные конструкции в САПР PTC Creo Parametric, получили навыки работы быстрого размещения компонентов в сборке

Рассмотренными выше задачами не ограничивается круг обязанностей члена команды, отвечающего за работу в CAD. За пределами обсуждений остались задачи, связанные с разработкой изделия, а также задачи инженерного характера, связанные с расчётами. Тем не менее, приобретенные вами навыки могут пригодиться вам не только при создании робота, но и при решении множества других задач, как в рамках работы над техническим проектом в команде, так и при решении задач олимпиады НТИ или подобных. Использование САПР может пригодиться и в личной жизни при планировании жилого пространства или разработке собственного дизайна предметов интерьера, изготовлении запчастей для автомобиля и т.д.

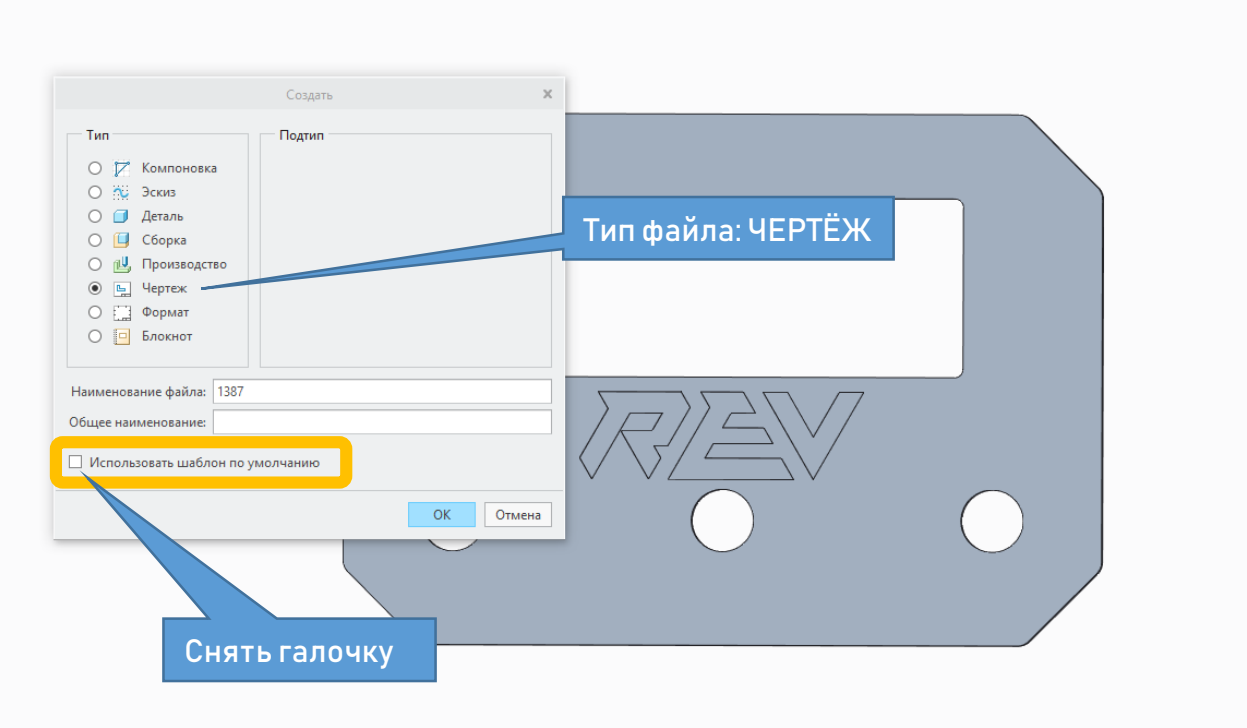
Подготовка файла для лазерной резки

Разберем на примере детали REV-31-1387 подготовку файла к лазерной резке.

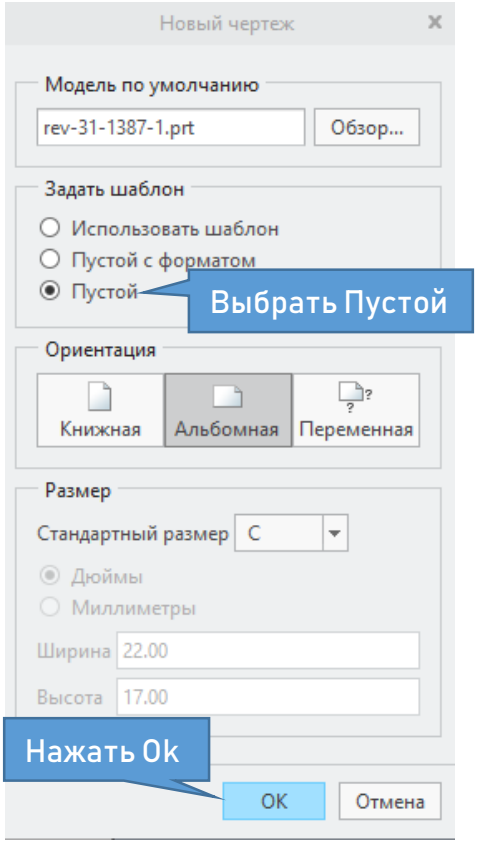
Данный пример подойдет для подготовки одной - двух деталей. Если деталей для резки много, то следует использовать модуль Производство, который позволяет создавать автоматическую раскладку деталей и позволяет существенно сократить расход листового материала за счёт пространственной оптимизации.

Для лазерной резки, вам потребуется создать векторный файл, в нашем случае файл с расширением .dxf. В САПР PTC Creo Parametric его можно получить, используя чертеж детали.

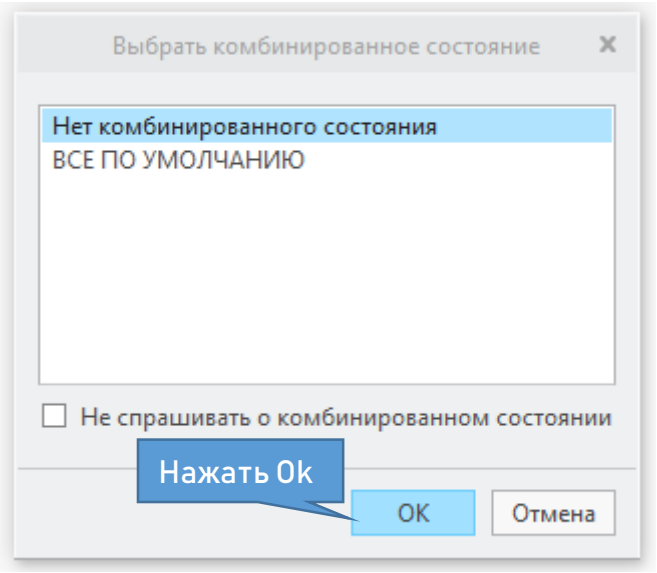
Создайте новый файл и выберите тип файла Чертеж. Снимите галочку в поле Использовать шаблон по умолчанию. Присвойте файлу имя и кликните Ok.



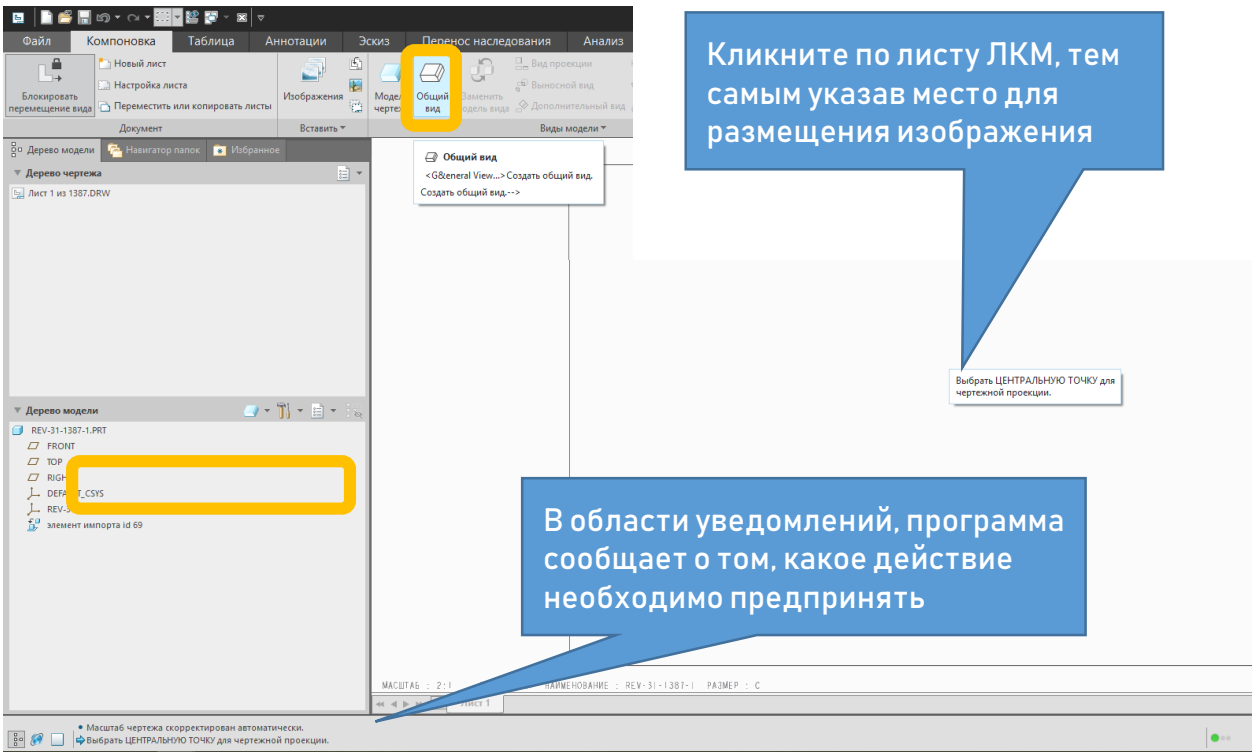
В появившемся окне, в поле Задать шаблон, выберите Пустой и кликните Ok.



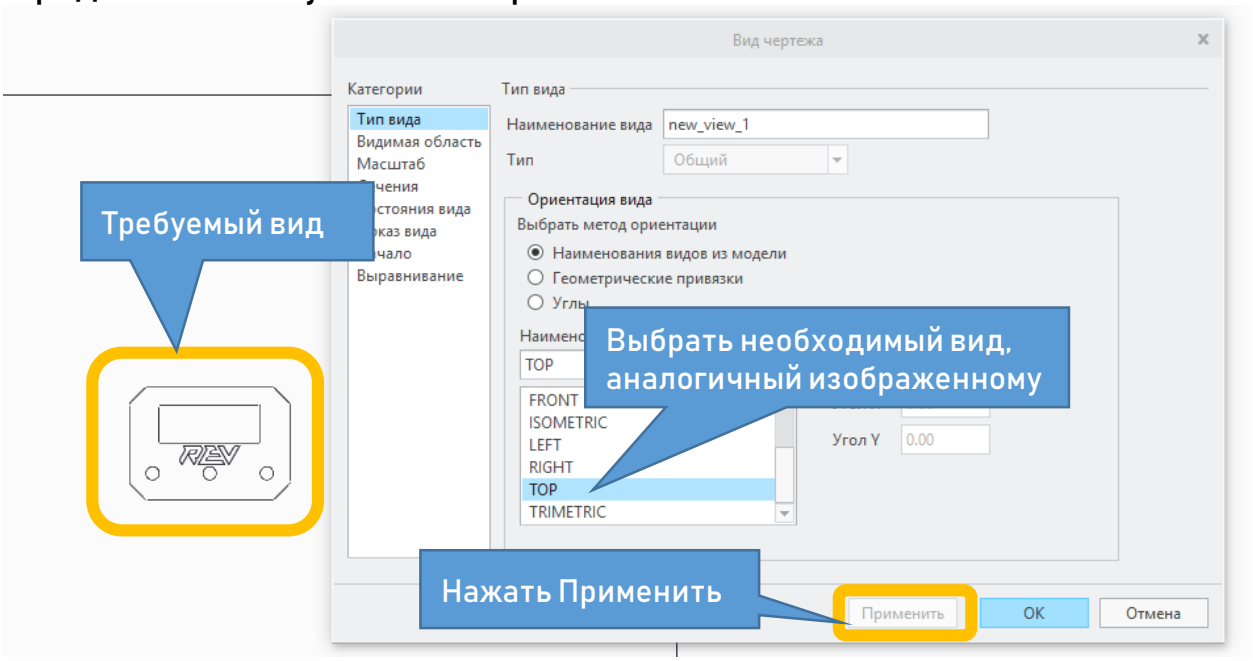
В появившемся окне вновь кликаем Ok.

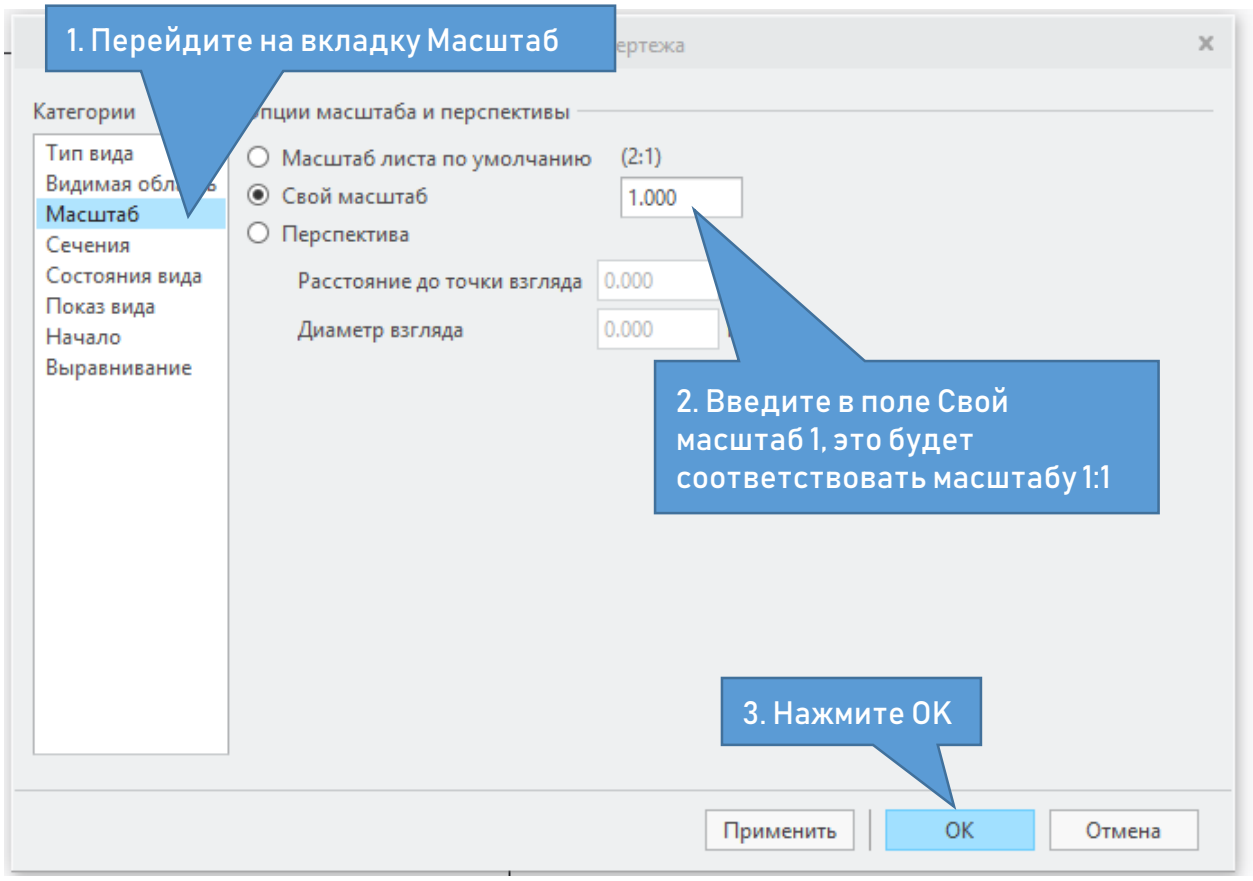


В Панели инструментов выбираем Общий вид и кликаем ЛКМ в графической области.

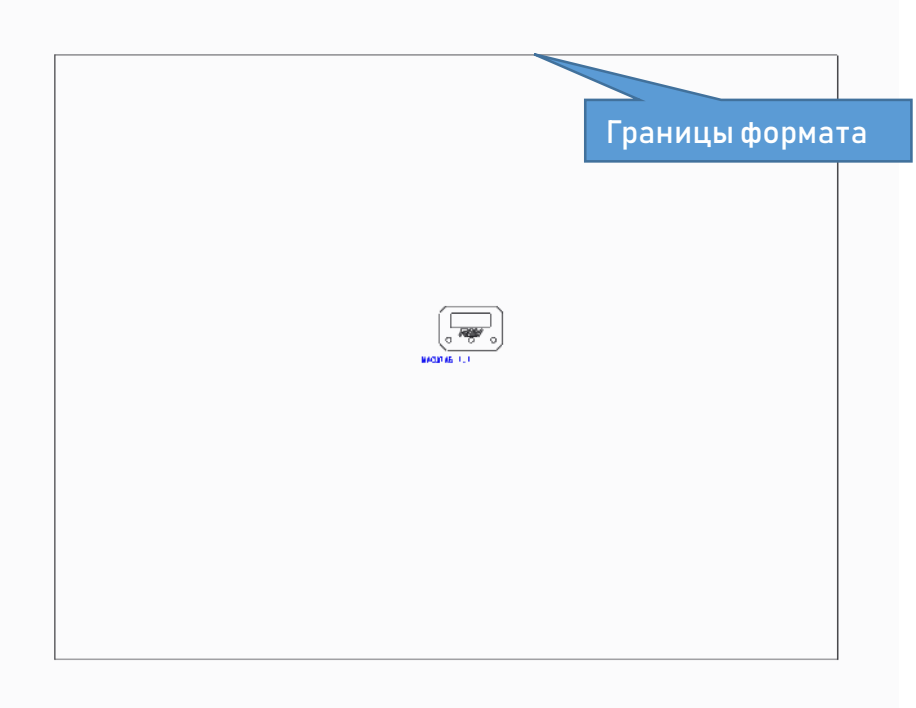


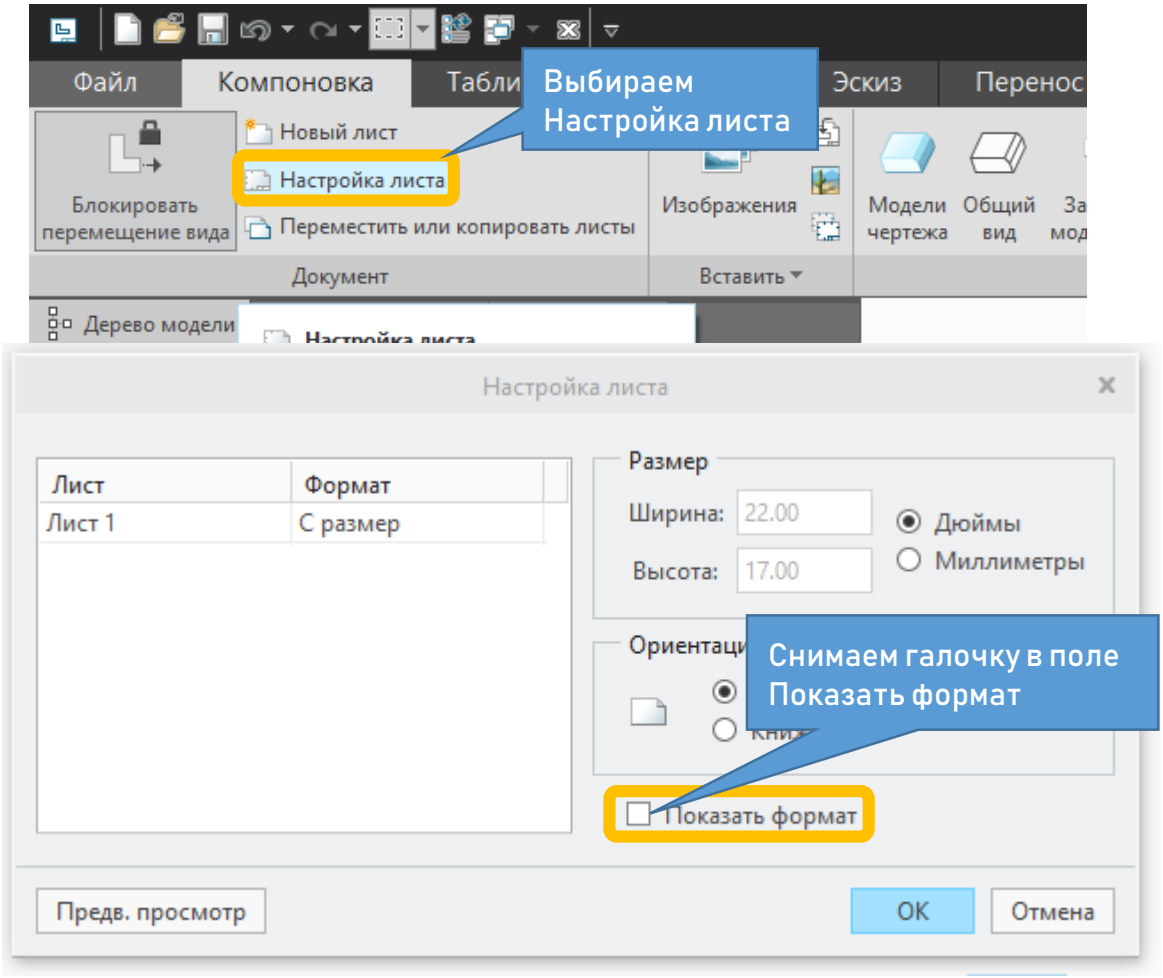
В настройках вида необходимо выбрать вид, аналогичный представленному и нажать применить.



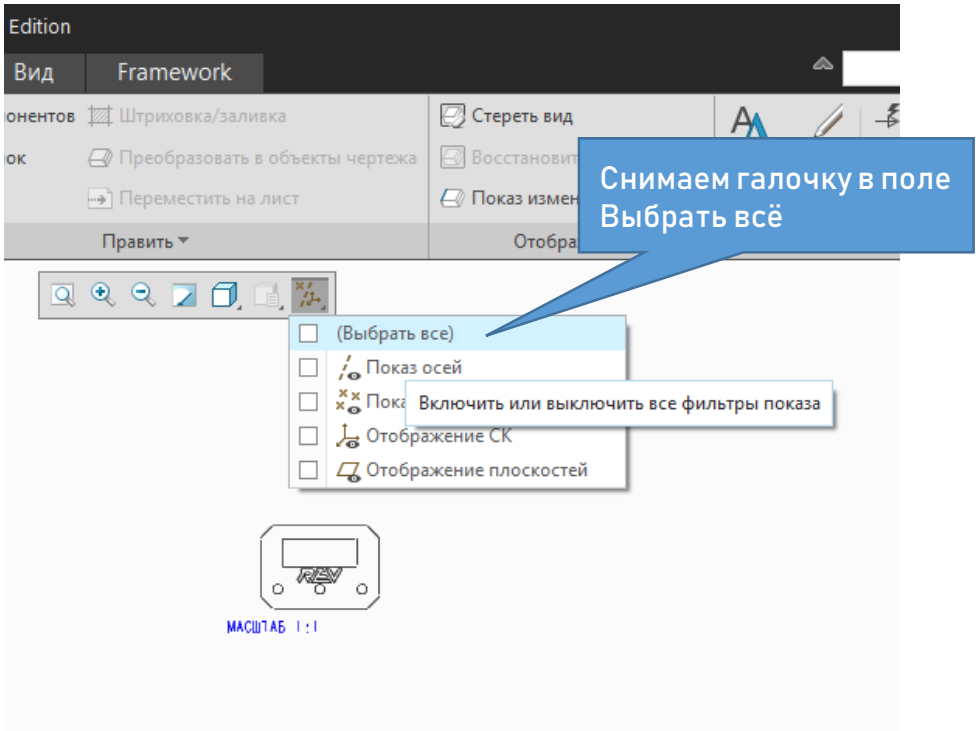


Далее нам необходимо скрыть отображение границ формата нашего листа, иначе они также экспортируются вместе с изображением детали.

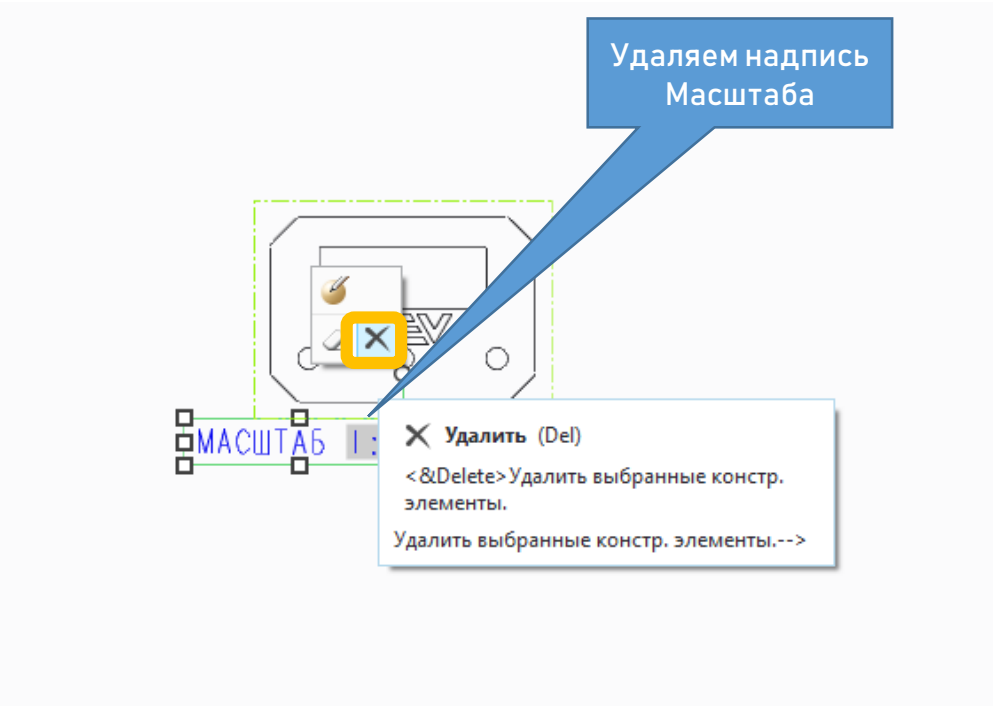


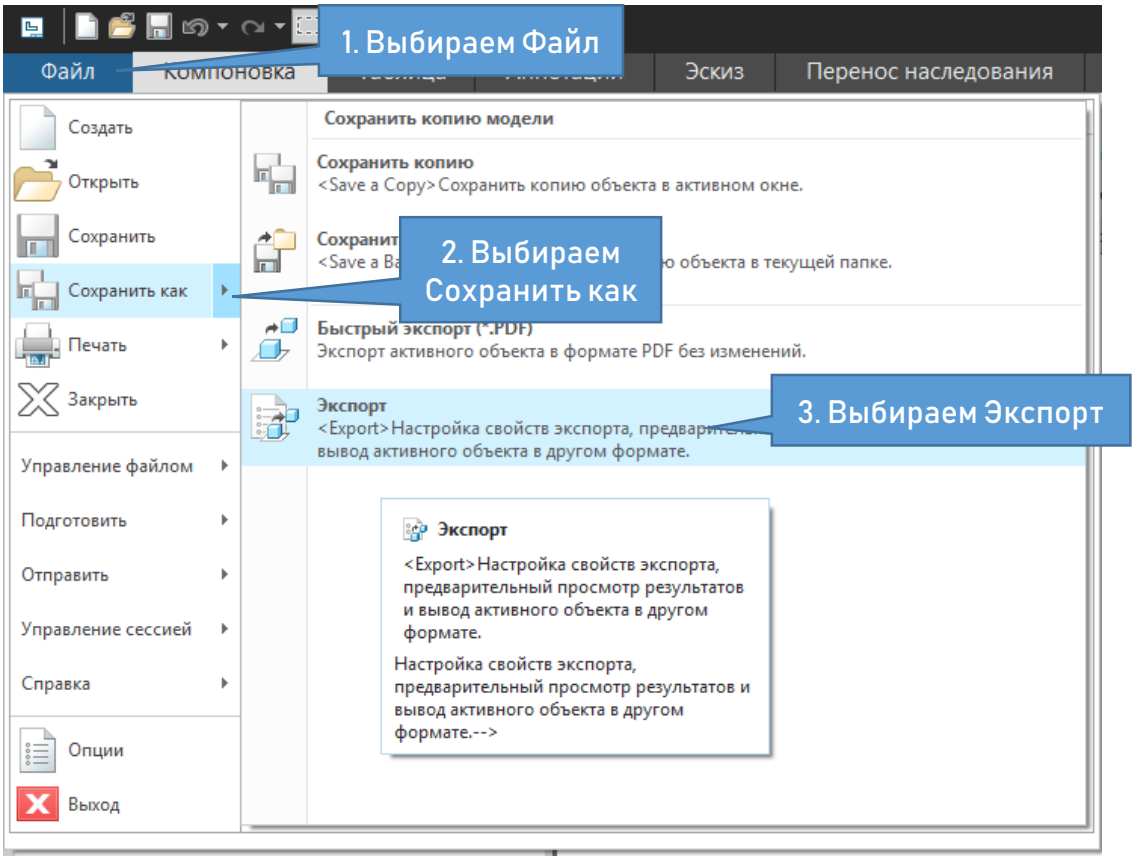


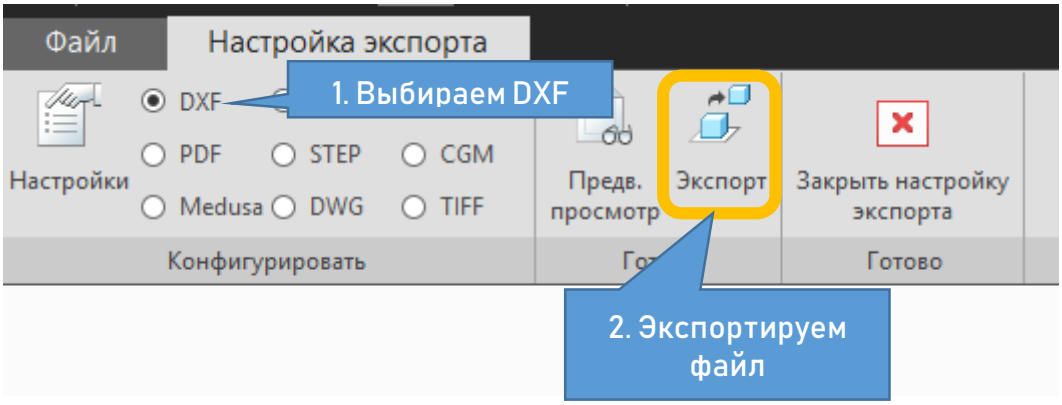
Обращаем внимание, что вся опорная геометрия модели должна быть скрыта.



Удаляем надпись Масштаба. Для этого ЛКМ кликаем по надписи и в контекстном меню выбираем удалить.







Далее выбираем место сохранение файла и присваиваем ему имя[9].

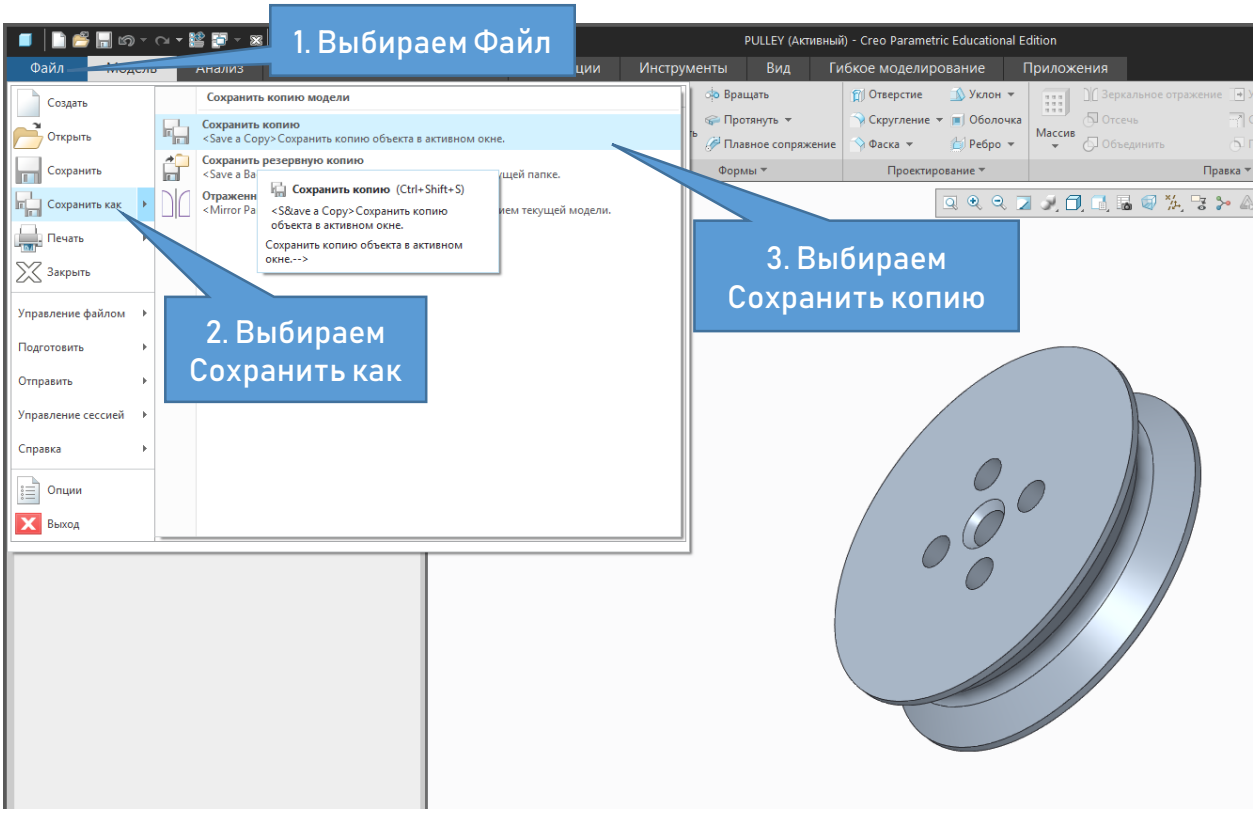
После сохранения файла вы можете загрузить его в смежное с вашим лазерным станком программное обеспечение.

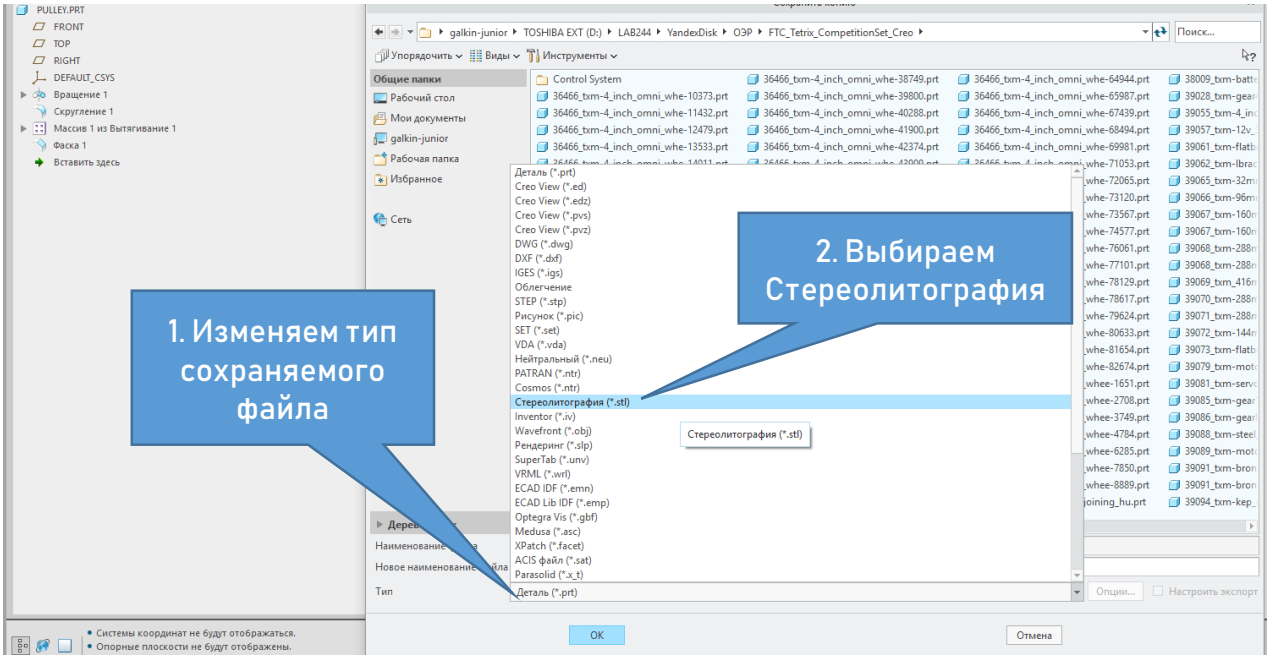
[9] Использовать кириллицу в этом случае нельзя.

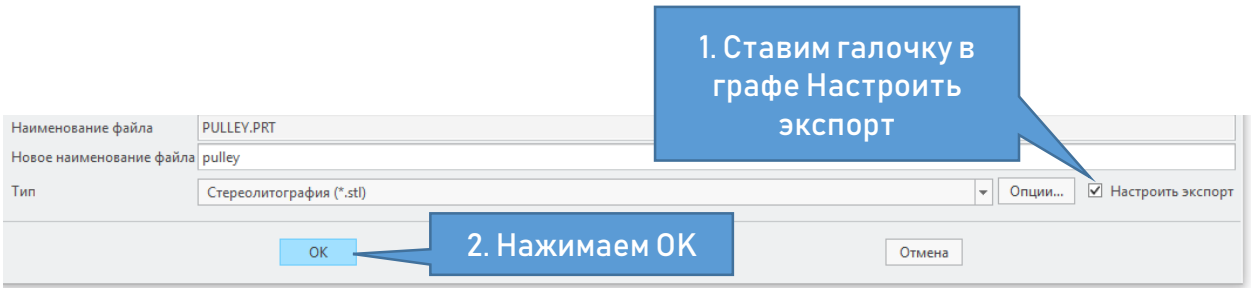
Подготовка файла к 3D-печати

Если вам потребовалось изготовить модель (модель может быть заимствованная или собственной разработки) с помощью 3D-печати, то вам достаточно её сохранить как файл .stl.

Возьмем для примера шкив.

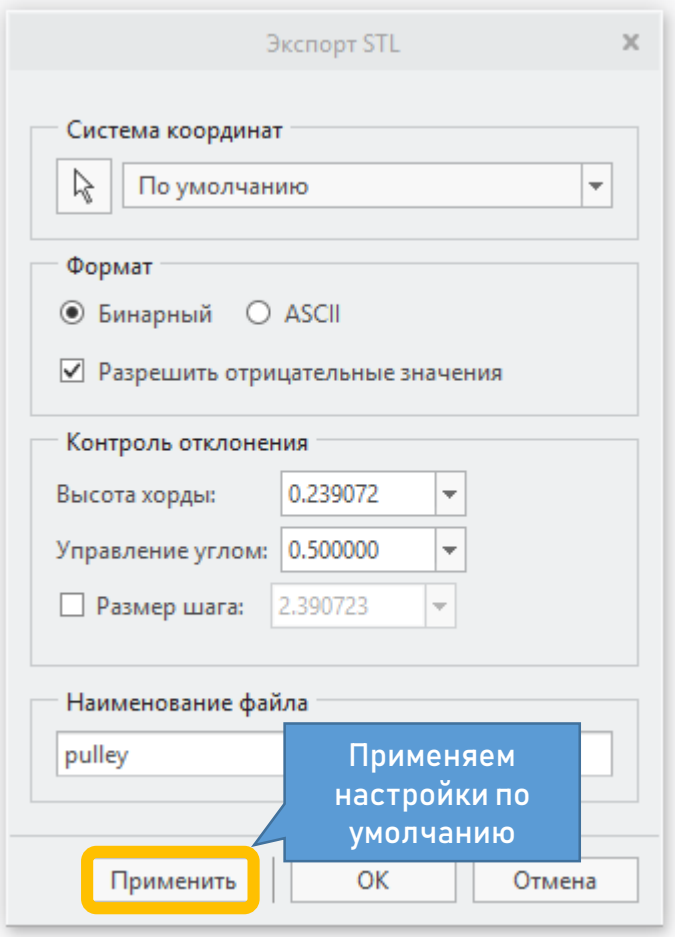


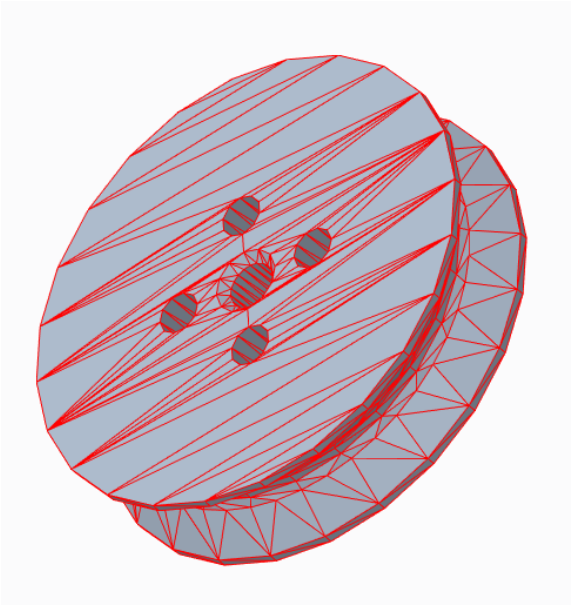




Если имя исходного файла было присвоено латиницей, то оно наследуется в имени сохраняемого файла. Если в имени файла была использована кириллица, то программа автоматически переименует сохраняемый файл.

В возникшем меню, мы будем управлять Высотой хорды, но прежде, примем значения в том виде, в котором предлагает программа.

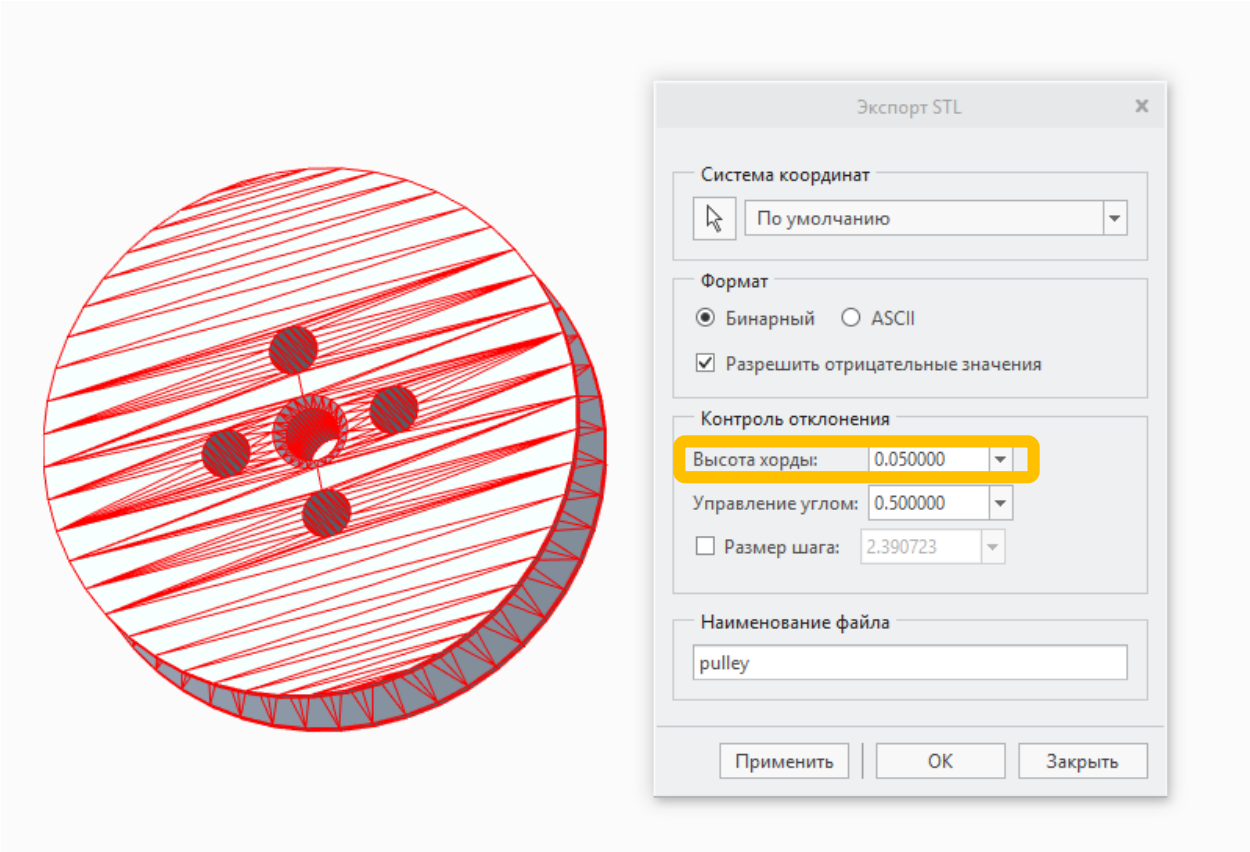




Мы видим, что наша фигура была разбита на множество треугольников, окружность была преобразована в многогранник.

Теперь изменим Высоту хорды, задав значение = 0,05

Мы видим, что количество граней увеличилось и фигура получила более четкие очертания.



Размер шага автоматически выбирается при этом наиболее оптимальный. Вы можете также его менять, но в данном случае это не будет приносить видимого улучшения, но может привести к увеличению объема файла.

Чем больше граней будет в модели, тем больший объем памяти он будет требовать.

Помните, сохранение файла с расширением .stl, не отменяет необходимость сохранения исходного файла. Использовать файл .stl в сборке проблематично.

В Creo есть модуль Restyle, который позволяет восстанавливать файлы. stl до CAD-файлов, но это процедура занимает значительное время.

После сохранения файла вы можете загрузить его в смежное с вашим 3D принтером программное обеспечение.

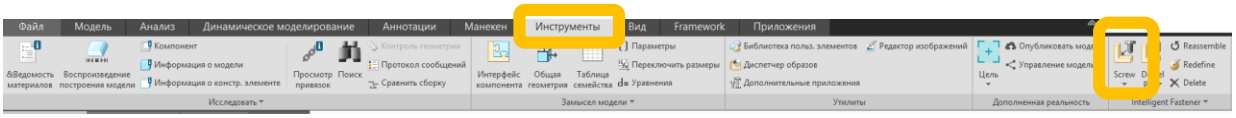
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ БИБЛИОТЕК

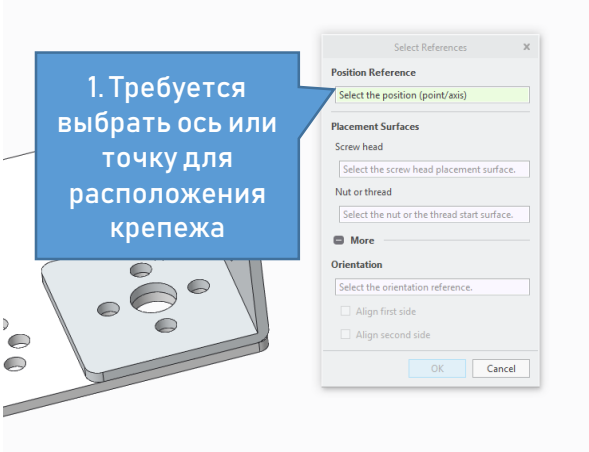
Со временем вам станет недостаточно тех деталей, которые имеются у вас в наборе, и вы начнёте изготавливать целые узлы самостоятельно. В этом случае будет удобно использовать стандартные изделия, приобретенные в строительном магазине.

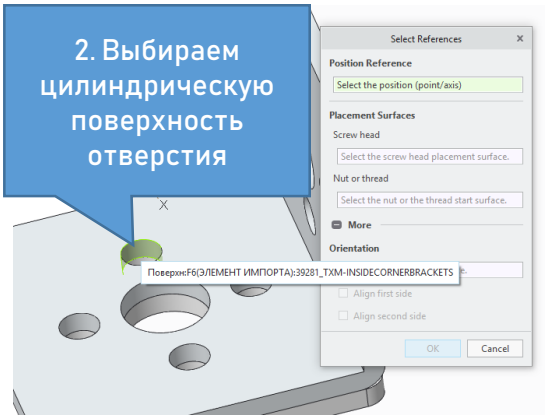
В данном случае речь о болтах, винтах и гайках, хотя и использование строительных профилей вам тоже может понадобиться. В САПР есть встроенные библиотеки таких изделий. Использование таких библиотек избавляет вас от труда создавать такие изделия вручную и значительно облегчают труд по размещению таких крепежных групп.

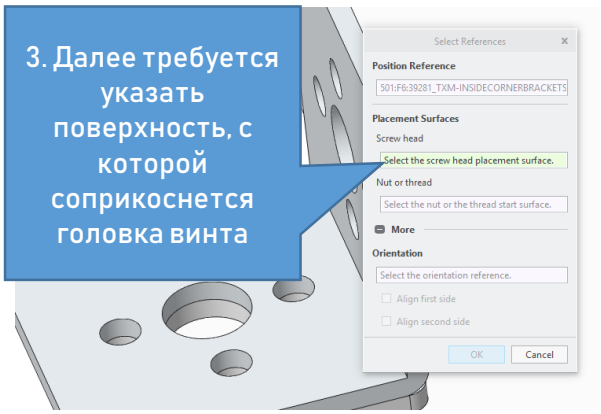
Создание крепежной группы[10]

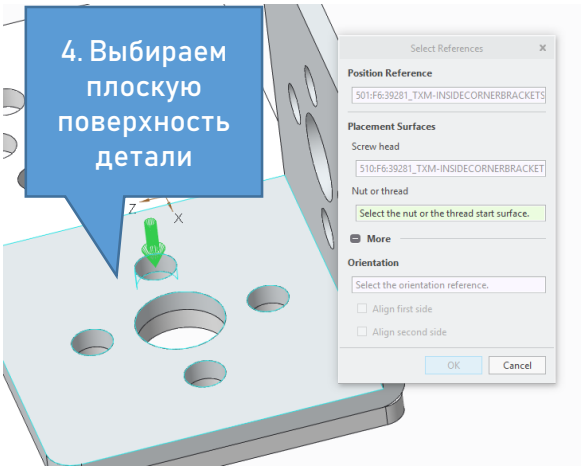
Перейдите на вкладку Инструменты (рис.ниже)



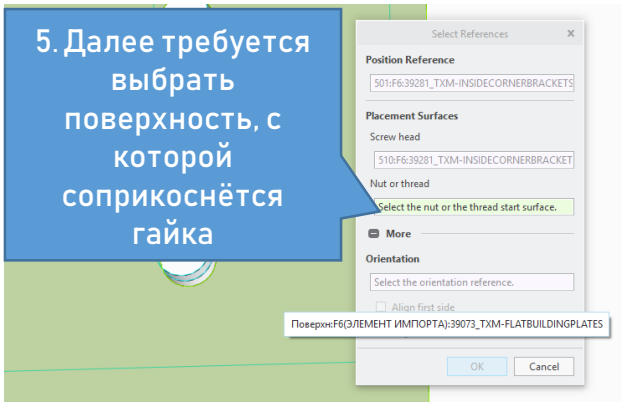


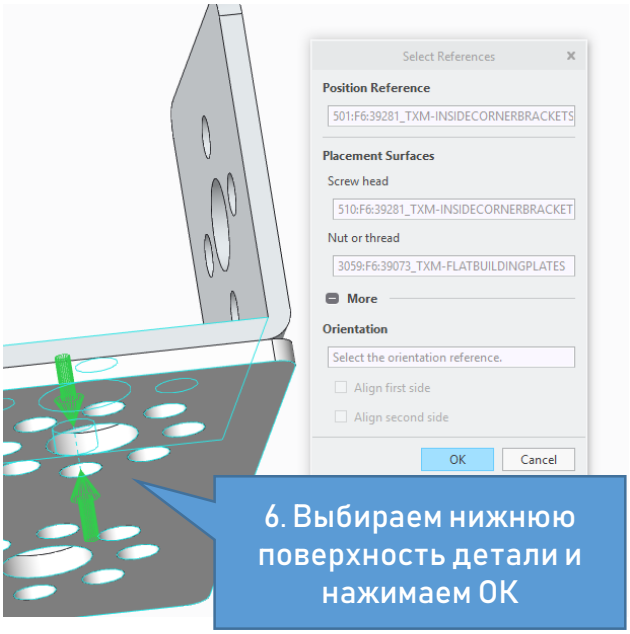


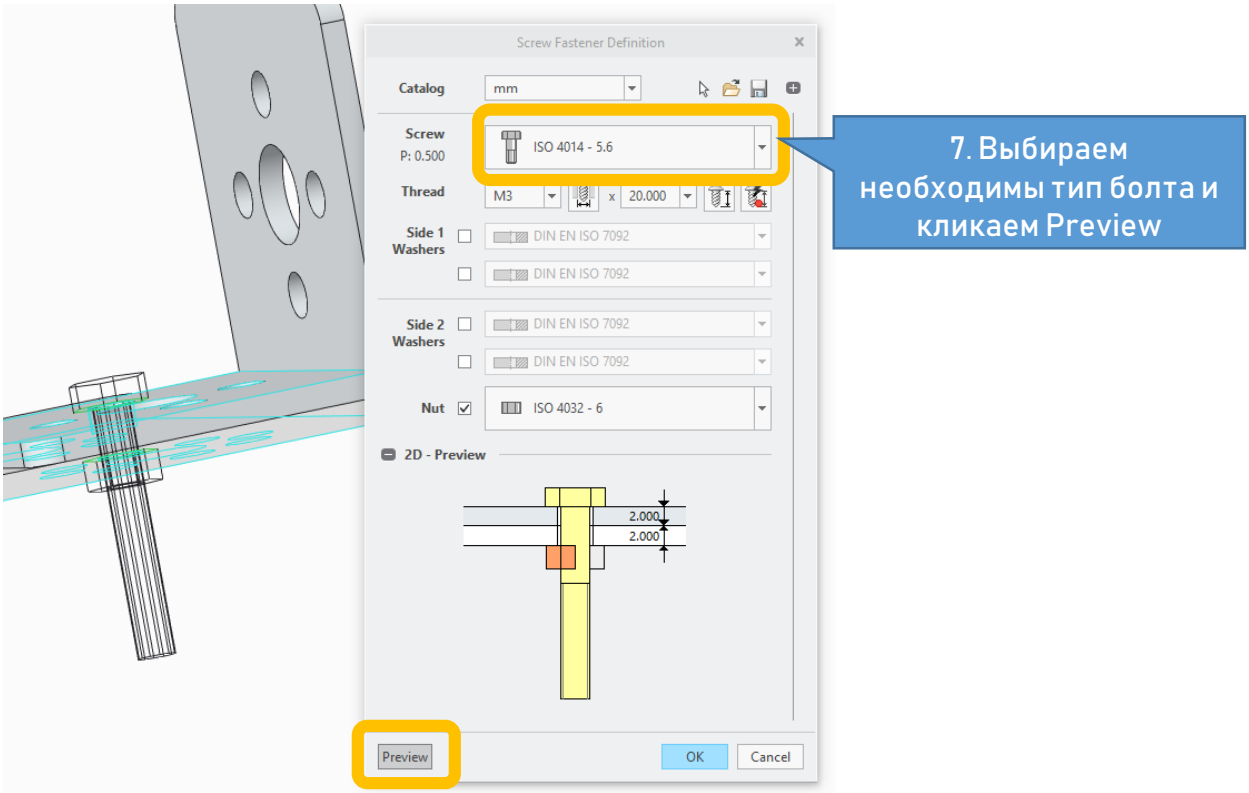


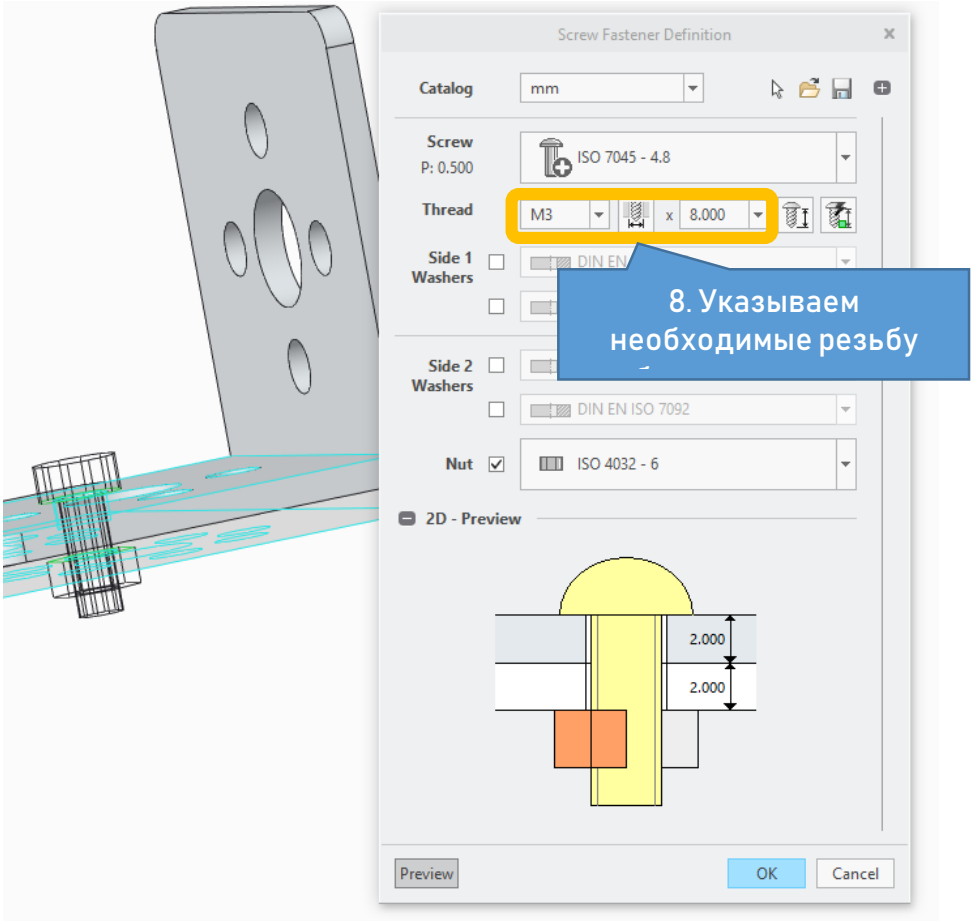


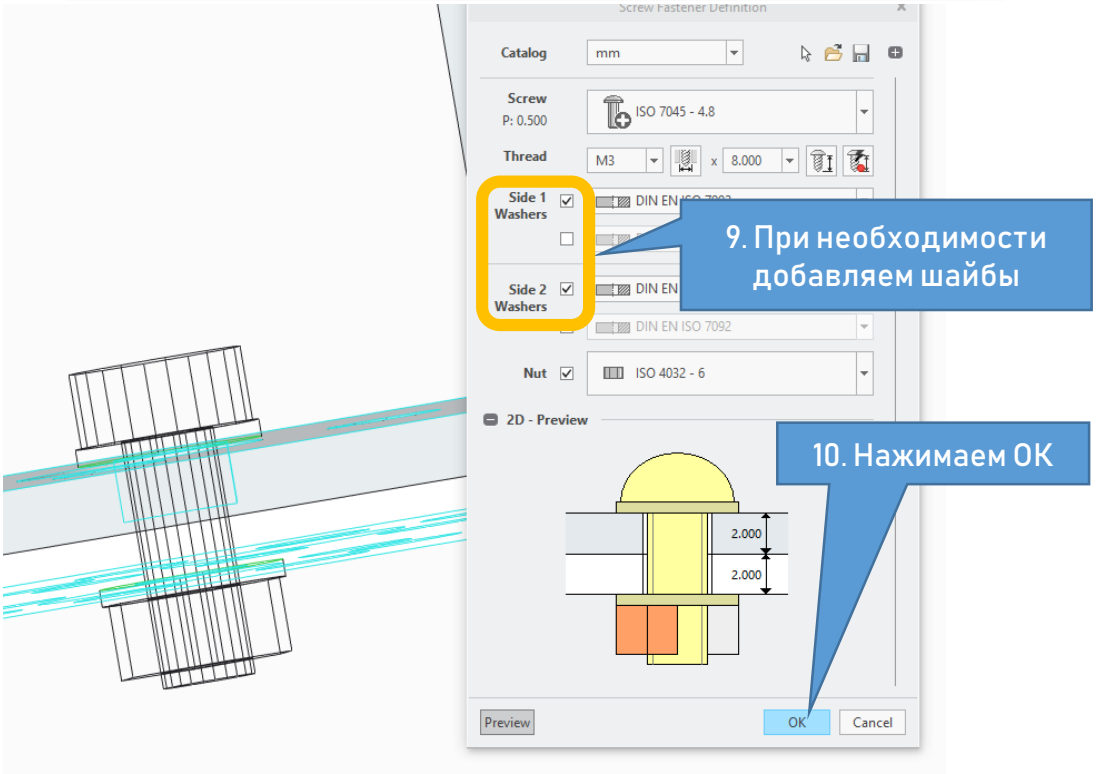
[10] Использовать библиотечные детали можно только в сборках.


5. Далее требуется выбрать поверхность, с которой соприкоснётся гайка
Select References
Position Reference
501:F6:39281_TXM-INSIDECORNERBRACKETS
Placement Surfaces
Screw head
510:F6:39281_TXM-INSIDECORNERBRACKET
Nut or thread
Select the nut or the thread start surface.
More
Orientation
Select the orientation reference.
Align first side
Поверхн:F6(ЭЛЕМЕНТ ИМПОРТА):39073_TXM-FLATBUILDINGPLATES
OK
Cancel


Select References
Position Reference
501:F6:39281_TXM-INSIDECORNERBRACKETS
Placement Surfaces
Screw head
510:F6:39281_TXM-INSIDECORNERBRACKET
Nut or thread
3059:F6:39073_TXM-FLATBUILDINGPLATES
More
Orientation
Select the orientation reference.
Align first side
Align second side
OK
Cancel
6. Выбираем нижнюю поверхность детали и нажимаем OK


Screw Fastener Definition
Catalog
mm
Screw
P: 0.500
ISO 4014 - 5.6
Thread
M3
x
20.000
Side 1 Washers
DIN EN ISO 7092
DIN EN ISO 7092
Side 2 Washers
DIN EN ISO 7092
DIN EN ISO 7092
Nut
ISO 4032 - 6
2D - Preview
2.000
2.000
Preview
OK
Cancel
7. Выбираем необходимы тип болта и кликаем Preview

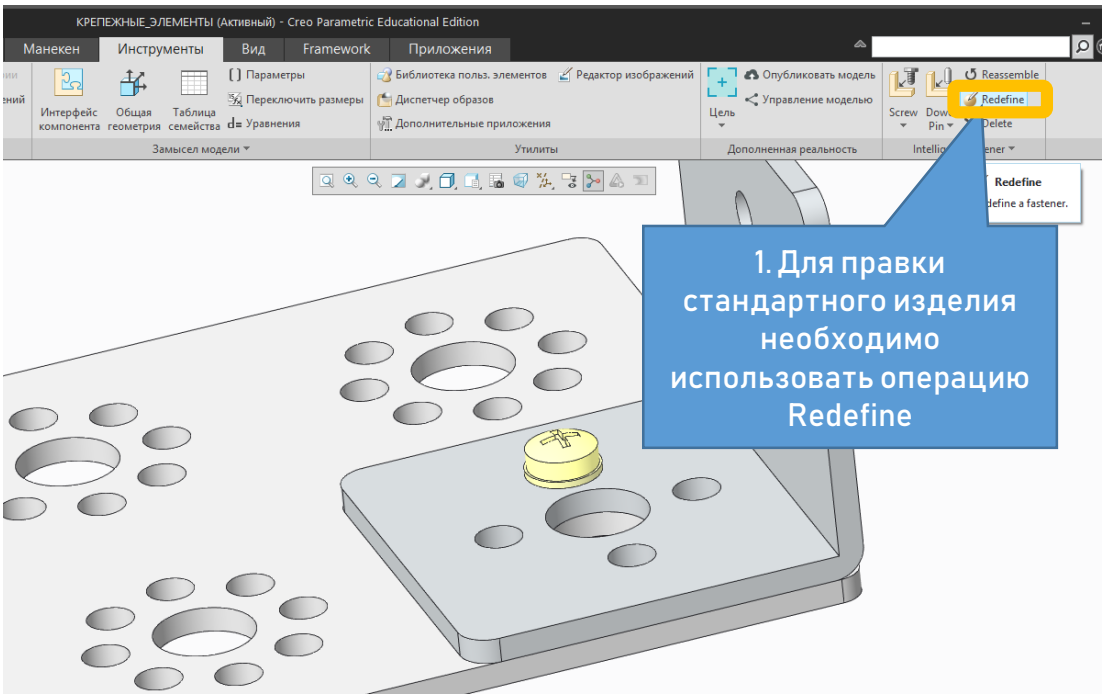

Screw Fastener Definition
Catalog
mm
Screw
P: 0.500
ISO 7045 - 4.8
Thread
M3
x
8.000
Side 1
Washers
DIN EN
Side 2
Washers
DIN EN ISO 7092
Nut
ISO 4032 - 6
2D - Preview
2.000
2.000
Preview
OK
Cancel
8. Указываем необходимые резьбу

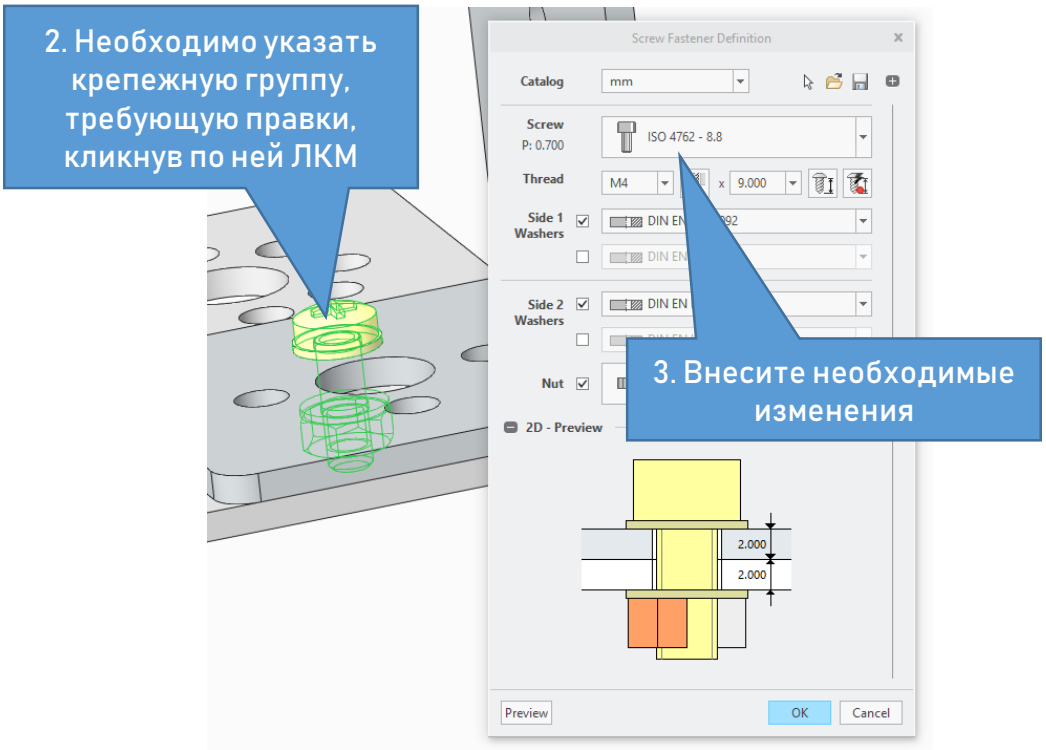

Catalog
mm
Screw
P: 0.500
ISO 7045 - 4.8
Thread
M3
x
8.000
Side 1
Washers
Side 2
Washers
DIN EN ISO 7092
Nut
ISO 4032 - 6
2D - Preview
2.000
2.000
Preview
OK
Cancel
9. При необходимости добавляем шайбы
10. Нажимаем OK

Если мы хотим разместить болт без гайки, то на шаге 4 следует дважды выбрать поверхность, с которой должна соприкоснуться головка болта.

Также данный инструмент позволяет автоматически подбирать диаметр и длину болта, размещать крепежные элементы группой (если программа распознаёт массив элементов).

Изменение крепежной группы.

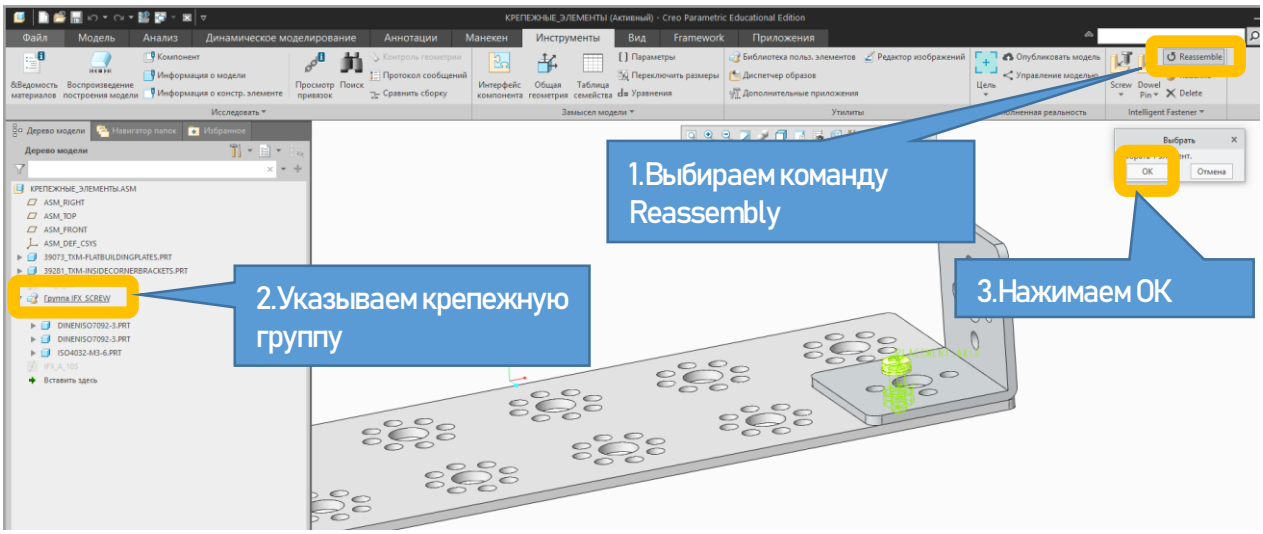


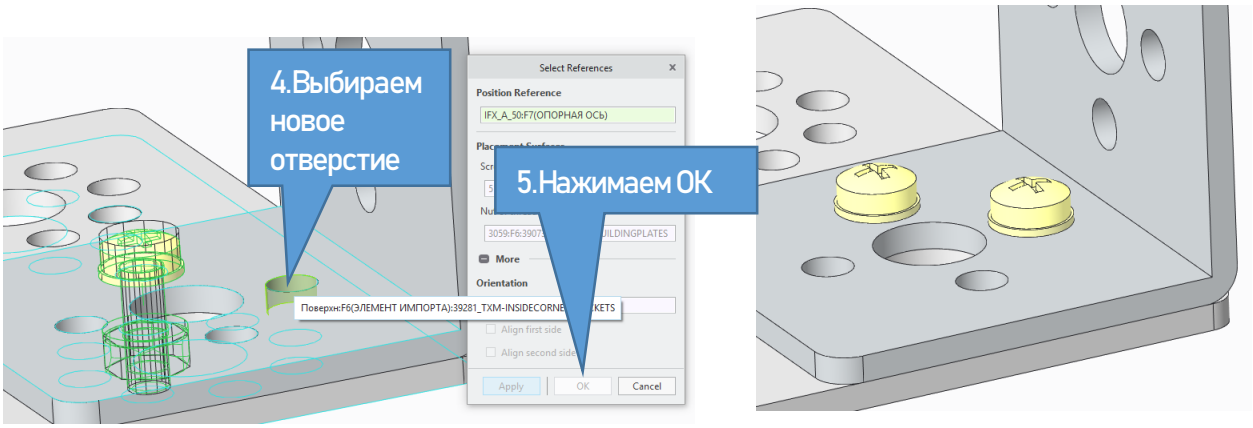


Если программа не определила массива отверстий для размещения крепежной группы, вы можете определить её самостоятельно, используя знания, полученные ранее из раздела о Гибком моделировании.

Повторение крепежной группы

Чтобы повторить размещение крепежной группы в другом месте, необходимо выбрать команду Reassembly и выбрать другое отверстие (см. рис. ниже).





На этом, изучение данного раздела не заканчивается, но эти знания помогут вам более грамотно подходить к проекту, используя функционал САПР.

Желаем удачи!

НАЗНАЧЕНИЕ МАТЕРИАЛА МОДЕЛЯМ

Создавая свой проект, вы сможете затем проводить небольшие анализы с целью улучшения конструкции и других характеристик вашего проекта. Одной из важных характеристик материала является его плотность. Если заданы материалы всем деталям вашего изделия, то вы без труда найдете массу вашего изделия и положение центра масс.

Давайте рассмотрим примеры назначения материала модели и создание нового материала[11].

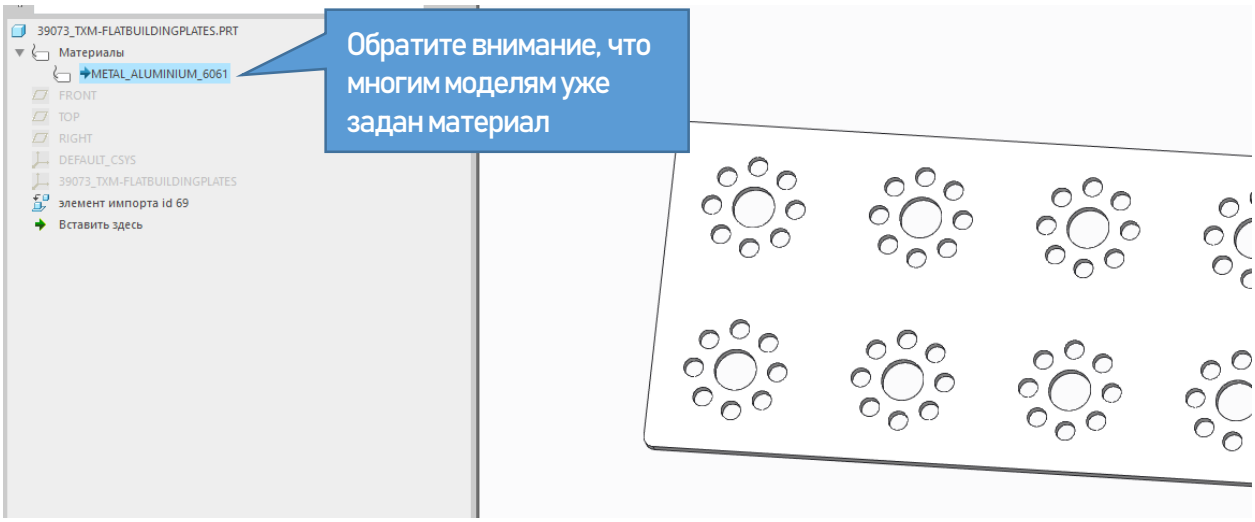
Напомним, что плотность - это отношение массы тела к его объёму. Обозначается буквой ρ и вычисляется:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

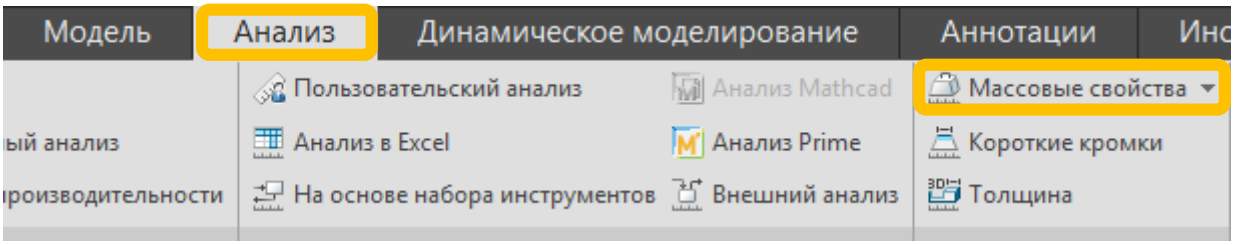
где m — масса тела, V — его объём.

Единицы измерения по СИ: кг/м³

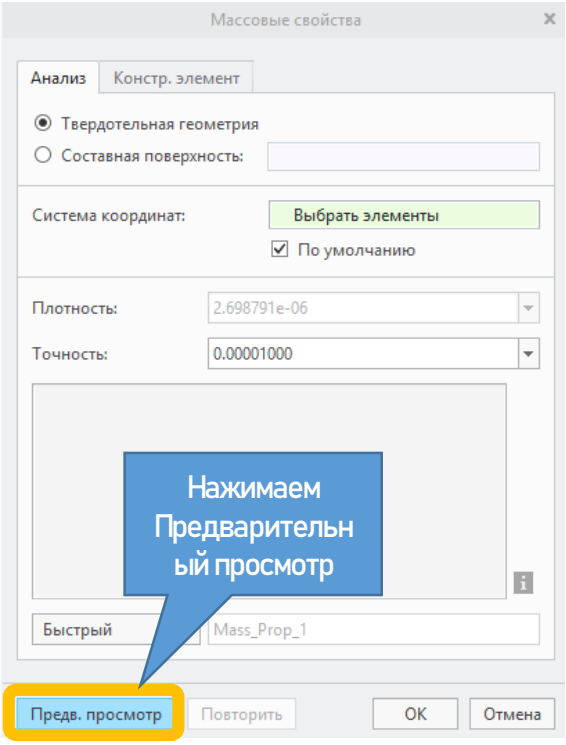
Нам достаточно указать материалу плотность и программа сама вычислит массу этой модели.

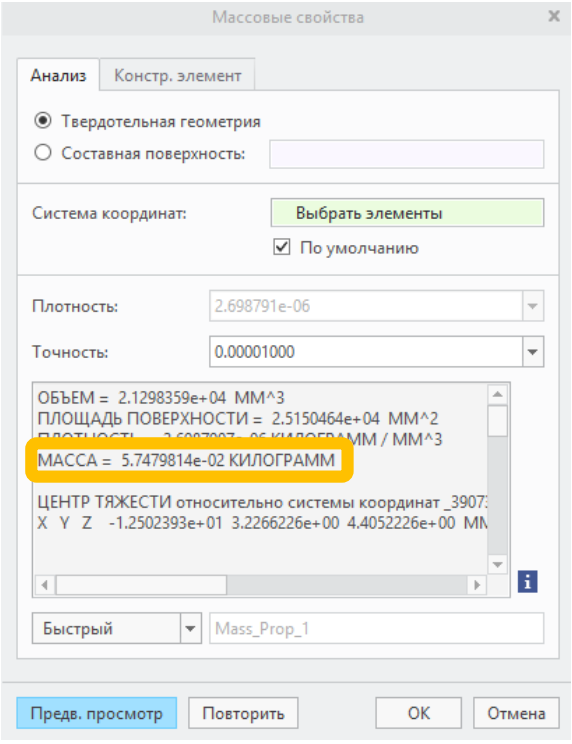


Давайте посмотрим на массу данной пластины. Для этого перейдем на вкладку Анализ и выберем Массовые свойства.



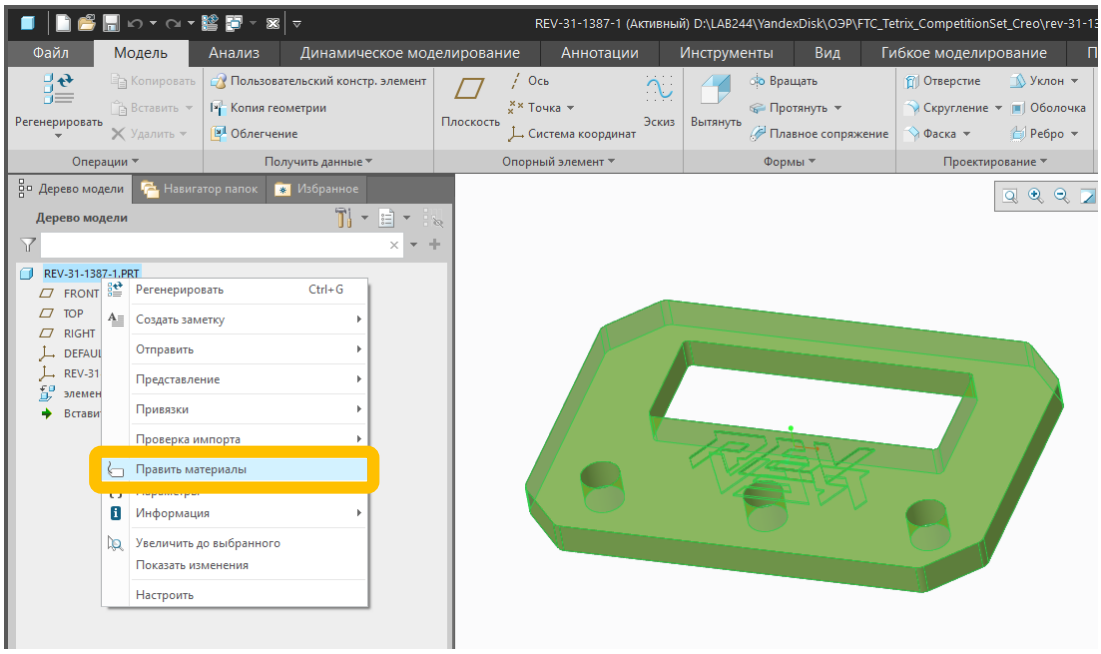
[11] В данном случае нас будут интересовать только наименование материала и его плотность. Мы не будем вводить такие важные характеристики материала, как: модуль Юнга, коэффициент Пуассона, коэффициент теплопроводности и др., - т.е. такие параметры без которых невозможно выполнить структурный и тепловой анализы.



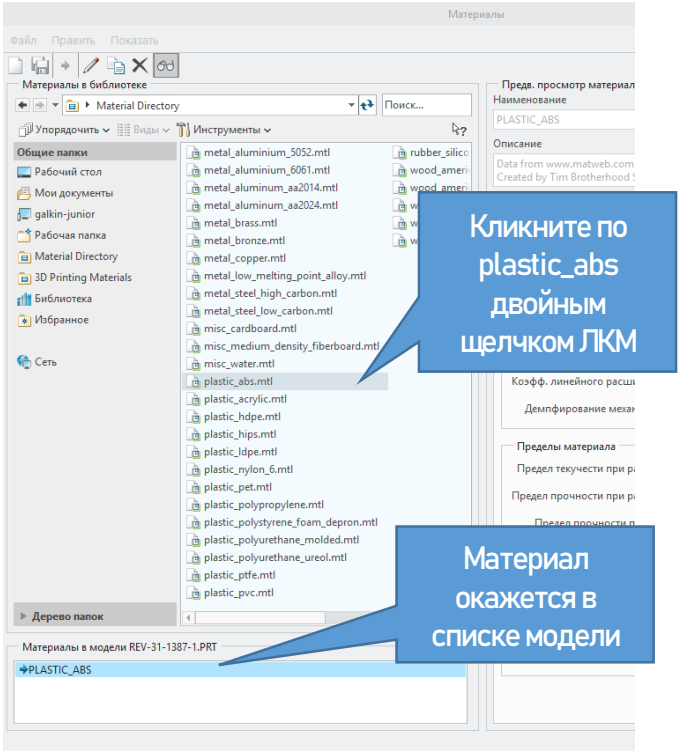


В данном случае масса пластины $5{,}748 \cdot 10^{-2}$ кг, т.е. масса нашей пластины 57,5 гр.

Рассмотрим назначение материала. Откройте модель пластины для кнопки. В дереве модели нажмите ПКМ на наименование файла и удерживайте до тех пор, пока не увидите контекстное меню. В нем необходимо выбрать Править материалы.



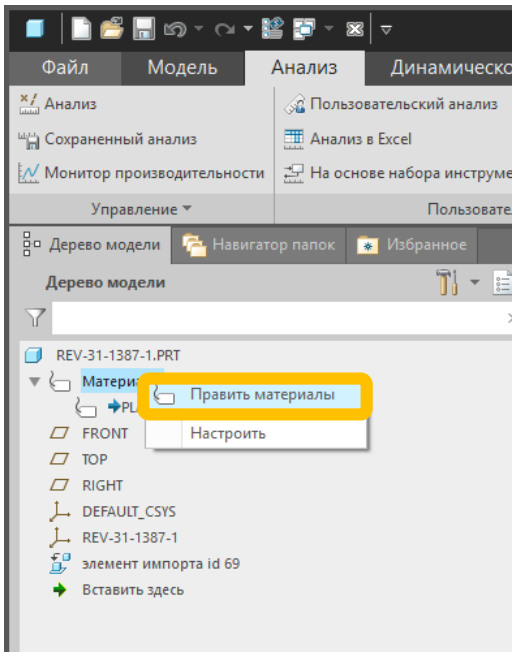
Стрелочка напротив материала говорит о том, что материал присвоен модели.

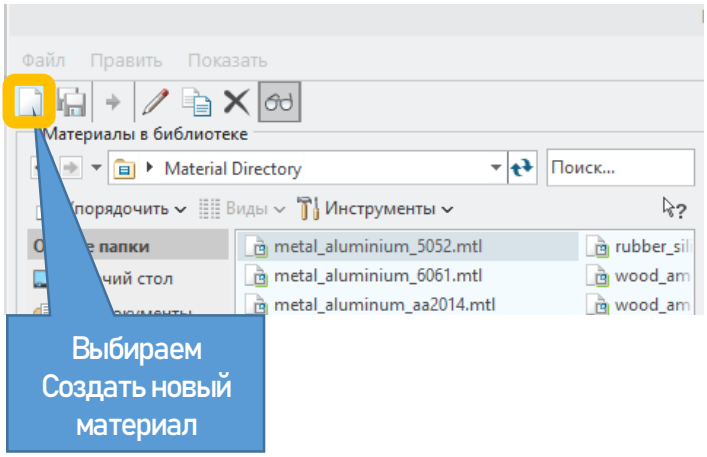


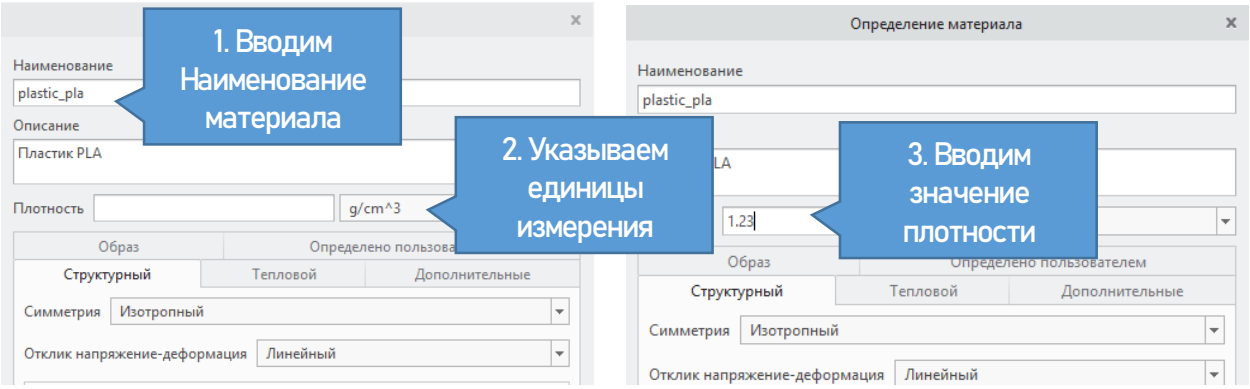
Нажимаем OK. Проверяем массовые свойства модели. Масса детали ≈ 3 гр.

Давайте теперь создадим свой материал и сохраним его в библиотеку материалов. Возьмем для этого пластик PLA, который наиболее часто используется для 3D-печати. Возьмем плотность данного пластика = 1,23 гр/см^3

Зайдем в Правку материала. Для этого ПКМ по Материалу.

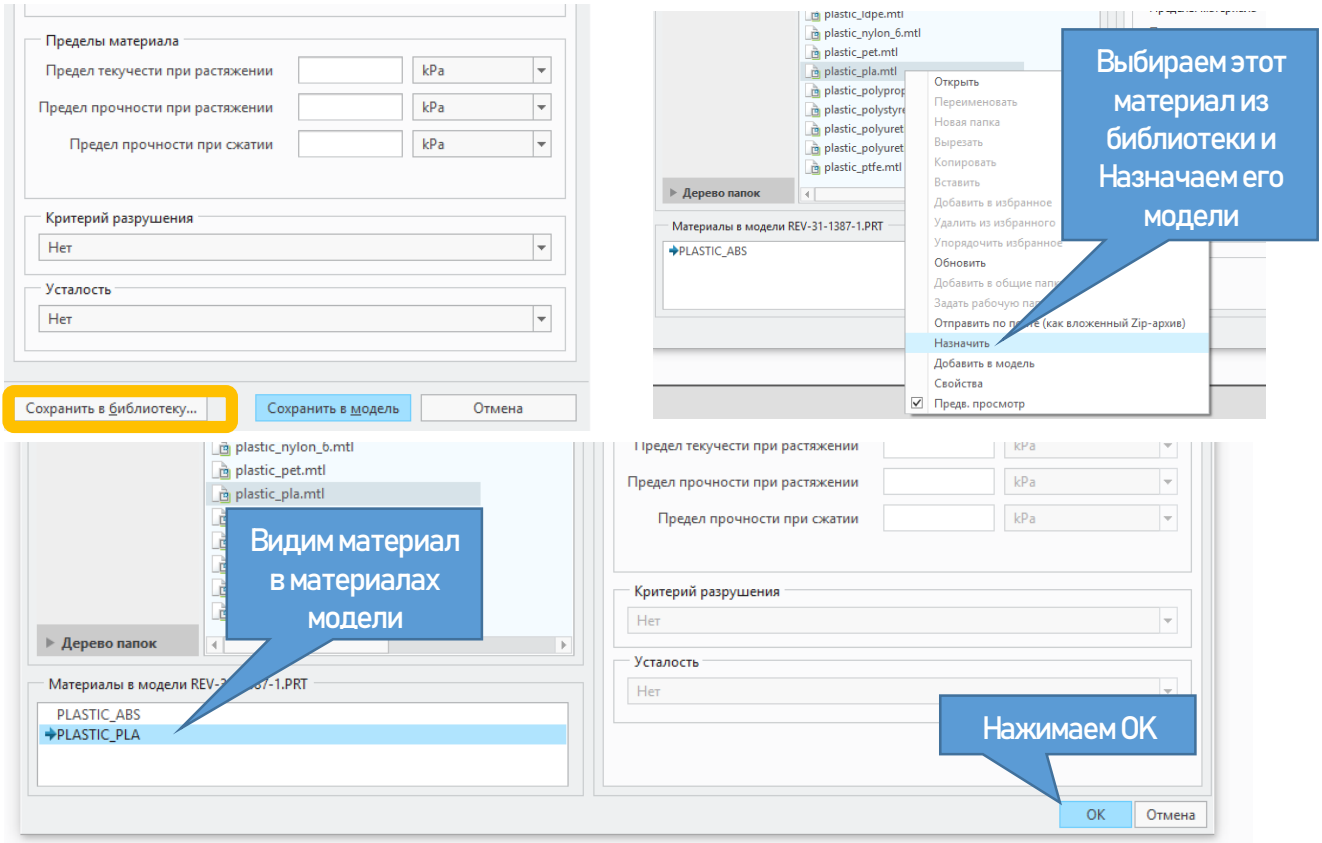






Новый материал можно сохранить в модели, но лучше сразу его добавить в библиотеку. Для этого выберите опции Сохранить в библиотеку (см. рис. ниже). И далее проходите в папку, где хранятся материалы:

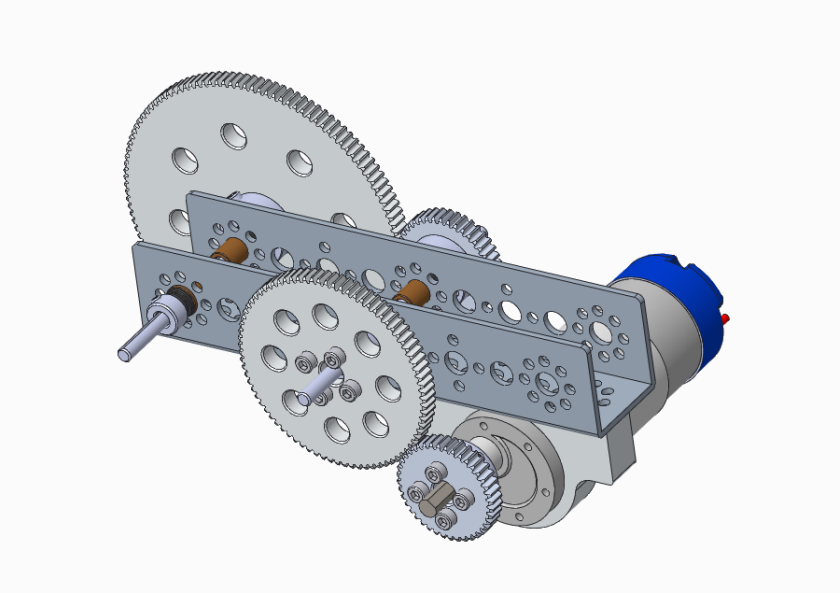
C:\Program Files\PTC\Creo 5.0.5.0\Common Files\creo_standards\material_database\ - после это нажимаете OK.



На этом мы завершаем знакомство с темой назначение материала модели.

Вы научились: назначать материал, создавать материал и производить анализ массовых свойств модели

СОЗДАНИЕ ЗУБЧАТЫХ ПАР



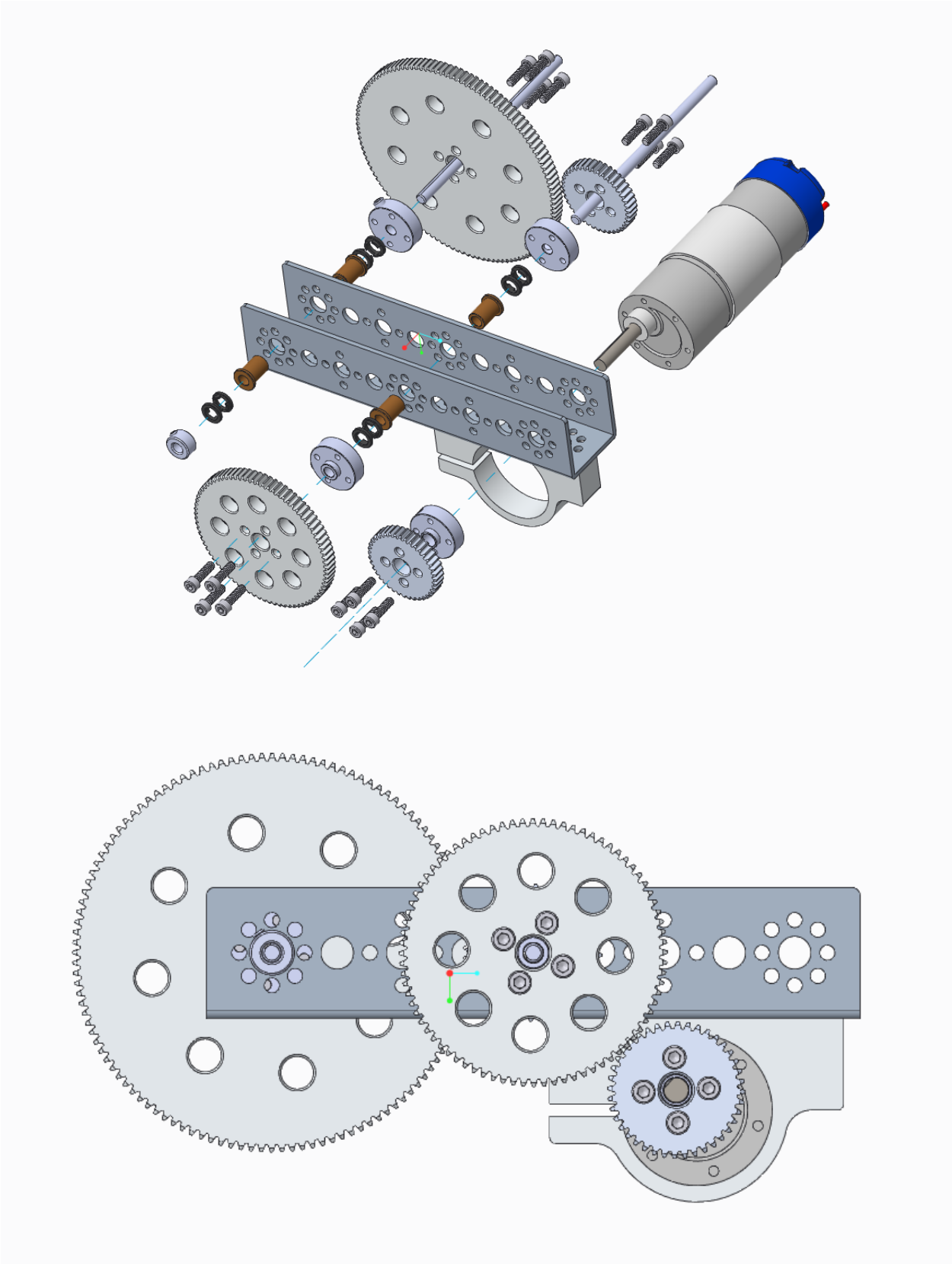
Рассмотрим создание цилиндрической зубчатой передачи в САПР.

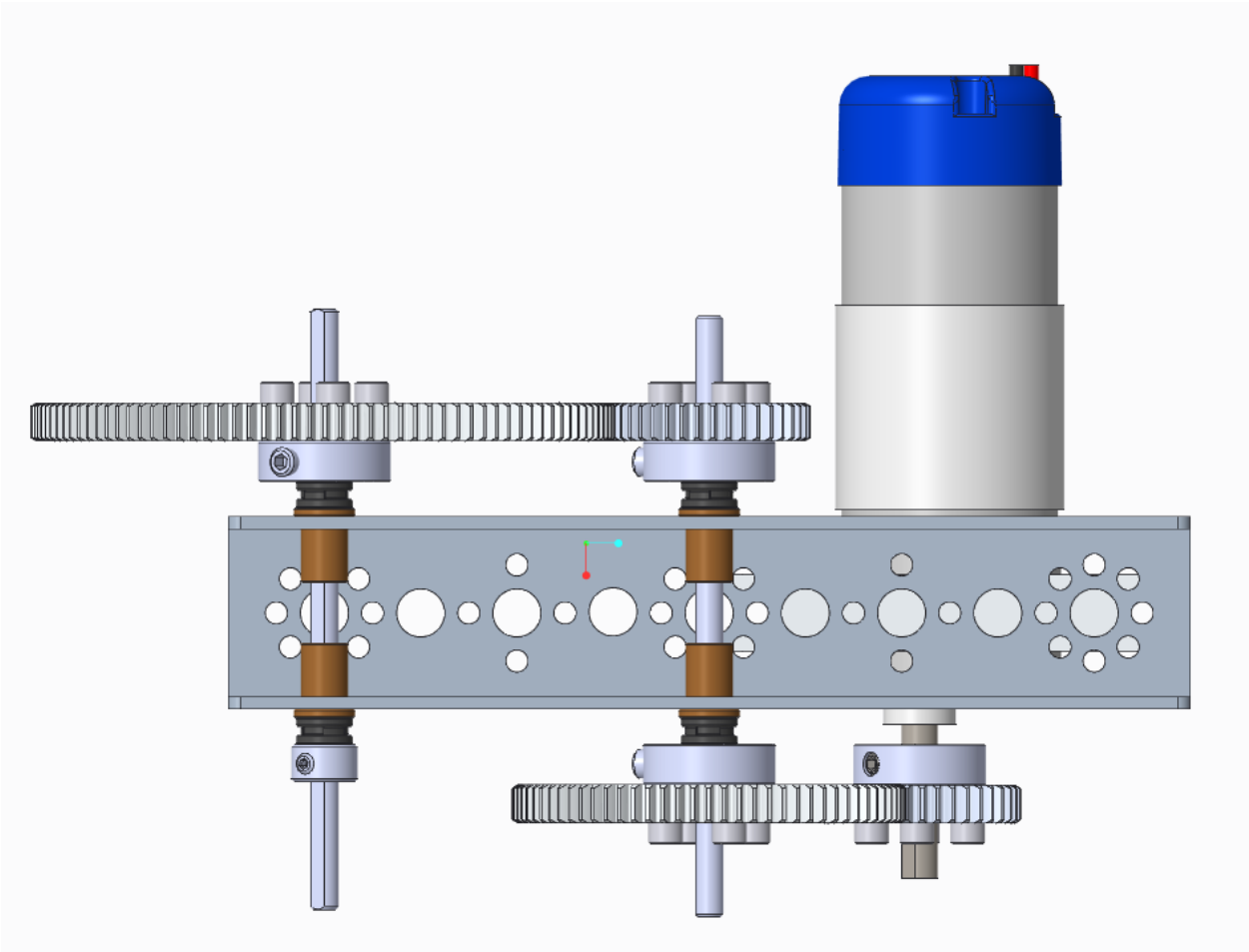
Зубчатая передача является одним из самых распространённых типов механической передачи, благодаря тому, что обладает высокой надежностью, способна передавать значительные мощности, обладает высоким КПД и постоянным передаточным числом.

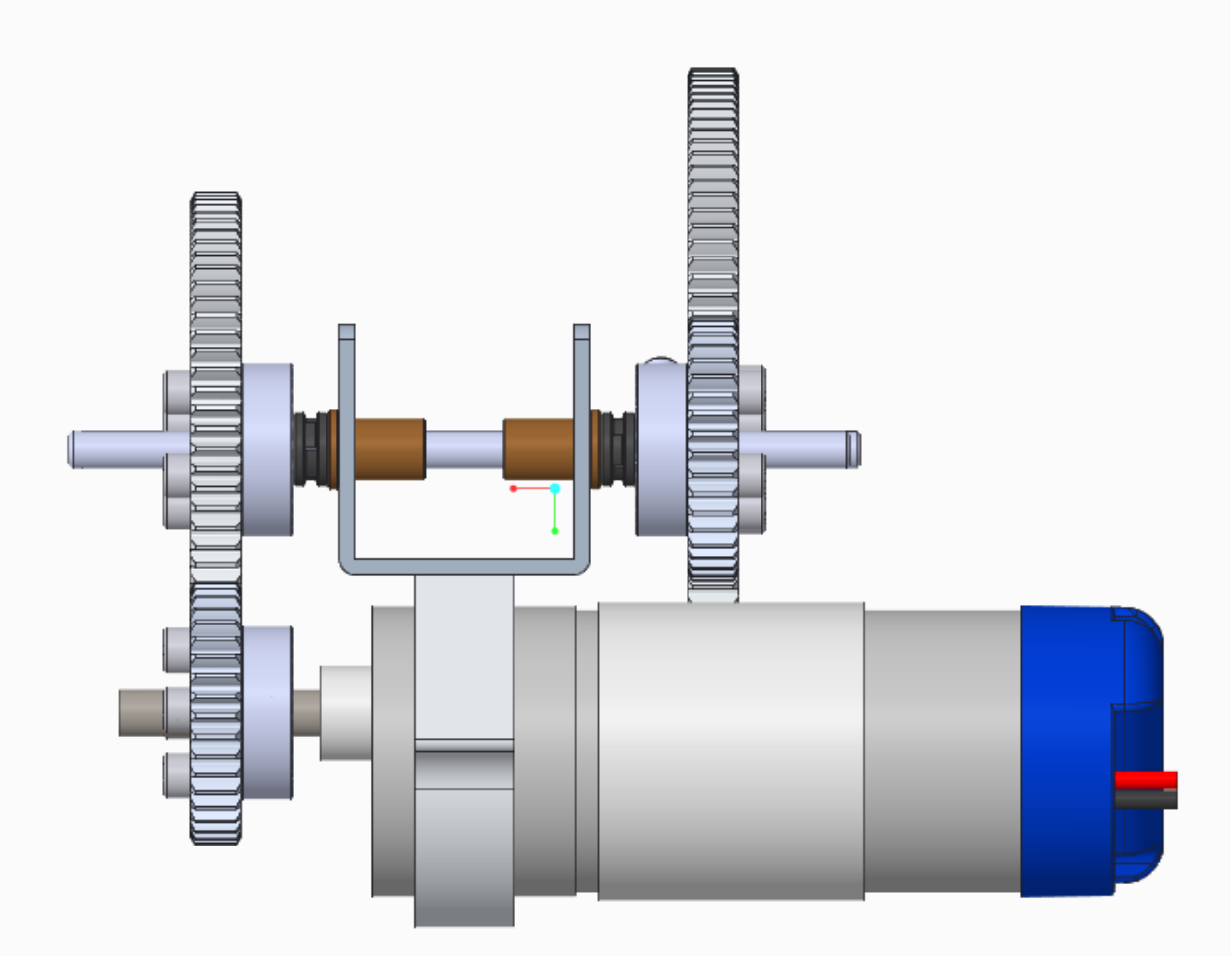
В нашем случае будет понижающая передача, так как на валу скорость будет выше чем на осях, т.е. угловая скорость мотора выше скорости вращения оси.

Отношение угловых скоростей ведущего вала к ведомому называется передаточным числом и обозначается i с

Используя изображения постарайтесь воспроизвести сборку редуктора. При установке осей выбирайте тип закрепления Штифт.





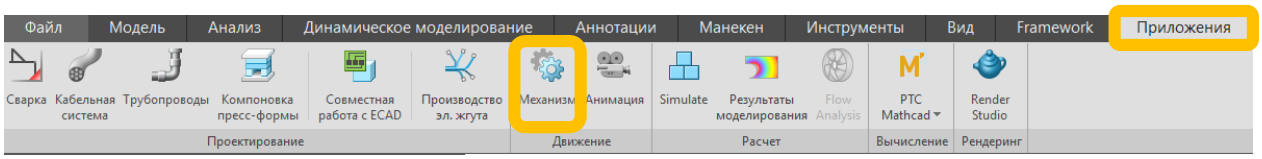


Используйте таблицу для поиска компонетов.

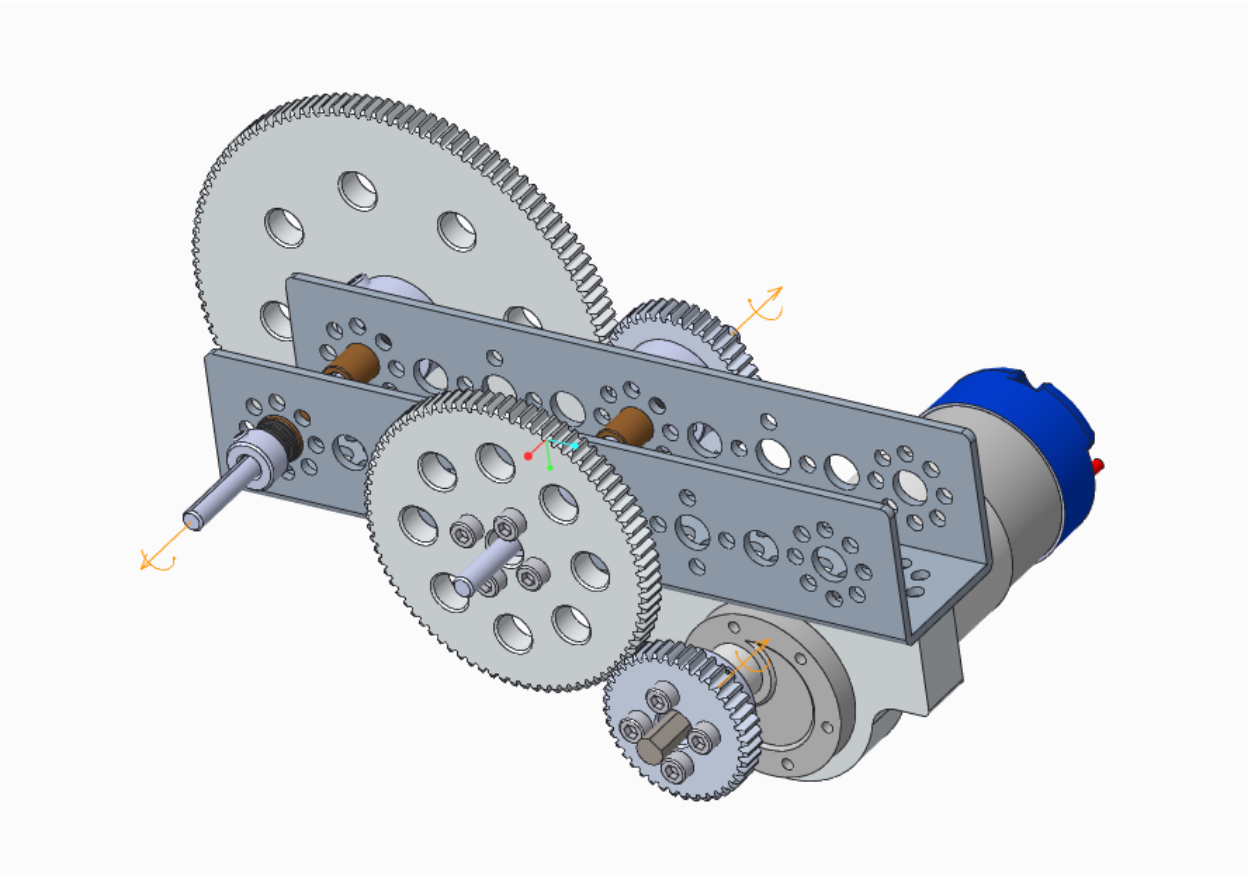
Наименование	Тип	Количество
39067_TXM-160MMCHANNEL	Деталь	1
39091_TXM-BRONZE_BUSHING-1-SOLI	Деталь	4
39088_TXM-STEEL_AXLE_100MM	Деталь	2
41665_TXP_6MM_PLASTIC_BUSHING_S	Деталь	8
39172_TXM-AXLE_HUB_WITH_SET_S_1	Подсборка	2
39028_TXM-GEAR40-TOOTH	Деталь	2
39097_TXM-SHCS_6-32_X_0_5	Деталь	16
39172_TXM-AXLE_HUB_WITH_SET_SCR	Подсборка	1
39086_TXM-GEAR80-TOOTH	Деталь	1
39089_TXM-MOTORMOUNT	Деталь	1
44260_TXM_TORQUENADO_DC_MOTOR	Подсборка	1
39079_TXM-MOTOR_SHAFT_HUB_WITH_	Подсборка	1
39085_TXM-GEAR120-TOOTH	Деталь	1
39092_TXM-AXLESETCOLLARS	Подсборка	1

Убедитесь, что обе оси и вал мотора вращаются, а вместе с ними и зубчатые колеса. Для этого, зажмите клавиши на клавиатуре Ctrl и Alt, и ЛКМ потяните за любое из зубчатых колёс, оно должно поворачиваться на 360°.

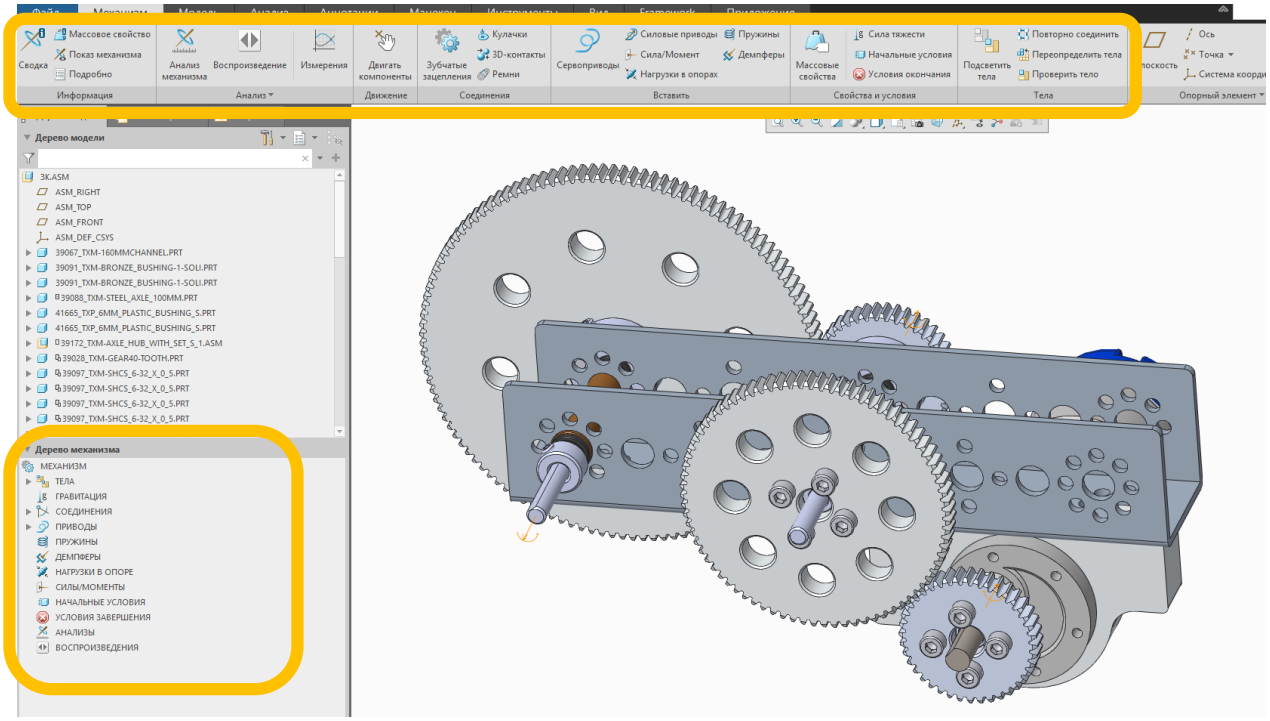
Для создания зубчатого зацепления, нам необходимо перейти на вкладку Приложения и далее в Механизм.



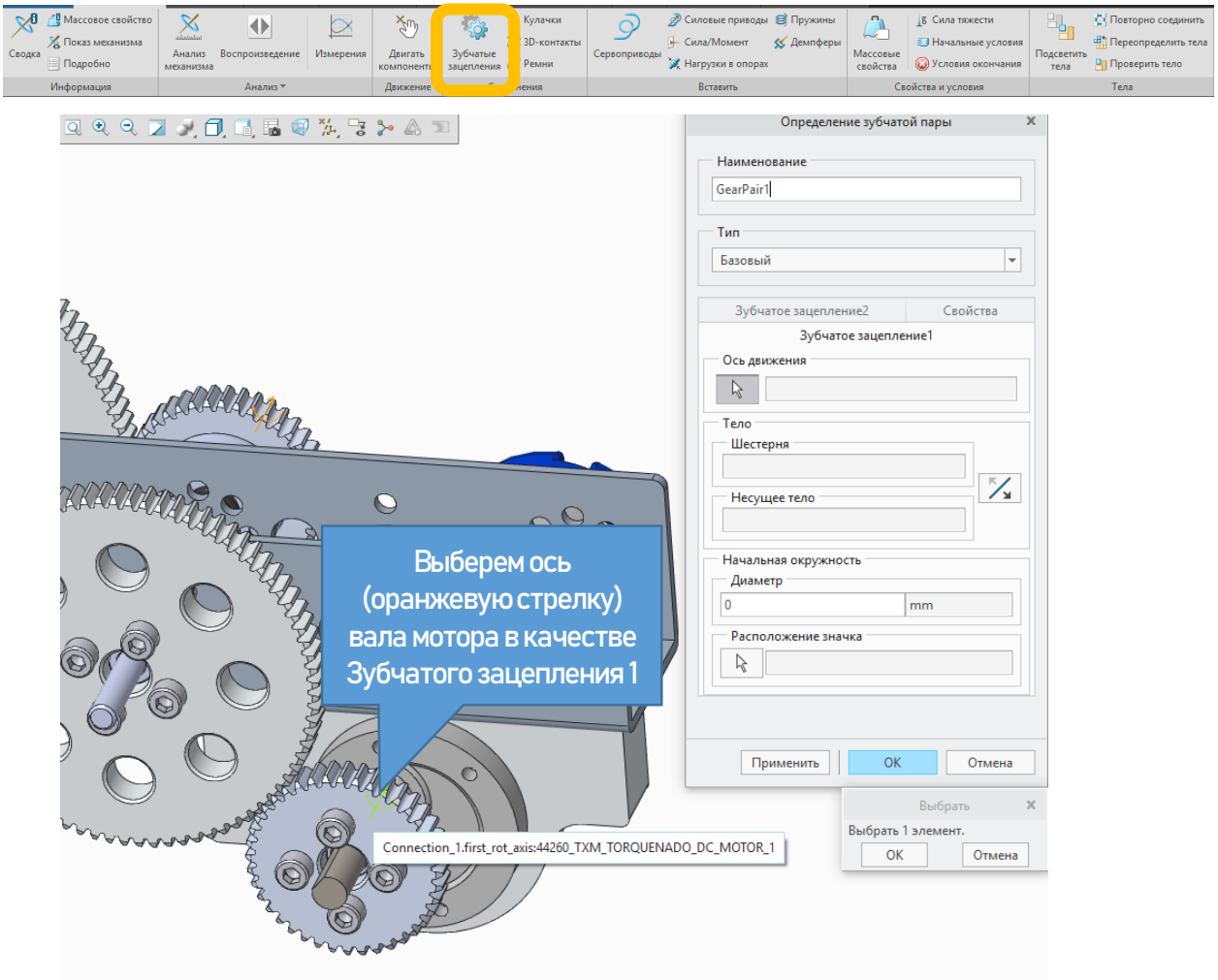
Если на предыдущем шаге всё было сделано верно, то вы увидите три условных обозначения в виде оранжевых стрелок. Именно этими условными обозначениями мы будем пользоваться, чтобы создать зубчатое зацепление.



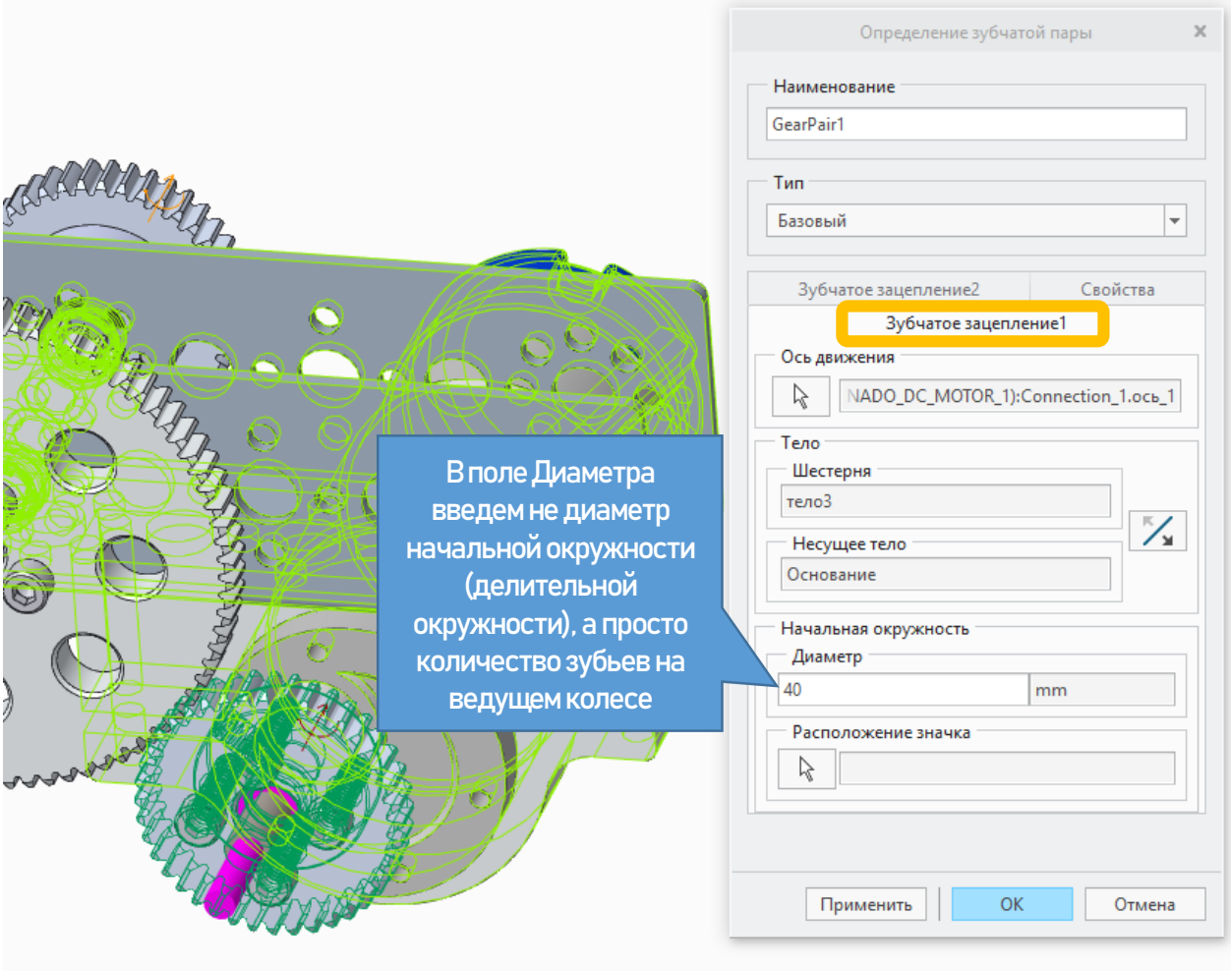
Прежде чем мы приступим к созданию Зубчатого зацепления, обратите внимание на изменения в интерфейсе программы: появились множество дополнительных операций, помимо Дерева модели появилось Дерево механизма, где аналогично дереву модели будут указаны все используемые вами операции для создания механизма.



Выберите Зубчатые зацепления

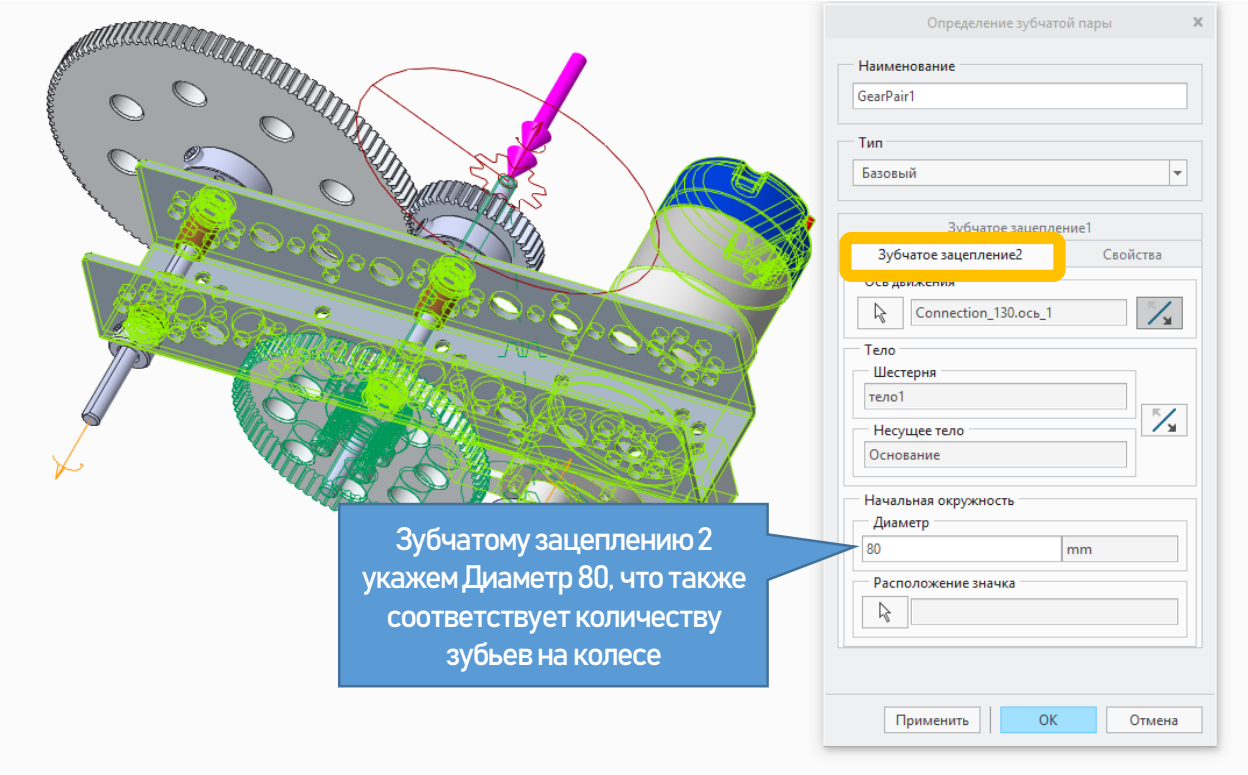


Обратите внимание на большую розовую стрелку, направленную в сторону мотора. Данная стрелка указывает направление движения. Т.к. у нас внешнее зацепление колес, то ведомое колесо будет вращаться в противоположную сторону и соответственно у ведомого колеса розовая стрелка должна смотреть в противоположную сторону. Запомните её направление, т.к. распространённой ошибкой оказывается случайная смена данного направления и в результате неверное определение зубчатого зацепления, когда колеса начинают вращаться в одну сторону[12].



[12] В данном случае мы имеем дело не с физическим контактом, а лишь с условным, поэтому программа никак не уведомит нас о том, что мы допустили ошибку – всё в руках оператора.

После определения ведущего колеса, перейдите на вкладку Зубчатое зацепление 2 и также выберите ось (оранжевую стрелку). Обратите внимание на противоположное направление розовой стрелки.

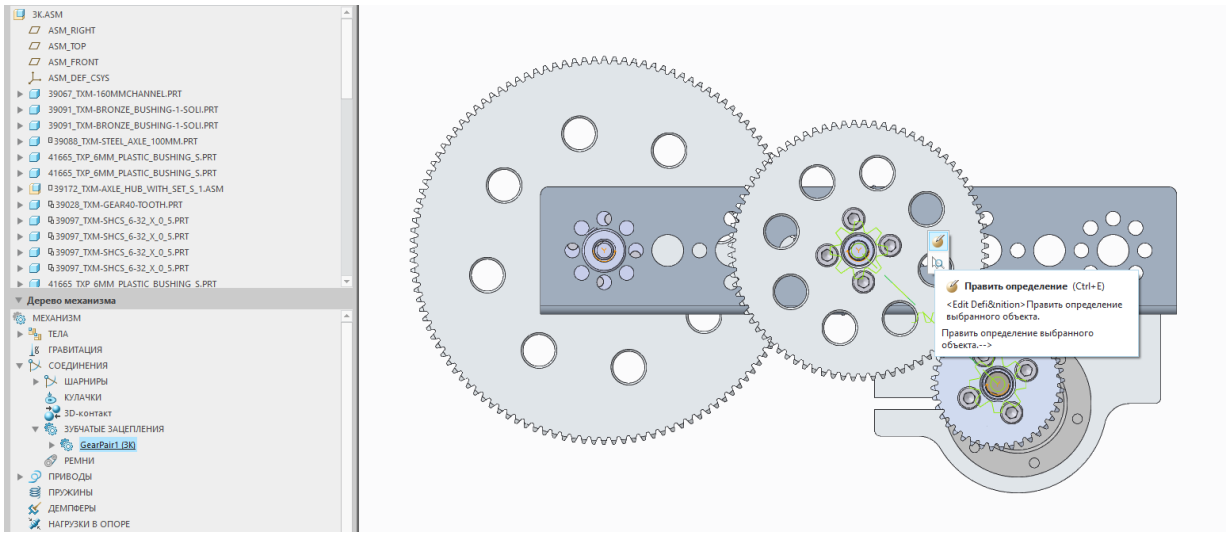


Примите зубчатое зацепление.

С помощью операции Двигать компоненты, проверьте работоспособность зубчатой передачи. Колеса должны вращаться в разные стороны.

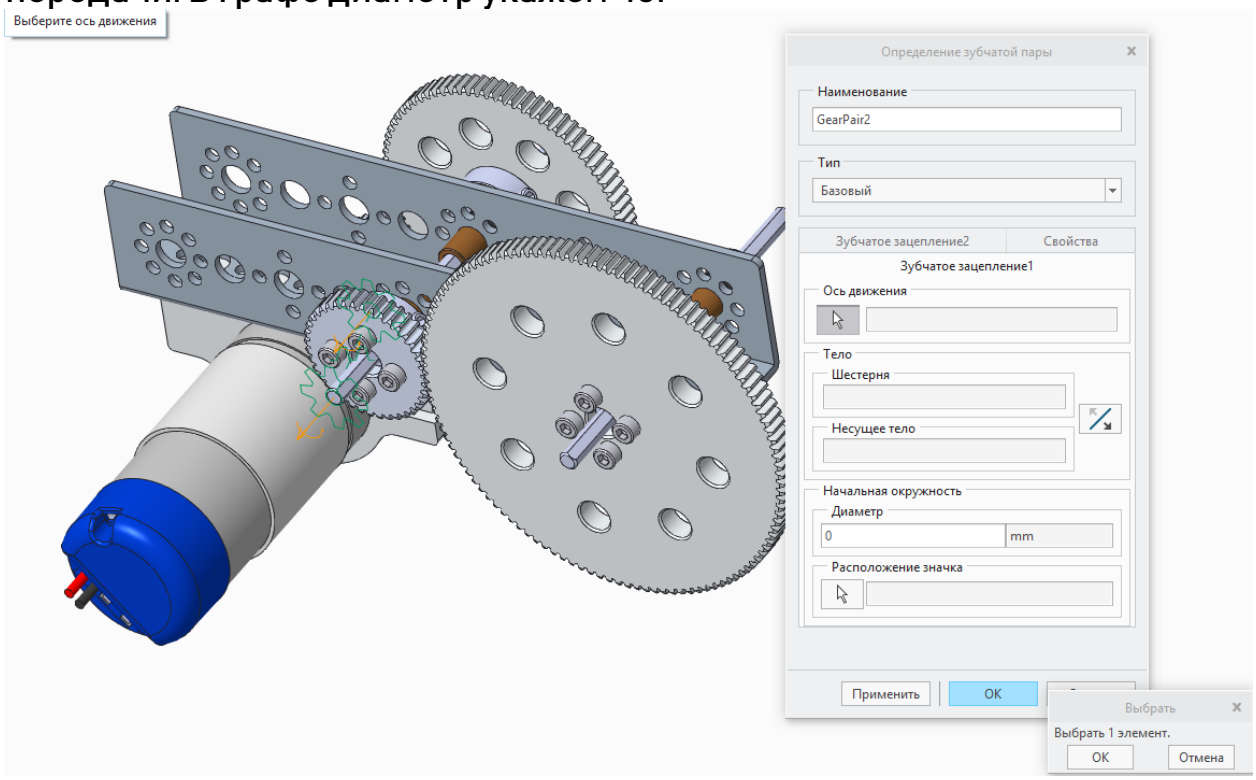
Как вы понимаете, чтобы ведомое колесо сделало полный оборот, ведущее колесо должно совершить два оборота.

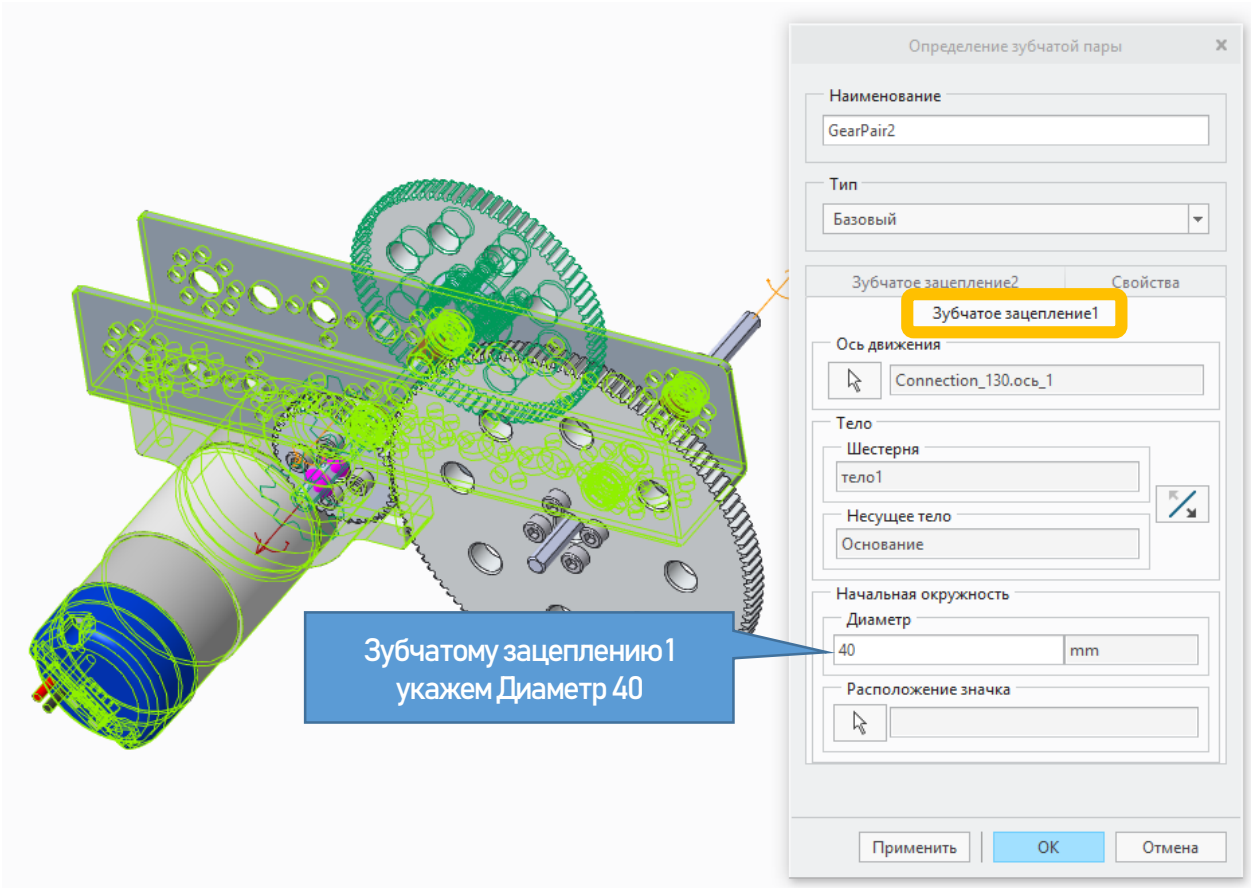
Важным моментом является понимание того, что вы в любой момент можете внести изменения в данное соединение. Достаточно кликнуть ЛКМ по взаимосвязи в графической области или в Дереве механизма-Соединения-Зубчатые соединения и выбрать Править определение.

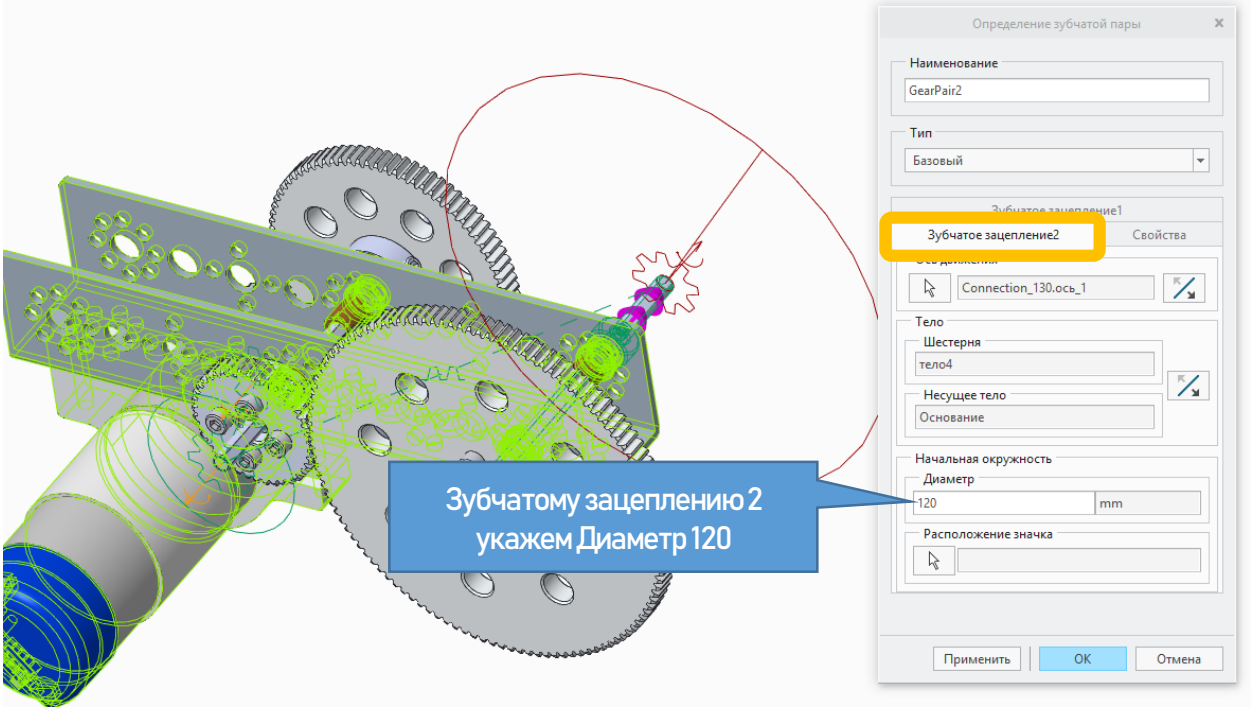


Определим вторую пару зубчатых колес. Для этого создадим новое зубчатое зацепление

В качестве 1-го зацепления выберем ось ведомого колеса из первой передачи. В графе диаметр укажем 40.







Таким образом у нас получилась передача с параллельным соединением. Передаточное число нашей зубчатой передачи будет выражено следующим образом:

$$i_{13} = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z'_2}$$

где i_{13} – передаточное число с индексом, указывающим направление передачи движения;

z количество зубьев

$z_1 = 40$

$z_2 = 80$

$z_2' = 40$

$z_3 = 120$

АНАЛИЗ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

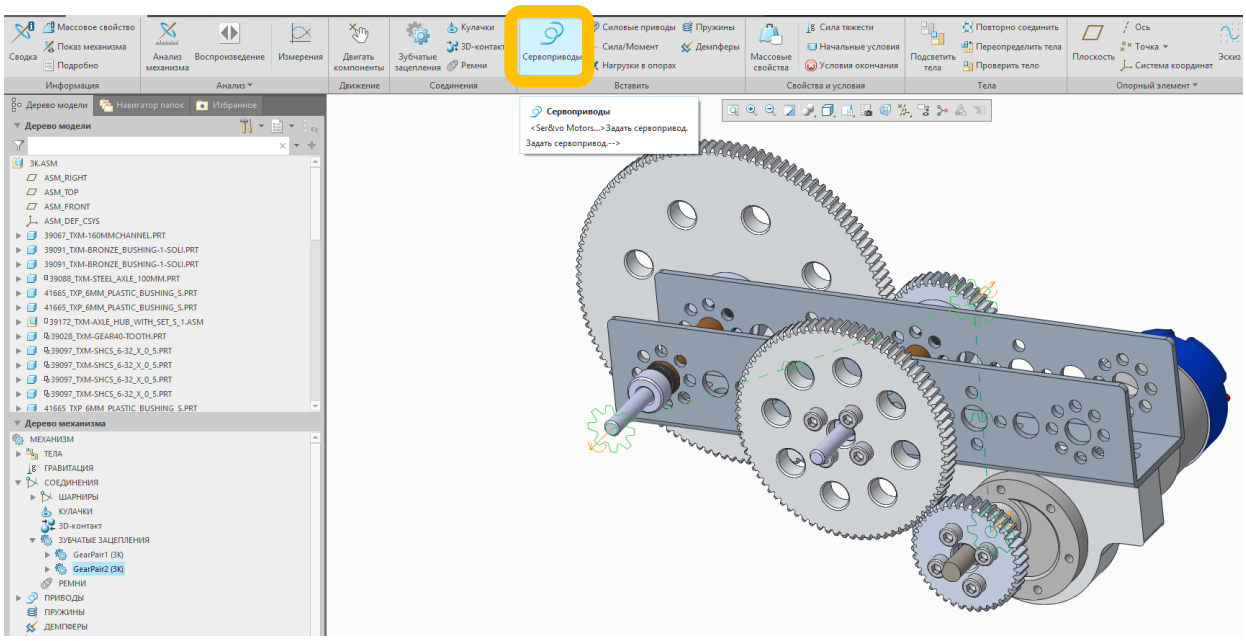
Выполним простой расчёт угловой скорости оси с зубчатым колесом, имеющем 120 зубьев.

Напомним, что Угловой скоростью называют скорость изменения угла поворота за единицу времени и обозначают ее обычно буквой ω.

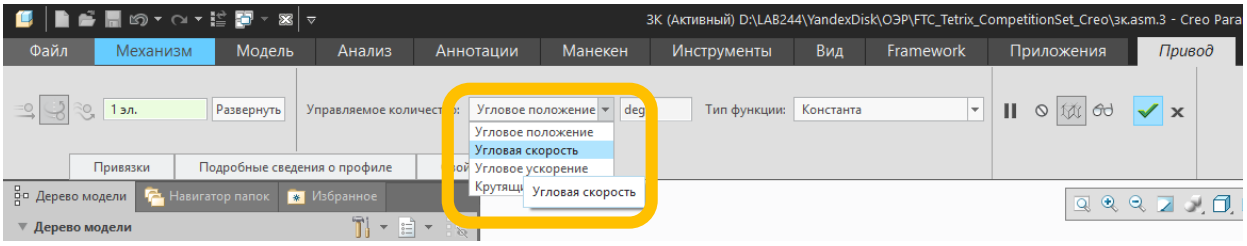
Например, угловая скорость секундной стрелки = 6 °/сек[13].

Как вы думаете какова скорость минутной стрелки?

Зададим скорость вращения вала мотора. Выберем в панели инструментов Сервоприводы и укажем в качестве оси сервопривода, оранжевую ось вала мотора.

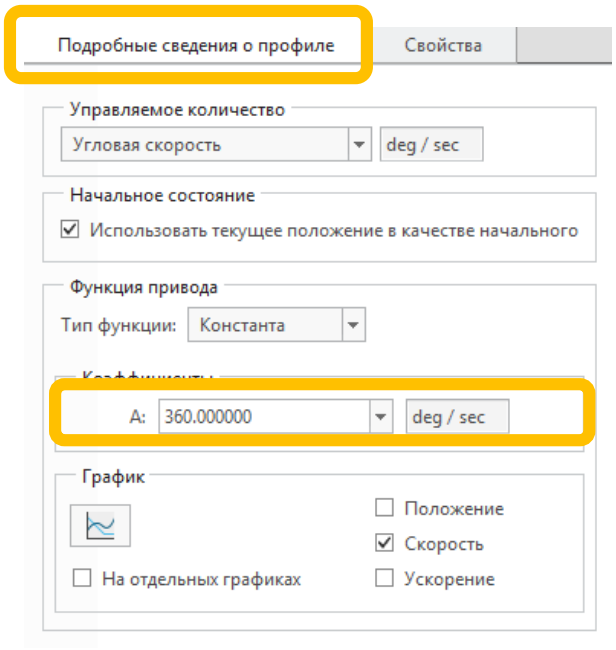


В качестве характеристики, которой будем управлять, выберем Угловая скорость



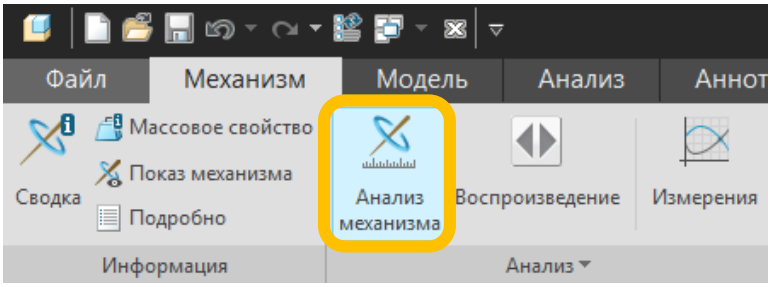
[13] Основной единицей измерения угловой скорости в системе СИ является: [ω]=рад/с

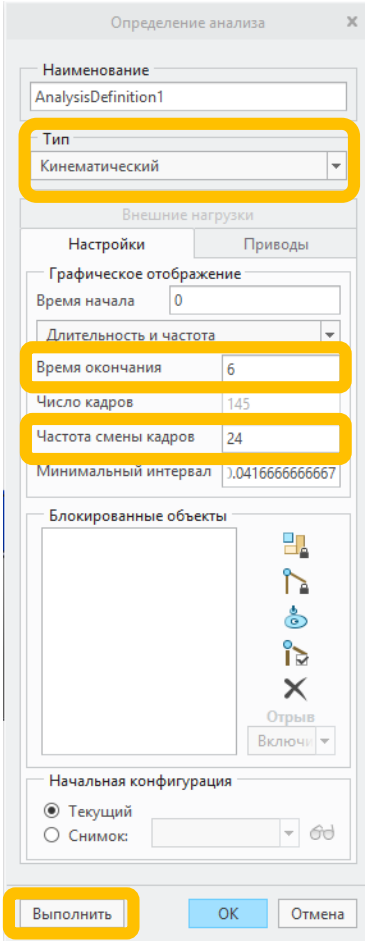
В Подробных сведениях о профиле в Коэффициентах укажем 360°/сек.



Принимаем Сервопривод.

Выбираем в Панели инструментов команду Анализ механизма.

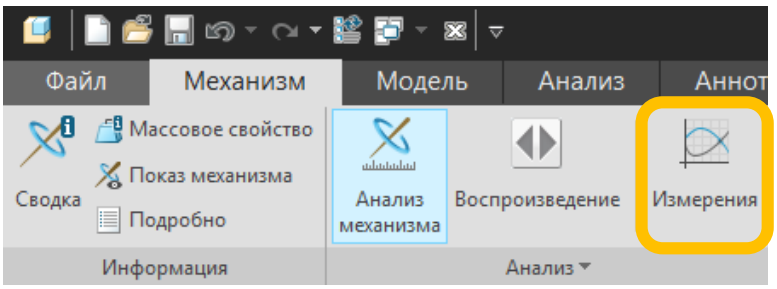




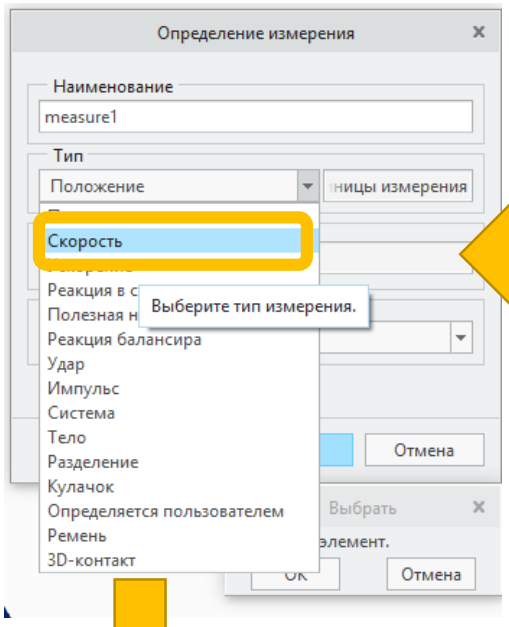
Измените Тип анализа на Кинематический, Время окончания задайте 6 сек, частоту смены кадров установите 24 и нажмите выполнить. Таким образом вал мотора совершит 6 полных оборотов, а конечное зубчатое колесо только 1.

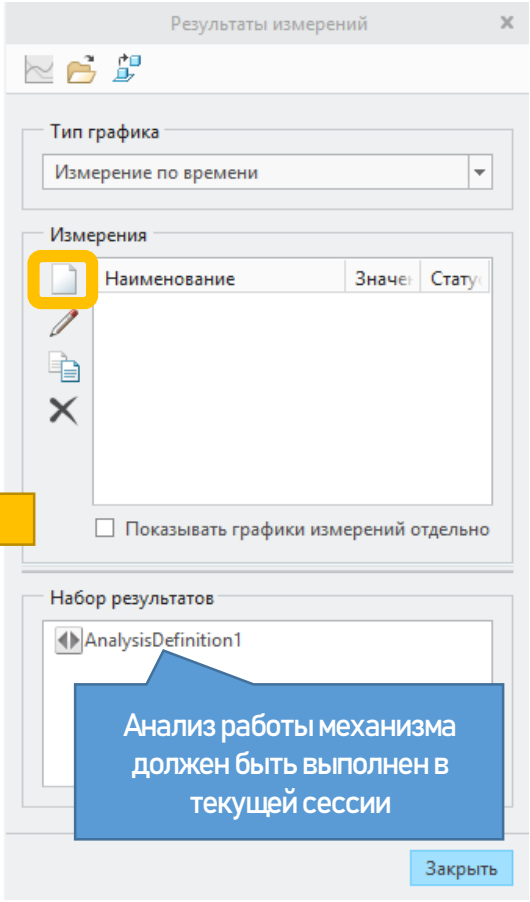
Нажмите ОК.

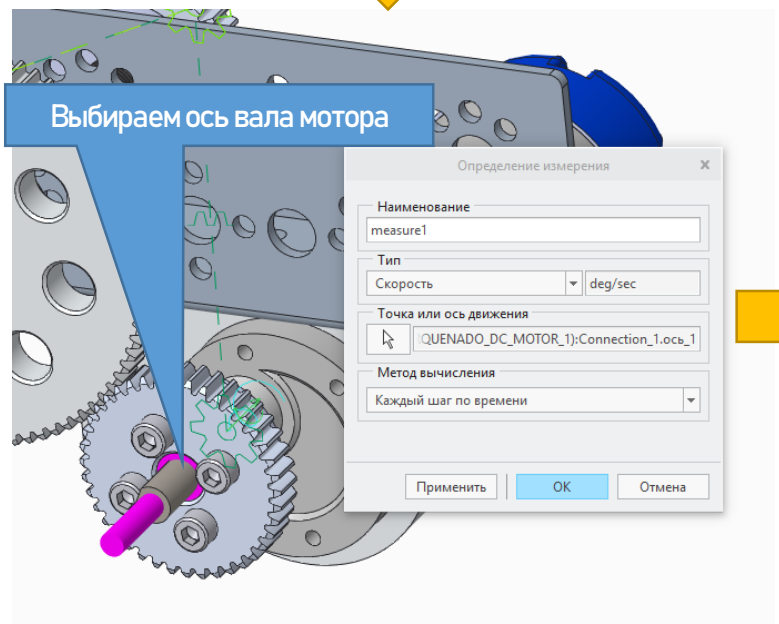
Далее в Панели инструментов выбираем Измерения.

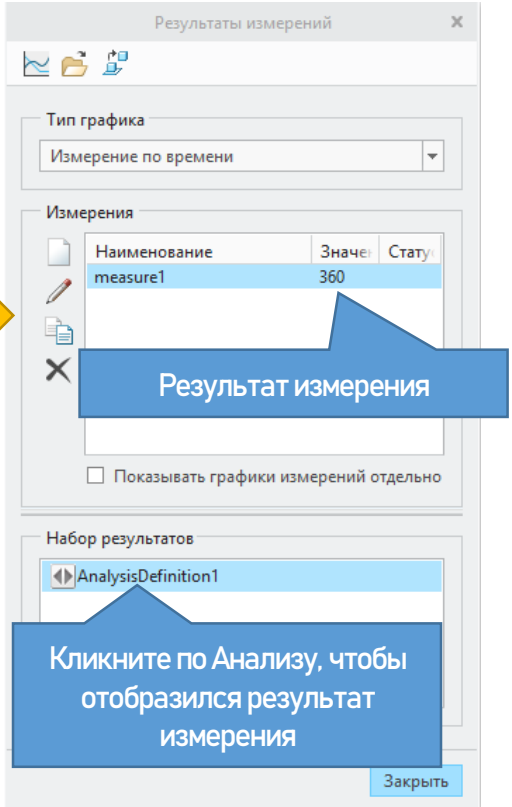


В меню выбираем Создать новое измерение. В Типе измерения выбираем Скорость и указываем ось вала мотора. Применяем определение.



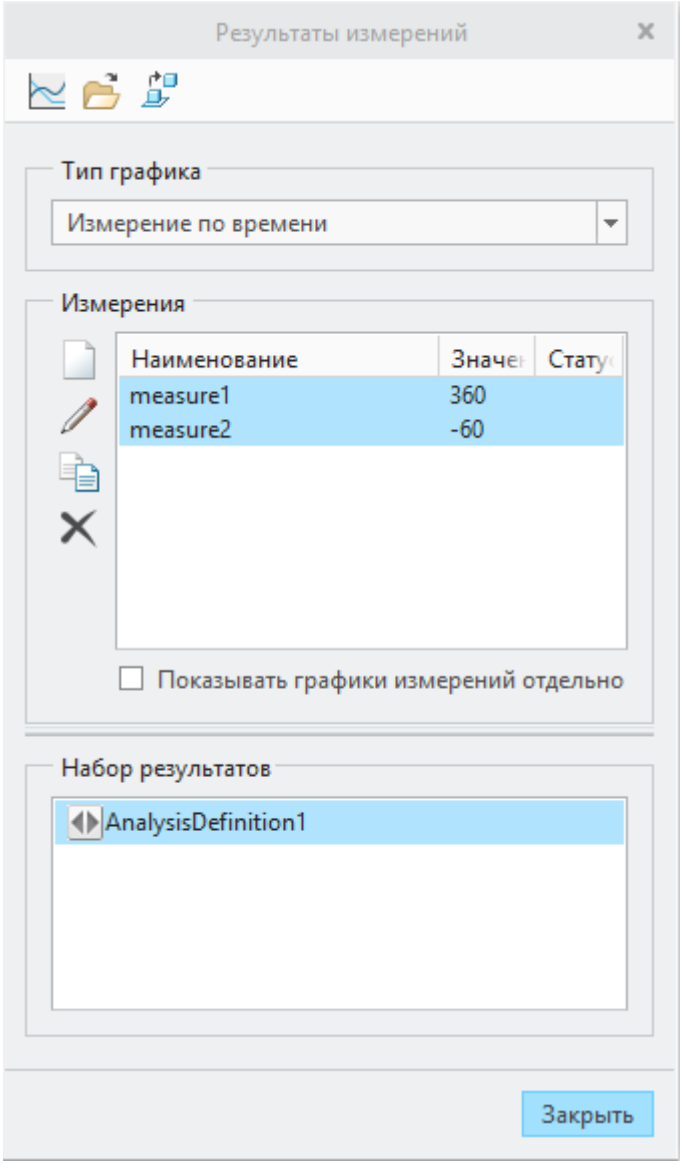






Аналогичную процедуру проделываем с последним в цепи зубчатым колесом.

Обратите внимание на значение и знак «–» во втором измерении. Мы видим, что скорость вращения последней оси в 6 раз меньше скорости ведущего вала и имеет противоположное направление.



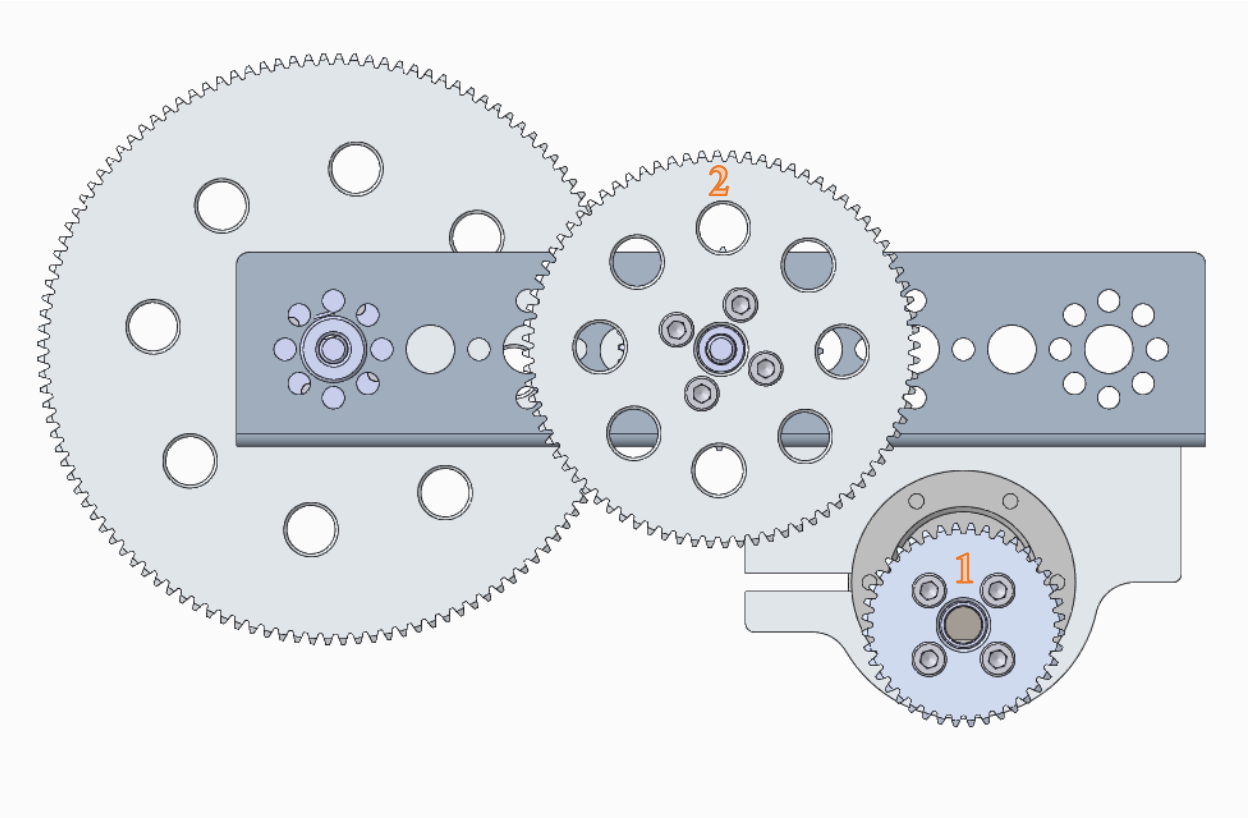
В результате мы рассмотрели способ создания анализа механизма. Более интересные результаты можно получить, работая моделями манипуляторов, которые вам непременно придется создавать в процессе работы над проектами.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТА FEASIBILITY/OPTIMIZATION ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Посмотрите на рисунок.

Возьмем конкретную задачу: необходимо разместить мотор таким образом, чтобы обеспечить зубчатое зацепление колес 1 и 2.

Мы могли бы подобрать такое значение примерно, например, стали бы вращать мотор вокруг оси до тех пор, пока межосевое расстояние не стало оптимальным.



Есть и другой способ, используя средства программы найти оптимально возможный угол.

Тогда управляемым параметром будет угол поворота мотора в зажиме, а управляющим станет межосевое расстояние.

Начнём с того, что определим необходимое межосевое расстояние.

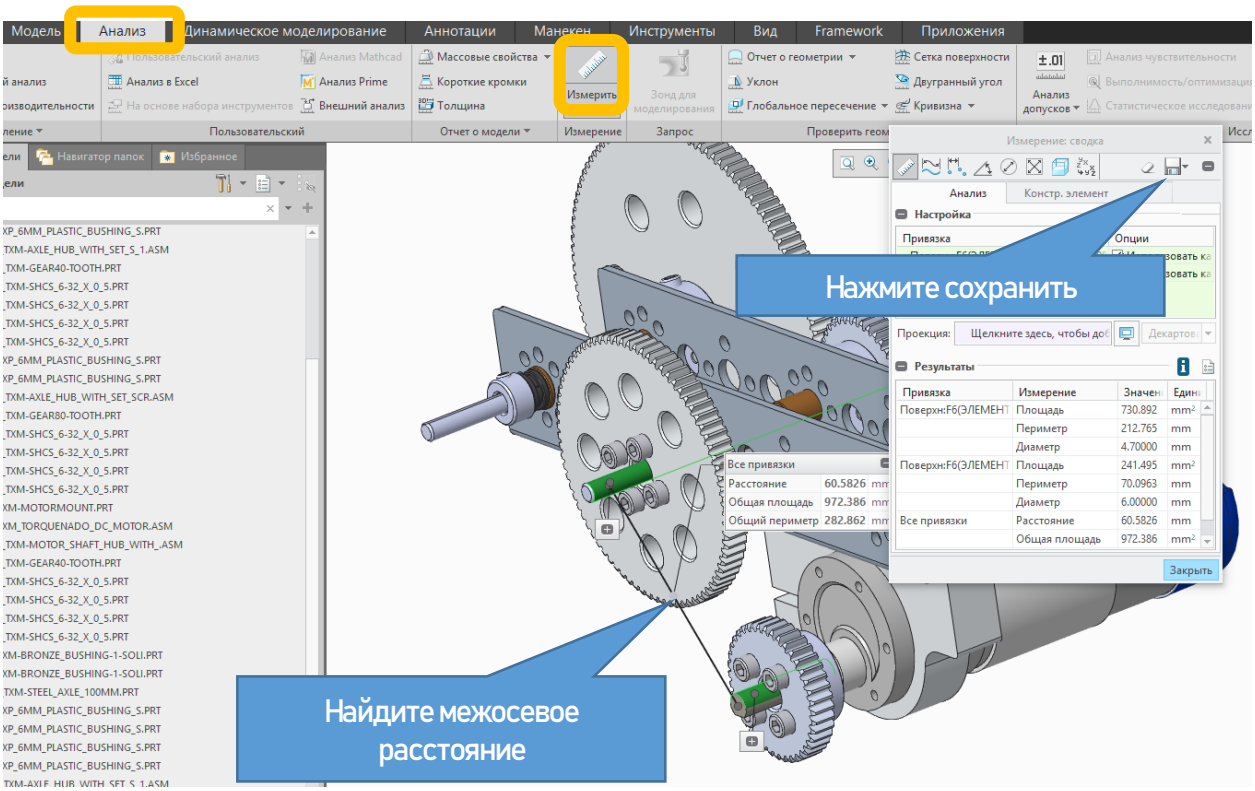
$$A = \frac{mz_1}{2} + \frac{mz_2}{2}$$

где A – межосевое расстояние;
m – модуль зуба;

z – количество зубьев.
В данном случае модуль зуба = 0,8 мм
Количество зубьев нам известно 40 и 80.

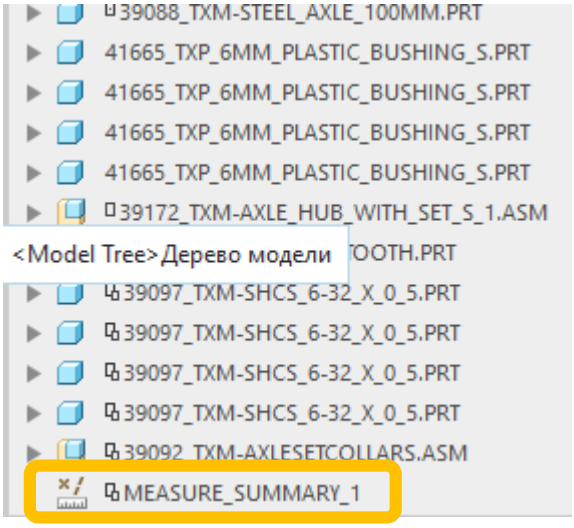
Получаем A = 48 мм

Перейдите на вкладку Анализ и найдите инструмент Измерить. И с помощью ЛКМ и Ctrl выберите цилиндрические поверхности, указанные на рисунке ниже. Нажмите сохранить и OK.

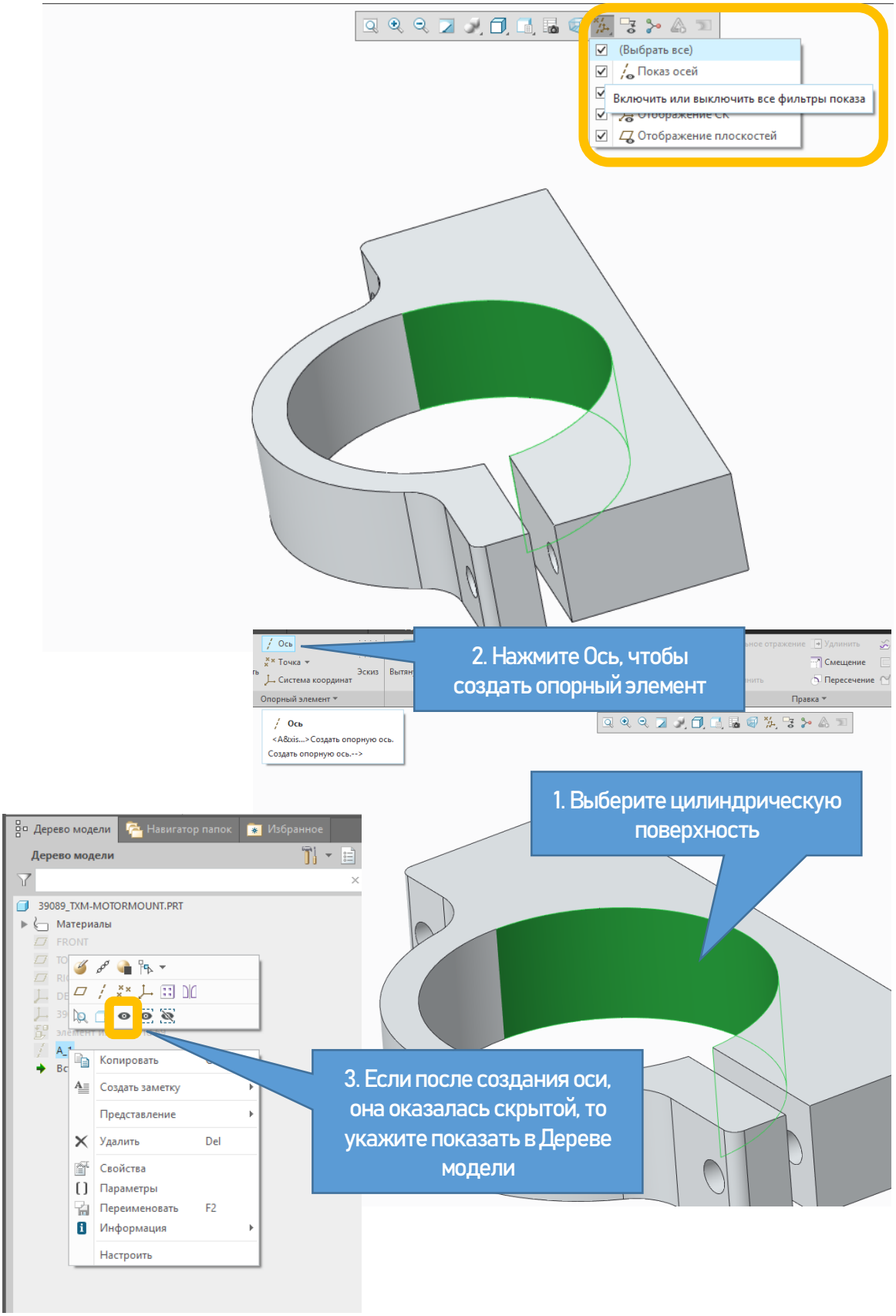


Обратите внимание на то, что результат анализа будет отображен в Дереве модели. Можно вывести и числовое значение в дерево модели, но в данном случае в этом нет необходимости.

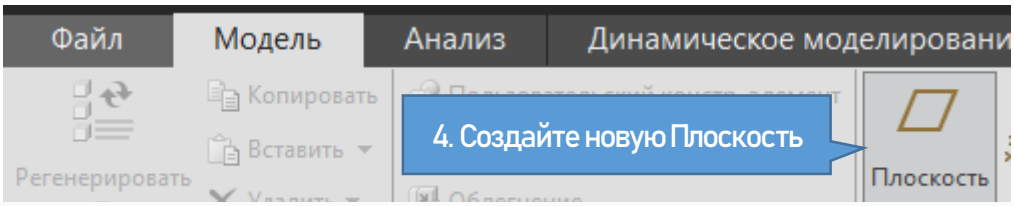
Теперь откройте деталь MOTORMOUNT в отдельном окне. Это потребуется нам для того, чтобы построить дополнительные опорные элементы.

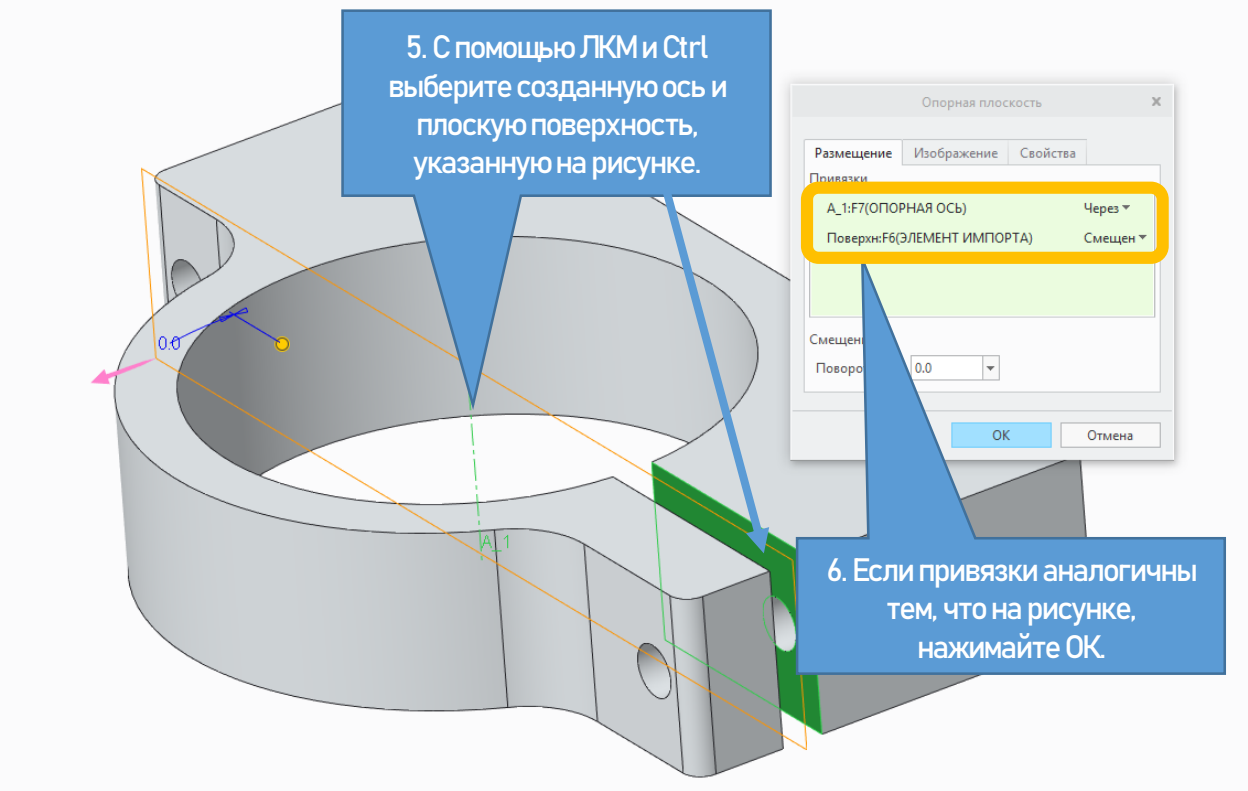


В случае, если у вас скрыты опорные элементы, включите их отображение.

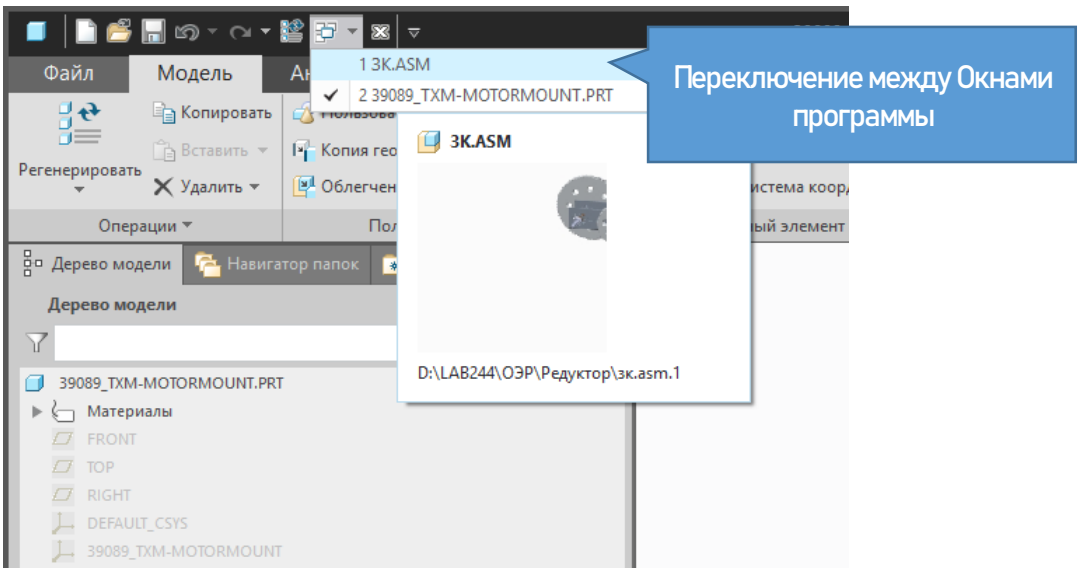


В этой процедуре для нас важно получить угловой размер, которым мы смогли бы управлять. Таким угловым размером для нас будет смещение плоскости вокруг оси относительно выбранной поверхности.

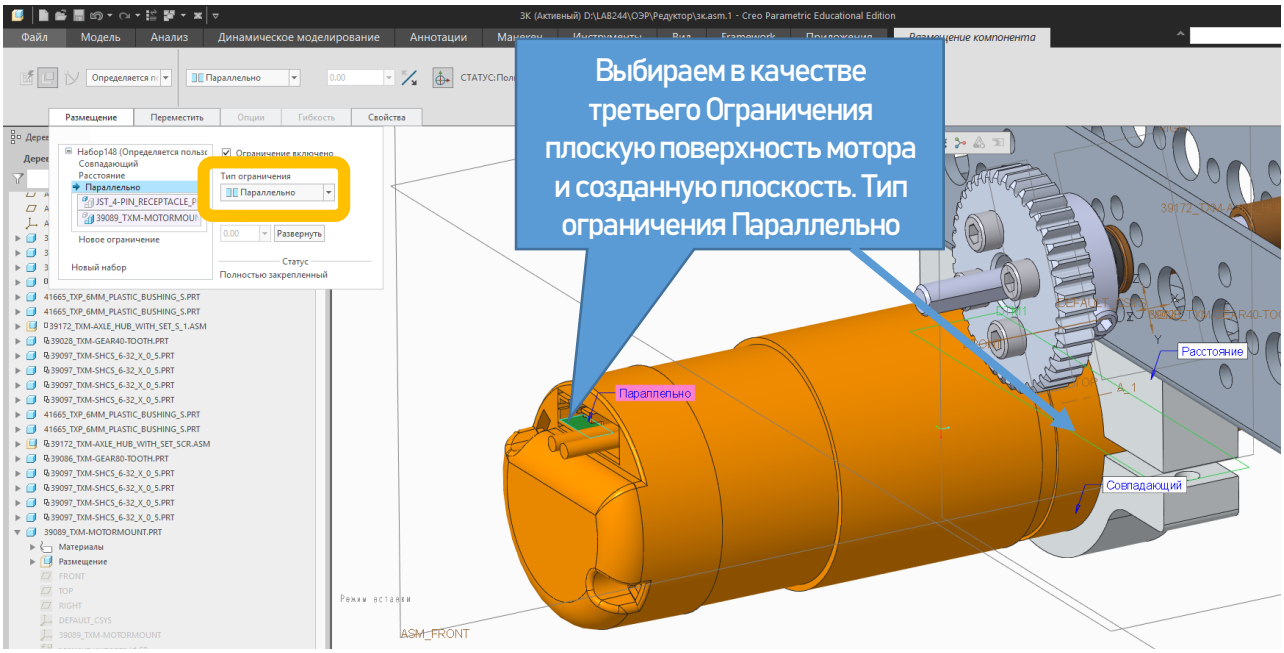




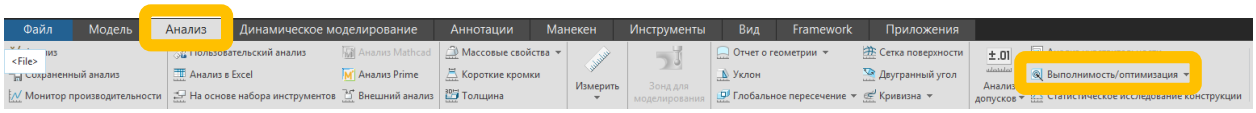
После построения опорной плоскости, возвращаемся к сборке.



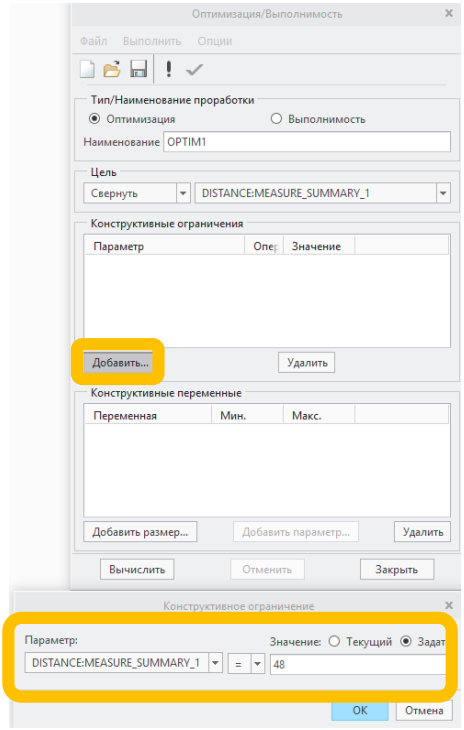
Заходим в правку размещения мотора и создаем Новое ограничение относительно вновь созданной плоскости (см. рис. ниже). После выбора ограничений принимаем размещение компонента.

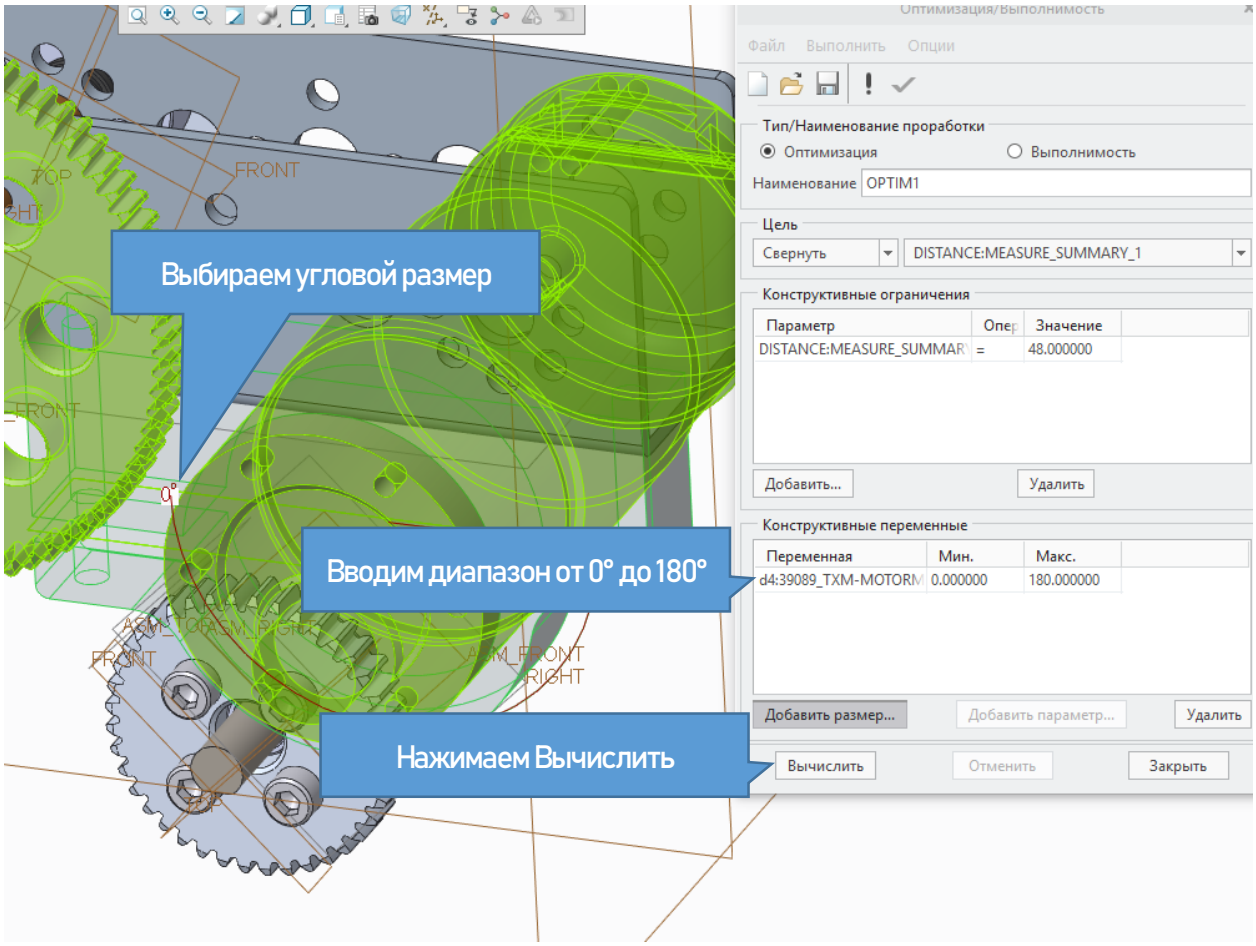


Переходим на вкладку Анализ и находим команду Выполнимость/оптимизация



В возникшем окне в Конструктивных ограничениях нажимаем добавить. Нам доступен только один параметр DISTANCE (межосевое расстояние, которое мы измеряли «линейкой»). В графе Значение выбираем Задать и вводим вычисленное межосевое расстояние = 48 мм. Нажимаем OK. Теперь следует ввести Конструктивные переменные, т.е. наш угловой размер. Аналогично нажимаем Добавить размер и в графической области кликаем по плоскости, которую мы создали на детали MOTORMOUNT.





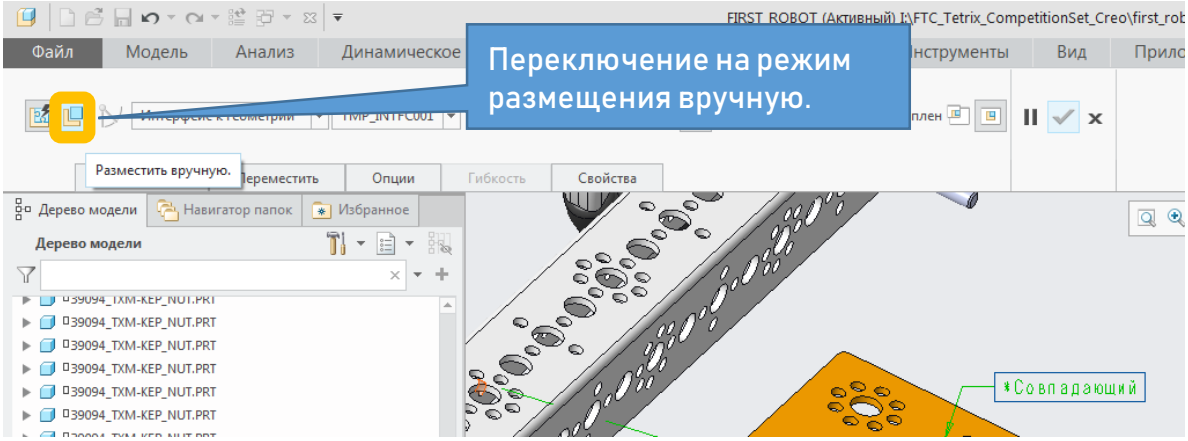
Как мы видим на изображении ниже, решения заданным параметрам найти не удалось. Минимальное расстояние между осями равняется около 48,5 мм

На этом мы заканчиваем знакомство с инструментом FEASIBILITY/OPTIMIZATION, возможности которого позволят пытливому уму решать самые увлекательные задачи.

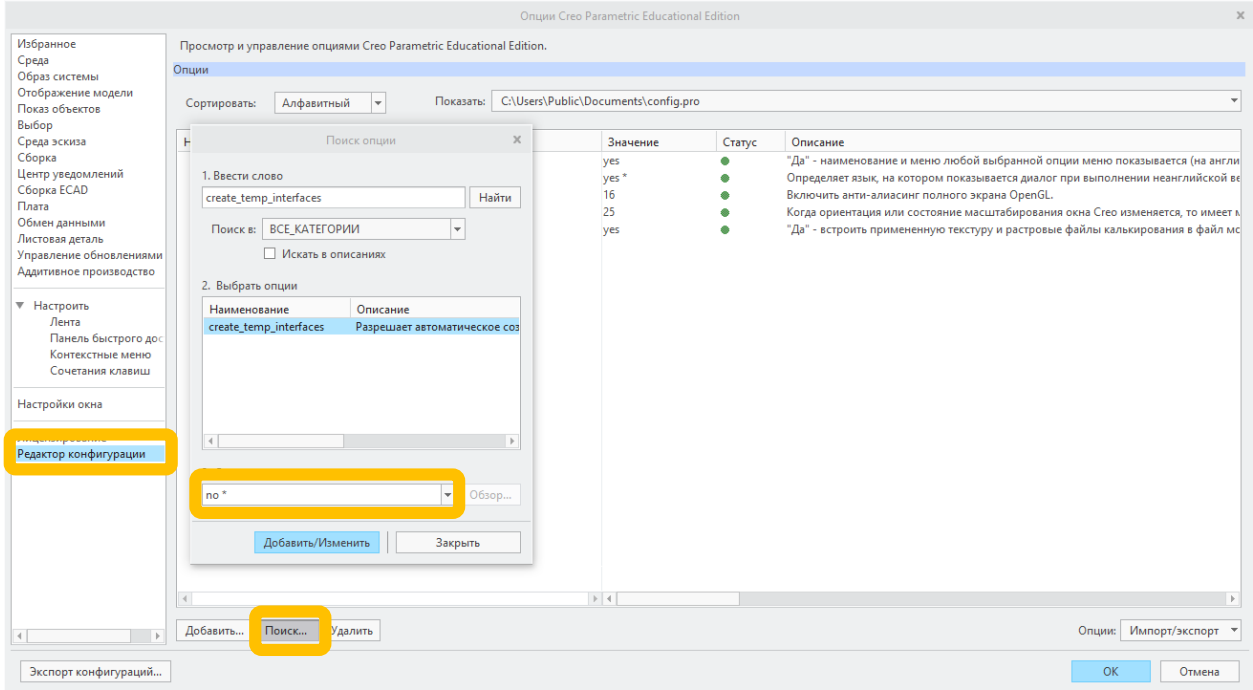
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

Содержащиеся в этом разделе сведения не объединены общей темой, но могут оказаться полезными для новичков.

Иногда, размещение компонентов с помощью Интерфейса[14] может быть неудобным. Чтобы отключить автоматические привязки, необходимо переключится в панели инструментов на ручной режим размещения компонентов.



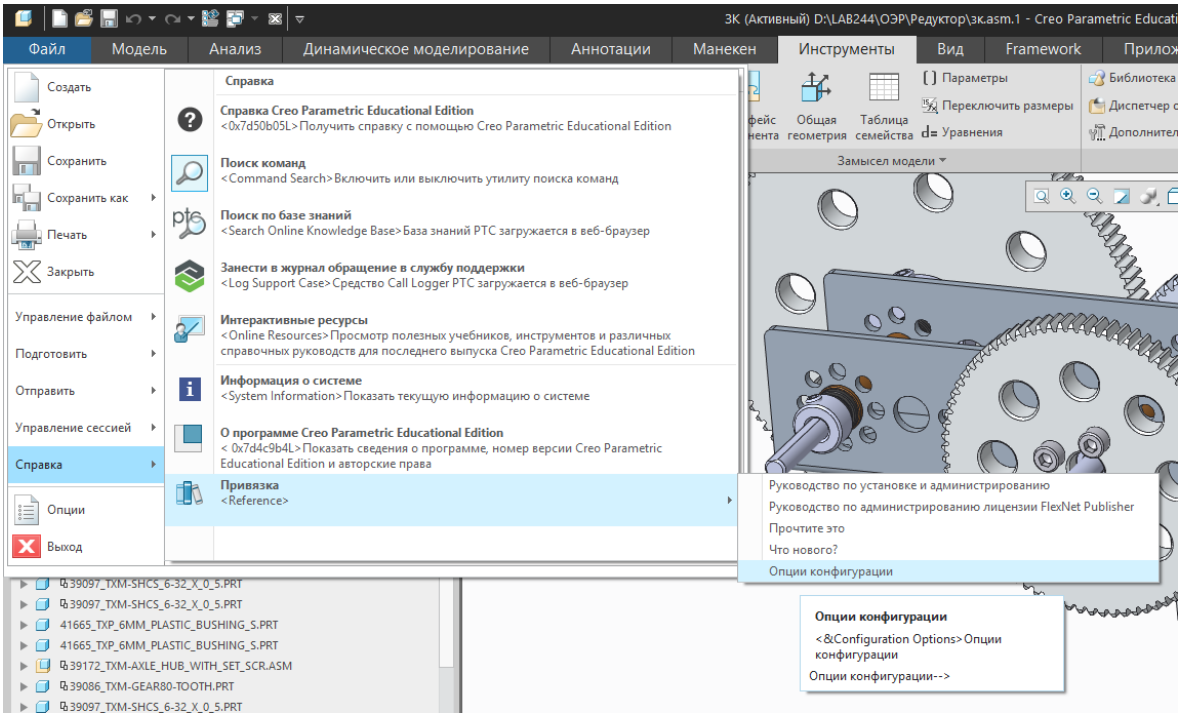
Если эта опция и вовсе мешает, то её можно отключить. Для этого перейдите Файл-Опции-Редактор конфигураций. Используя поиск найдите create_temp_interfaces и выберите из списка значение Yes или No. Подтвердите выбор и сохраните файл конфигурации с внесенными изменениями[15].



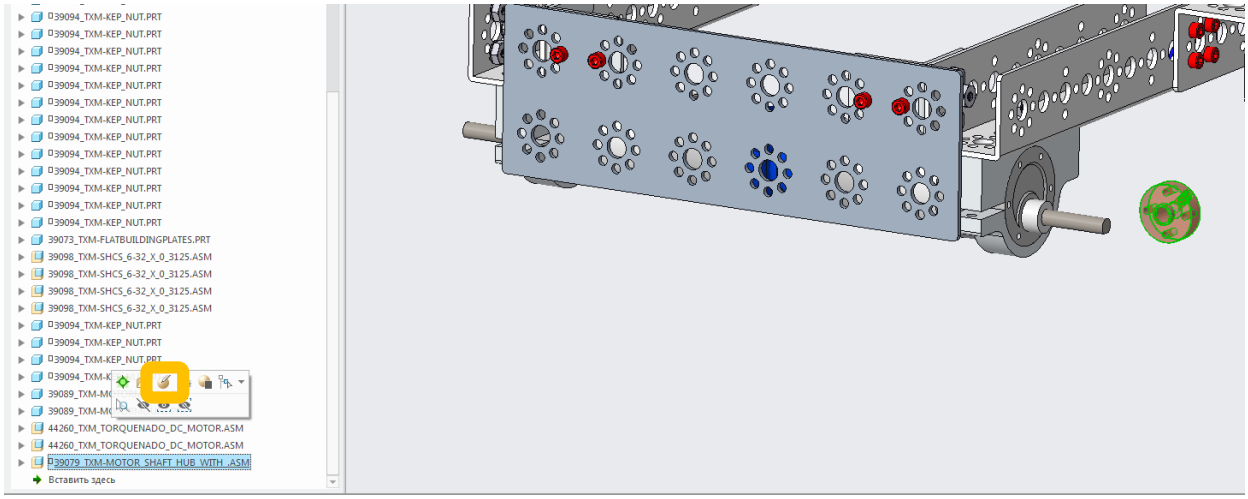
[14] Опция create_temp_interfaces - Разрешает автоматическое создание интерфейсов, основанных на предыдущих сборочных инструкциях.

[15] Некоторые опции вступают в силу только после перезапуска программы

С помощью редактора конфигураций вы сможете настроить софт под собственные нужды. Описание всех команд вы можете найти, пройдя в Файл-Справка-Привязка-Опции конфигурации (см. рис. ниже)



Если во время сборки вы нечаянно приняли неверное расположение детали, то достаточно кликнуть по неверно размещенной детали (в графической области или Дереве модели) ЛКМ и выбрать из контекстного меню Править определение.



Во время работы вы можете столкнуться с разными трудностями, поэтому предусмотреть всего невозможно. Ищите ответы на форумах и смотрите каналы на YouTube.