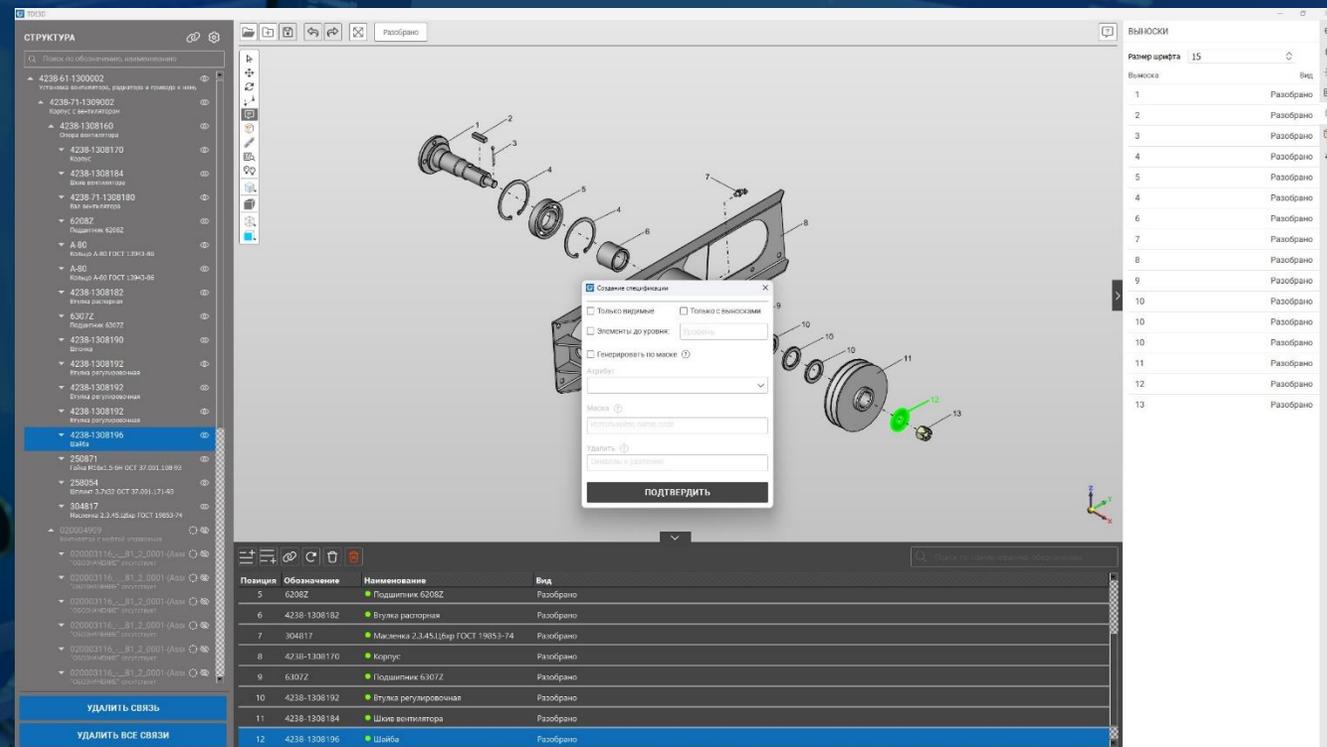


**Автоматизация разработки  
графики для каталогов  
изделий на основе  
математического  
моделирования**



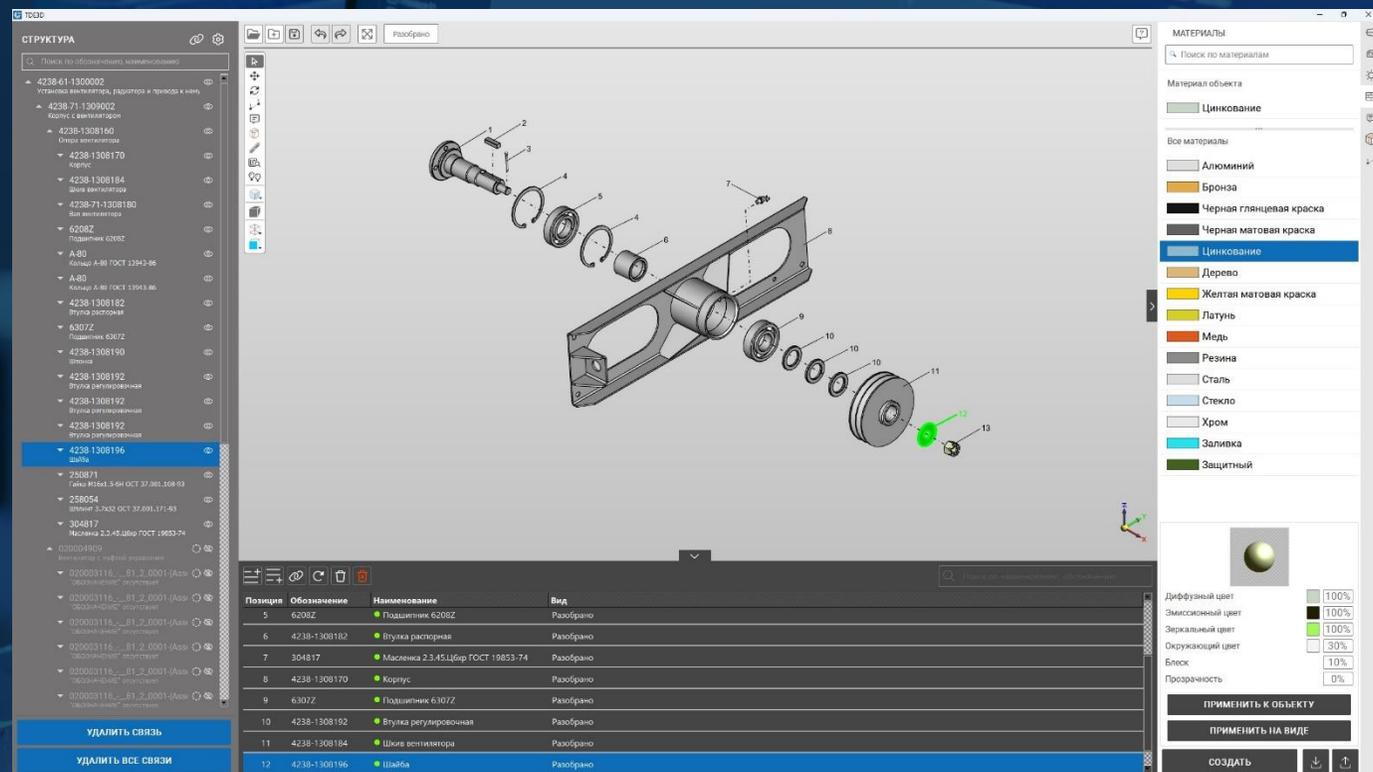
## Новые функции:

- Автоматическая генерация спецификации из атрибутов
- Работа с материалами по видам (снапшотам)
- Авто генерации 2D, авто экспорт 2D с авто привязкой выносок



# Необходимость автоматизации разработки графики

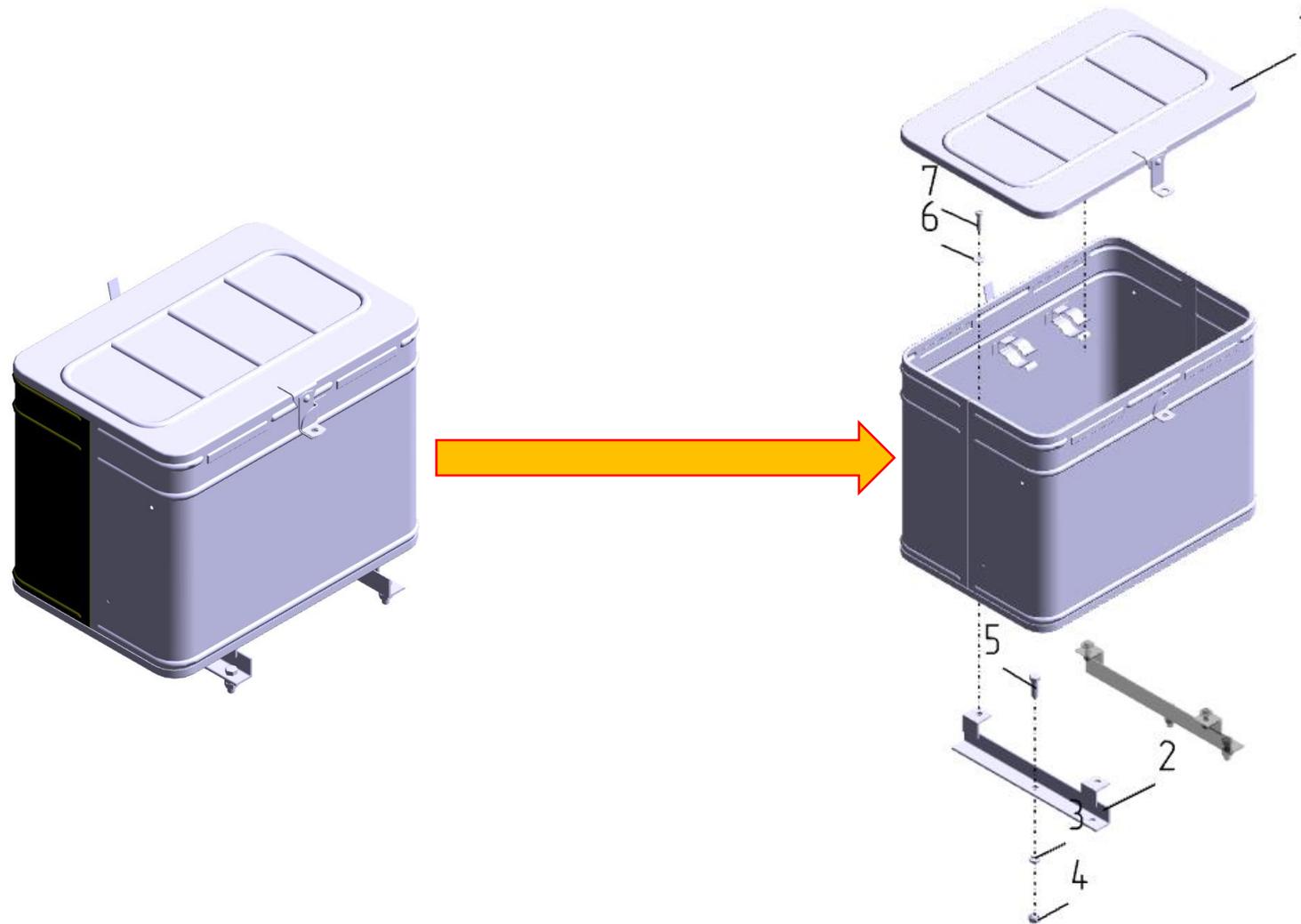
- Разработка ЭД – трудоёмкий процесс;
- Для некоторых видов документации, разработка графики – до 80% от общей трудоёмкости.



# Автоматическое разнесение модели

С применением математического  
моделирования и машинного обучения

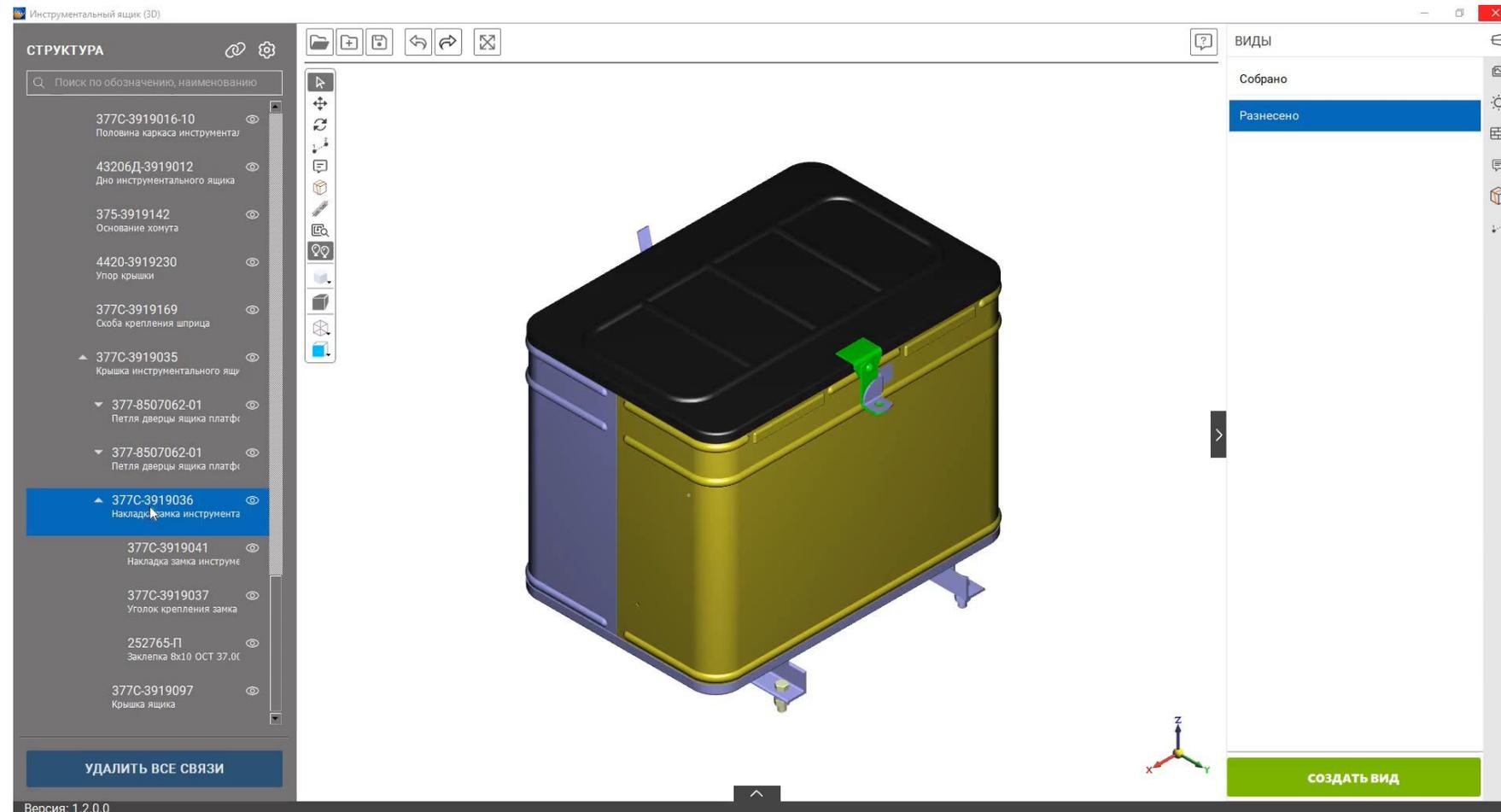
Разнесение модели необходимо для наглядного отображения расположения частей в собранном узле. Также из разнесённой модели можно представить последовательность сборки



Разнесение вручную – трудоёмкий процесс.

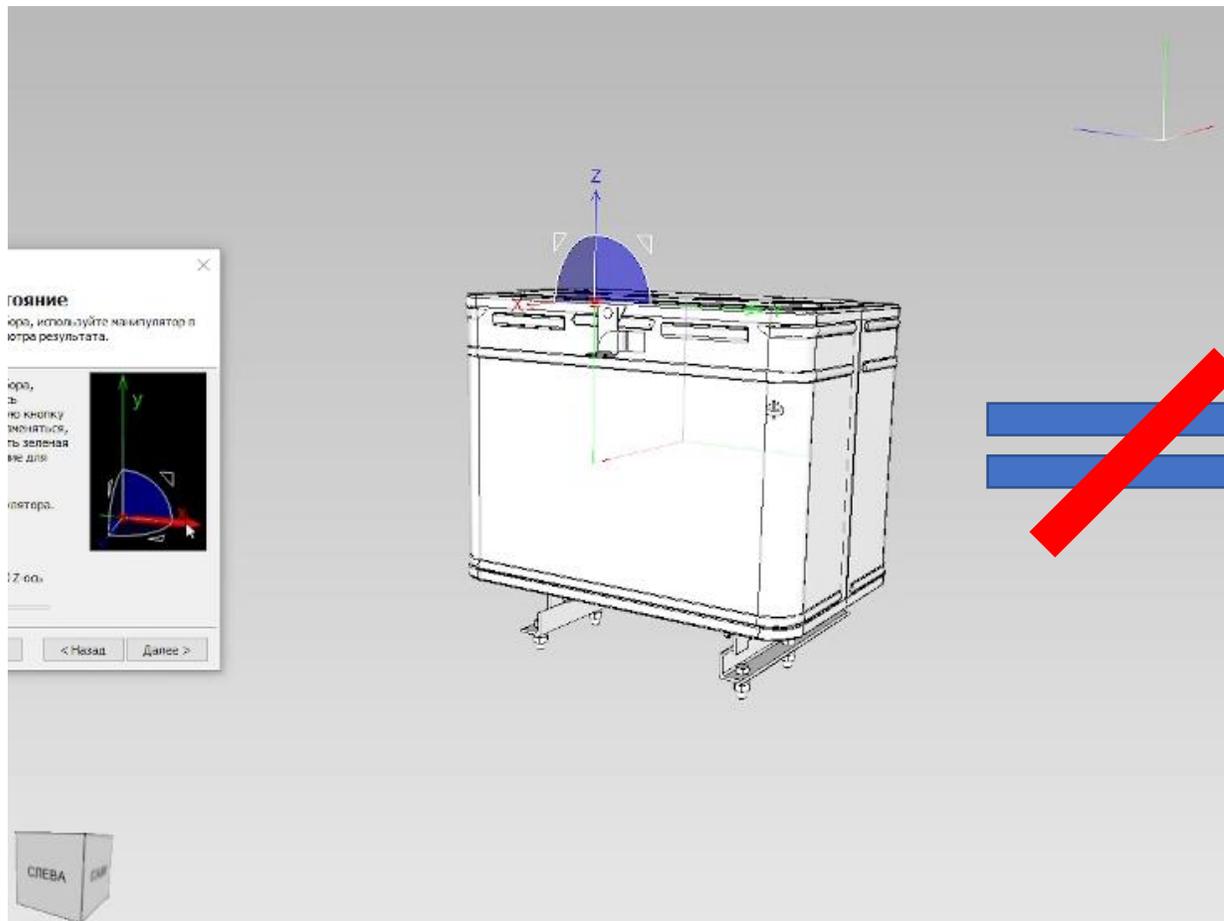
При его выполнении, необходимо для конкретной модели понимать:

- последовательность;
- иерархичность;
- возможность разделения элемента;
- необходимость в линиях разнесения и их корректность.

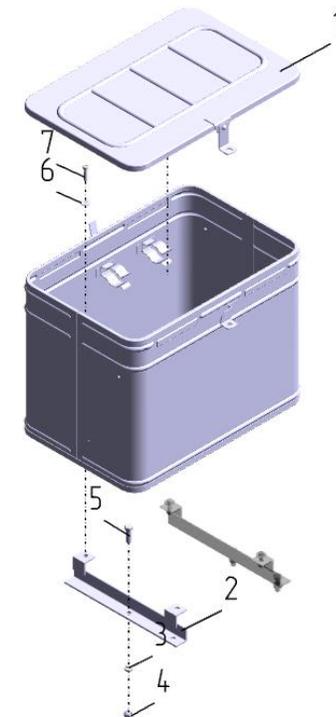


Известные редакторы графики предлагают лишь средство взрыв, которое в равной мере производит разлёт элементов, что не учитывает множество факторов

Как получается



Как надо



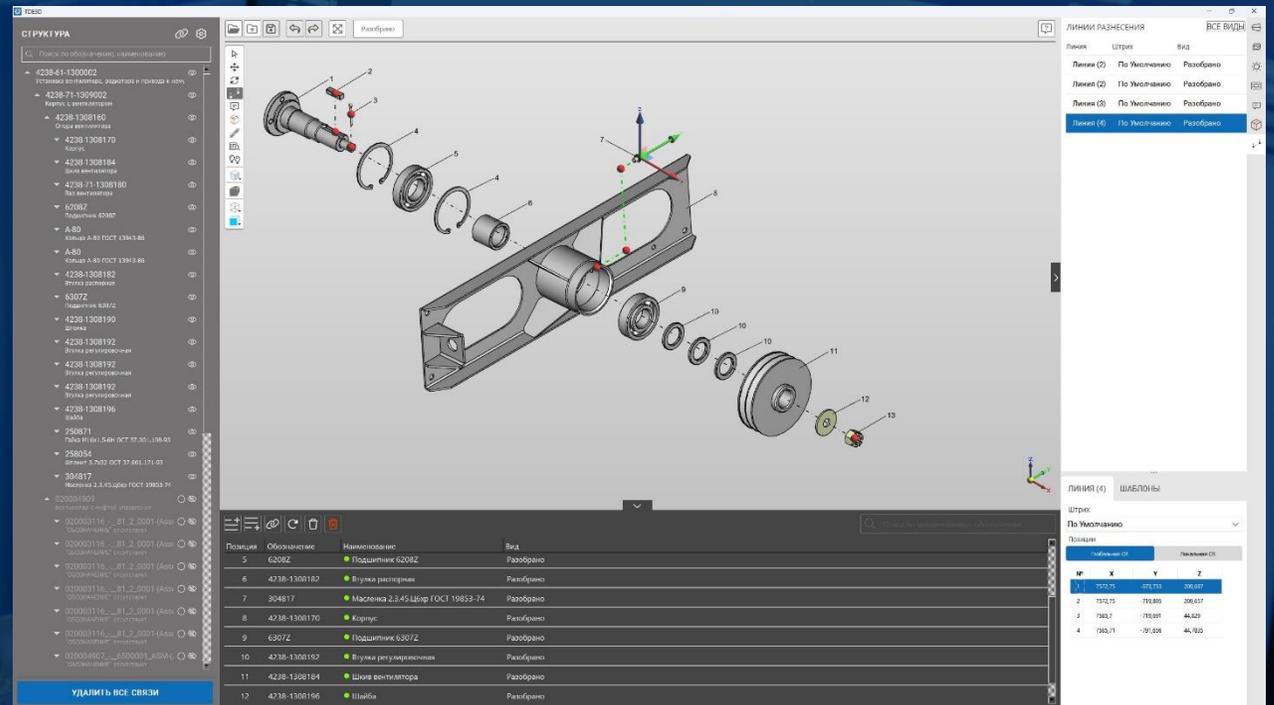
# Модуль TDE 3D «Авторазнесение»

В модуле применяется:

- алгоритмы поиска коллизий;
- алгоритмы поиска пути;
- машинное обучение.

Модуль осуществляет разнесение модели с учётом:

- последовательности;
- иерархичности;
- взаимного расположения элементов.



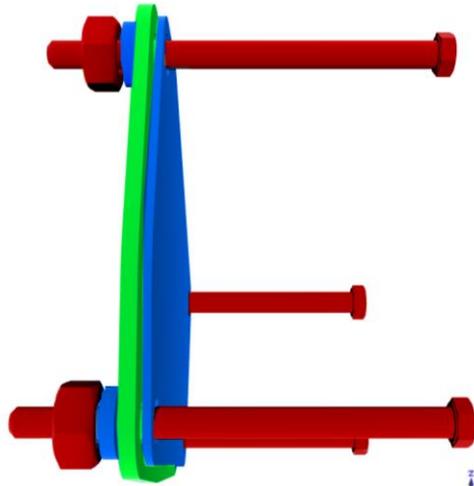
# Алгоритм автоматического разнесения

# Алгоритм автоматического разнесения

Разбиение 3D модели на  
слои

Определение  
направления движения

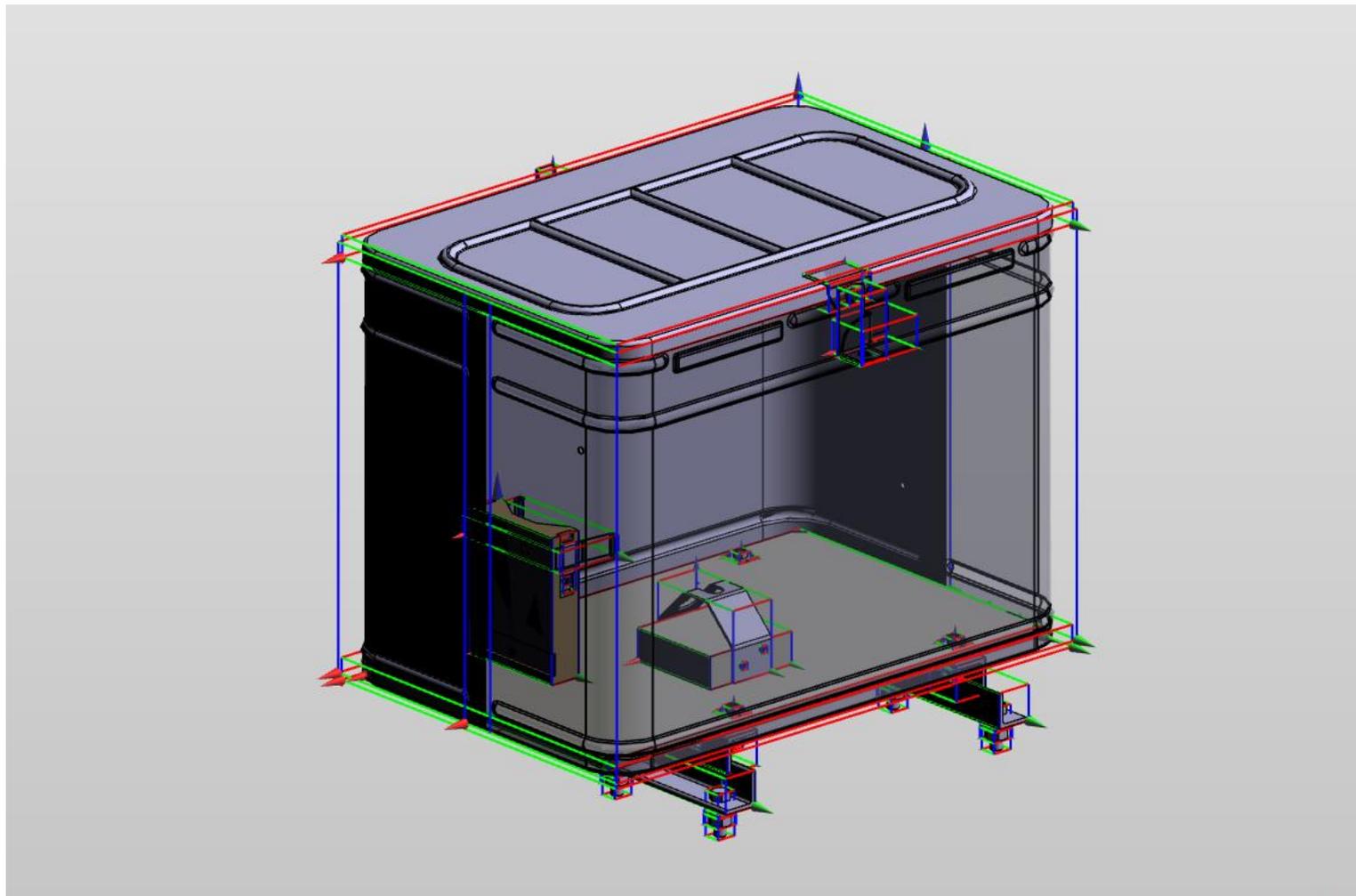
Создание разнесённого  
вида



- Каждая деталь анализируется на возможность перемещения без коллизий с применением алгоритмов BVH и EPA/GJK
- Детали, имеющие возможность переместиться, образуют верхний слой, после чего исключаются
- Процесс повторяется, пока не будут обработаны все детали

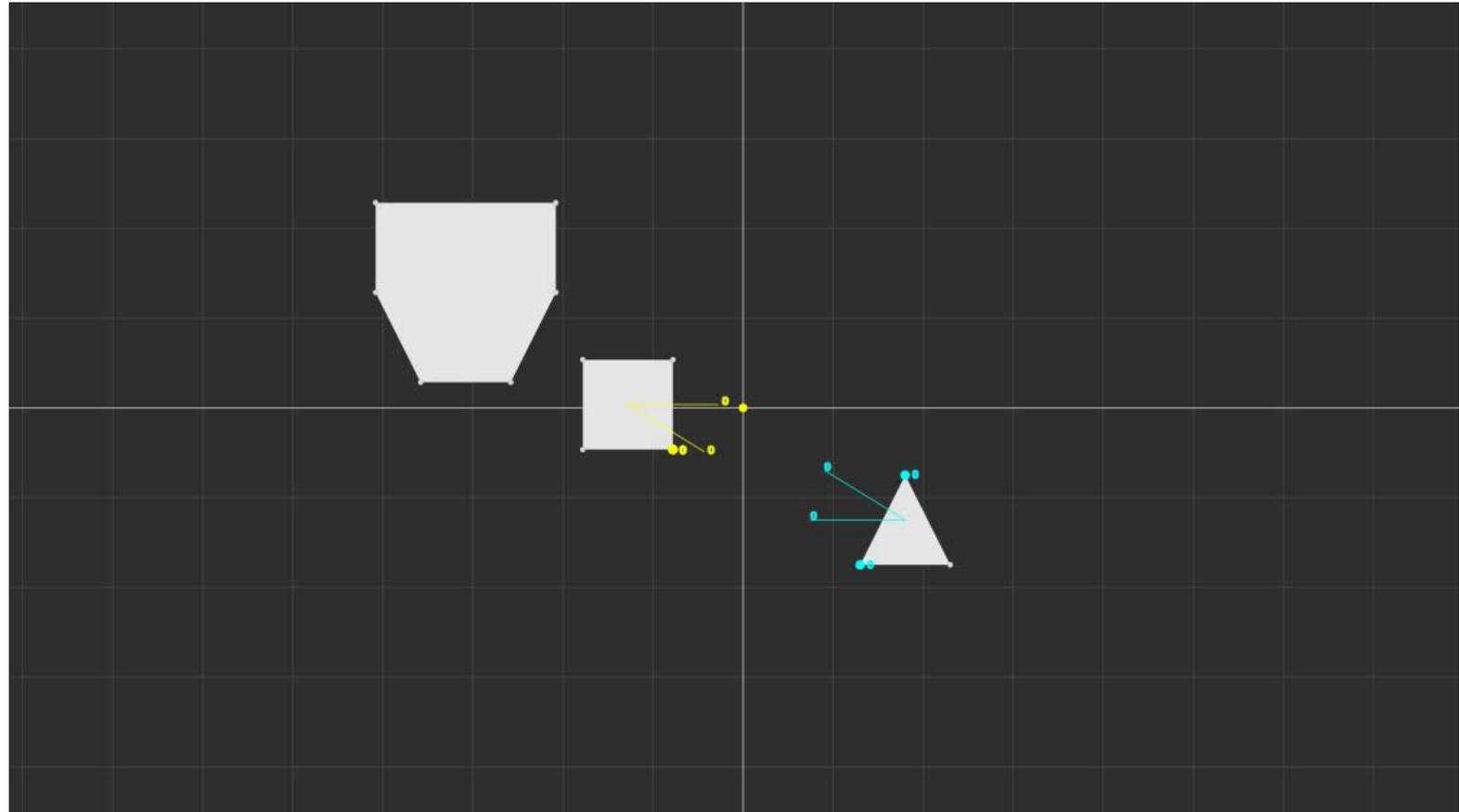
# Анализ возможности перемещения с учётом коллизий на основе алгоритмов BVH и EPA/GJK

Алгоритм BVH (Bounding Volume Hierarchy) позволяет сформировать ограничивающий объём вокруг каждой детали (группы деталей) для определения коллизий при перемещении элементов



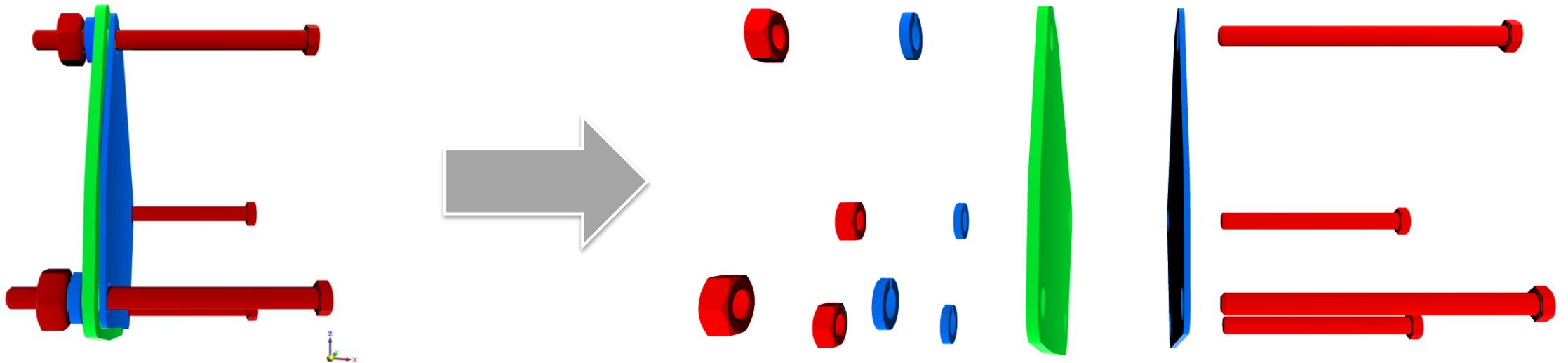
# Анализ возможности перемещения с учётом коллизий на основе алгоритмов BVH и EPA/GJK

Алгоритм GJK используется, чтобы определить, пересекаются ли ограничивающие объёмы деталей



# Декомпозиция 3D модели на «слои» для разнесения

- Разбиваем модель на слои рекурсивно
- Внешний слой состоит из объектов, для которых существует путь без коллизий



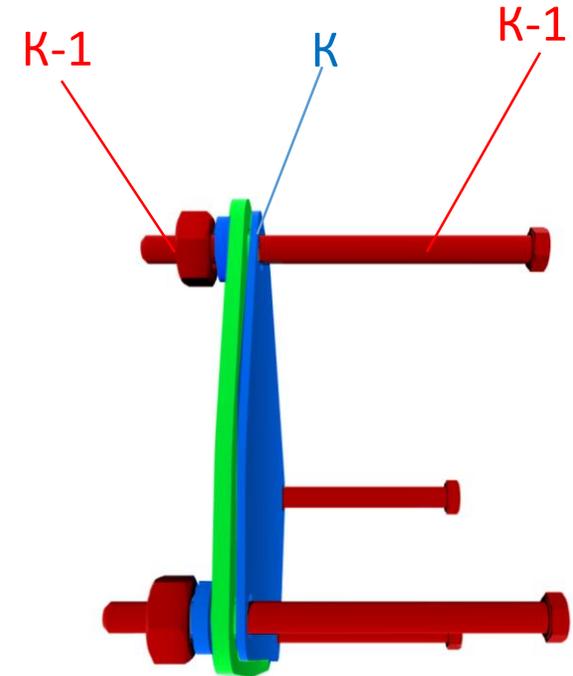
# Алгоритм автоматического разнесения

Разбиение 3D модели на  
слои

Определение  
направления движений

Создание эффекта  
разнесения

1. Для каждого слоя «К» определяется внешний слой «К-1»
2. Для слоя «К» формируется график коллизий
3. На основе анализа графиков коллизий выбирается оптимальное направление перемещения



# Выбор оптимального направления перемещения на основе анализа графиков коллизий

Для определения соосности элементов используется анализ динамики коллизий.



Исследуемая шайба

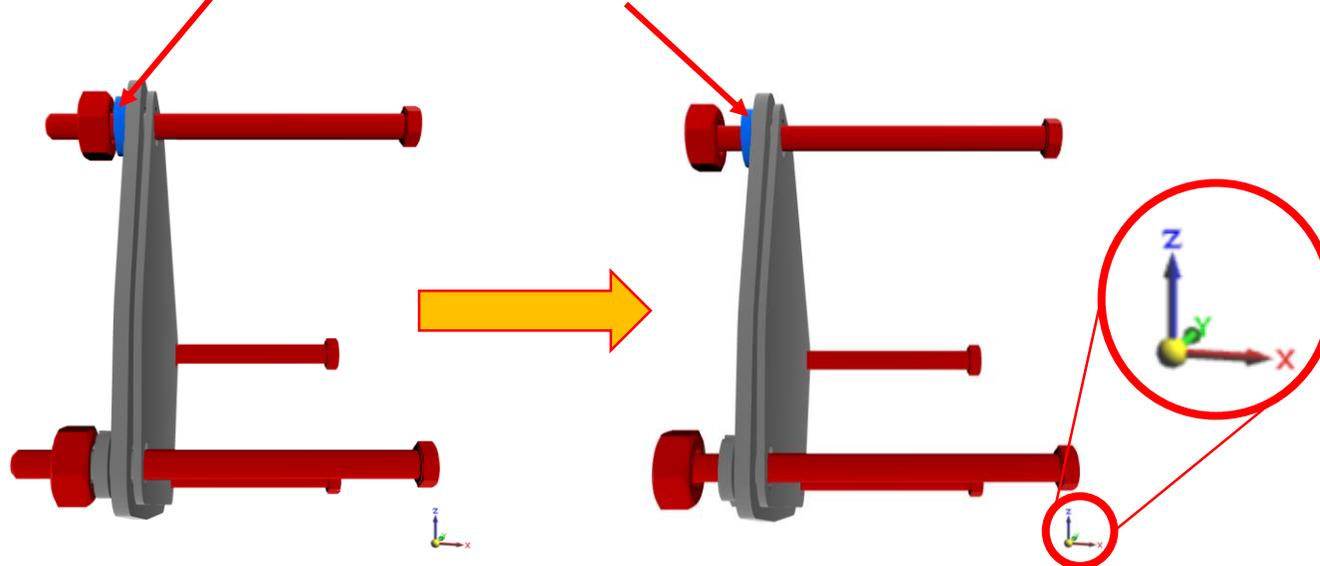


График не изменился

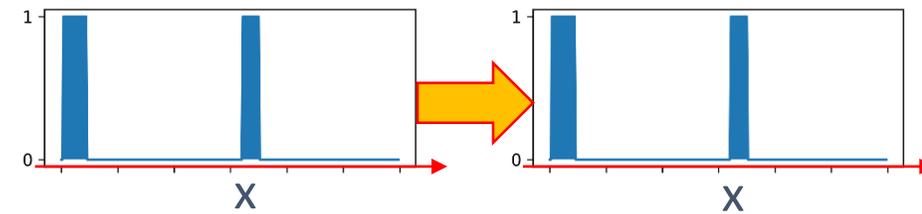
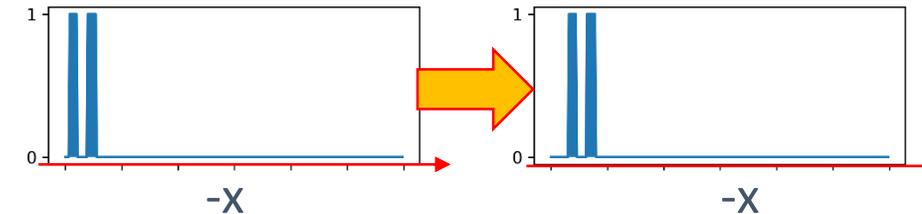
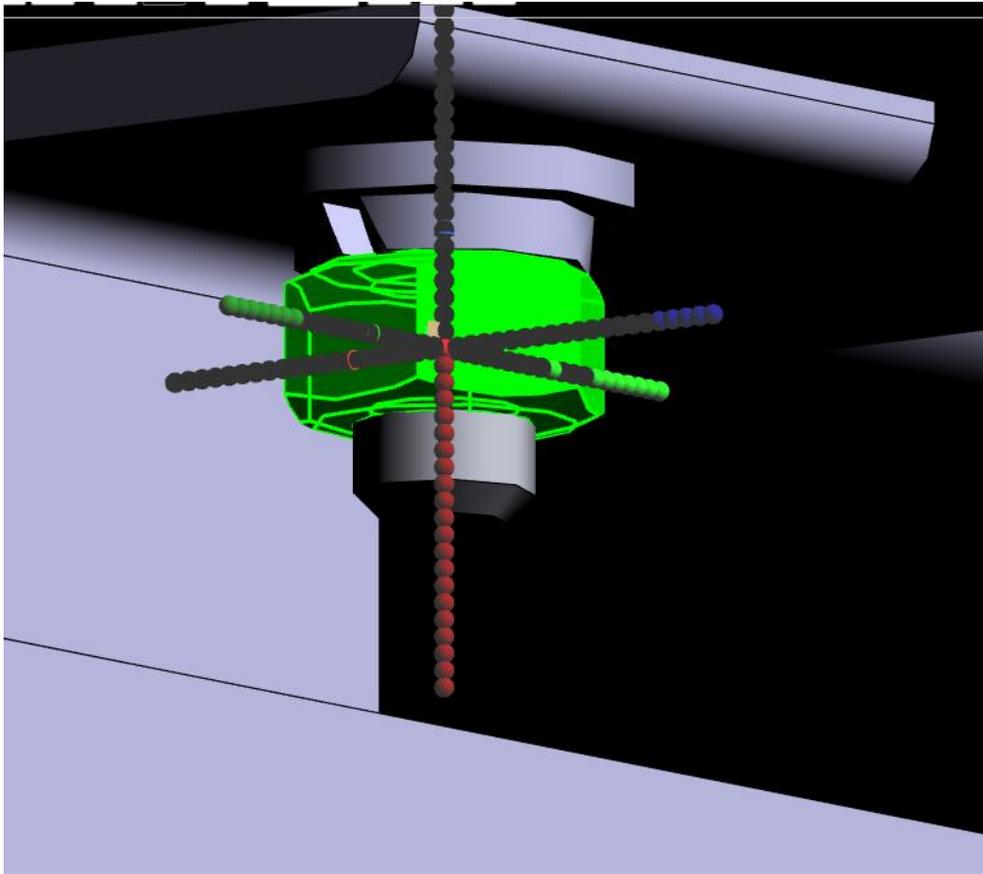


График изменился

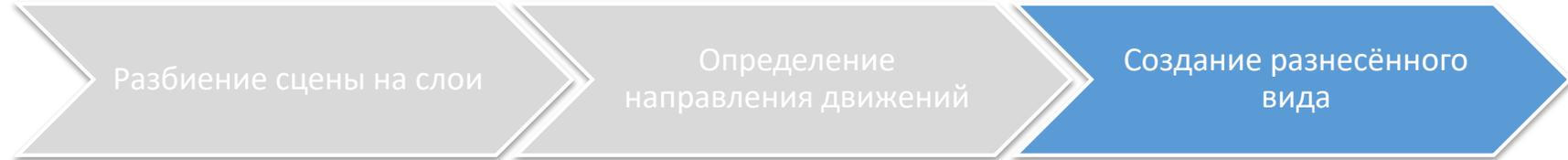


# Линейный алгоритм поиска пути



- Осуществляется сдвиг детали в каждом из 6 векторов  $(x, y, z$  и  $-x, -y, -z)$  на определенный шаг
- На каждом шаге проверяется наличие коллизий
- Направление считается заблокированным и исключается из поиска свободного пути при наличии коллизии

# Алгоритм автоматического разнесения



- Осуществляется перемещение деталей по пути, где отсутствуют коллизии
- Интенсивность перемещения детали зависит от слоя

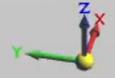
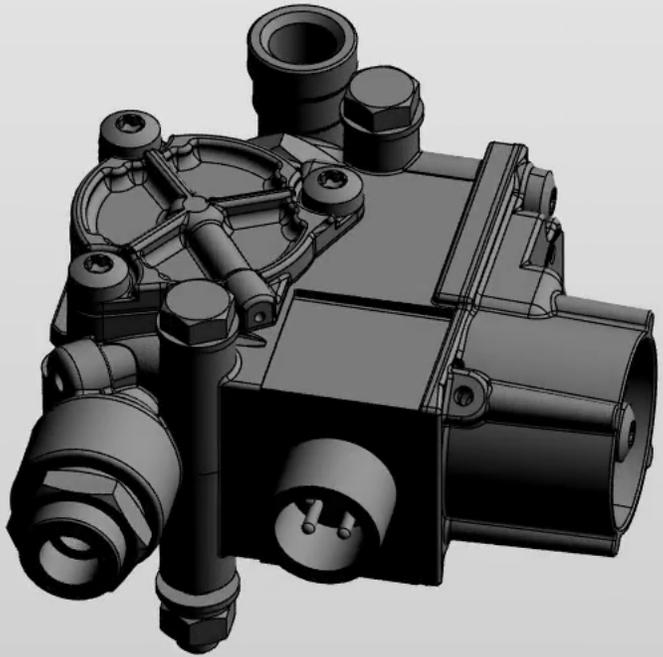
# Алгоритм автоматического разнесения





Поиск по обозначению, наиме...

- 4235-3503010@20240826
- 4235-3503010@202408261749
- Гайка М8-6Н ОСТ 37.00 250510-П29
- Гайка М8-6Н ОСТ 37.00 250510-П29
- Болт М8-6gx80 ОСТ 37.1 200275-П29
- Болт М8-6gx80 ОСТ 37.1 200275-П29
- Шайба 8Т ОСТ 37.001.1 252135-П2
- Шайба 8Т ОСТ 37.001.1 252135-П2
- Шайба 8 ОСТ 37.001.14 252005-П29
- Фитинг прямой 9512 12-М22Х1.5-501
- Фитинг угловой D2022 М16х1.5-М22Х1.5
- Модулятор давления 472 195 018 0



УДАЛИТЬ ВСЕ СВЯЗИ



# Перспективы применения машинного обучения

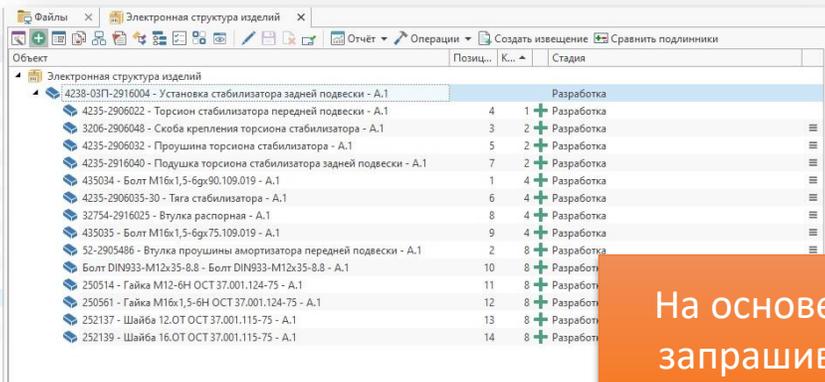
С целью улучшения пользовательского опыта, применимы подходы к машинному обучению:

- На основе огромного количества пар исходная-разнесённая модель
- На основе положительного закрепления во время работы с пользователем при:
  - Ручном разнесении
  - Автоматическом разнесении

# Автоматическое создание каталогов изделий

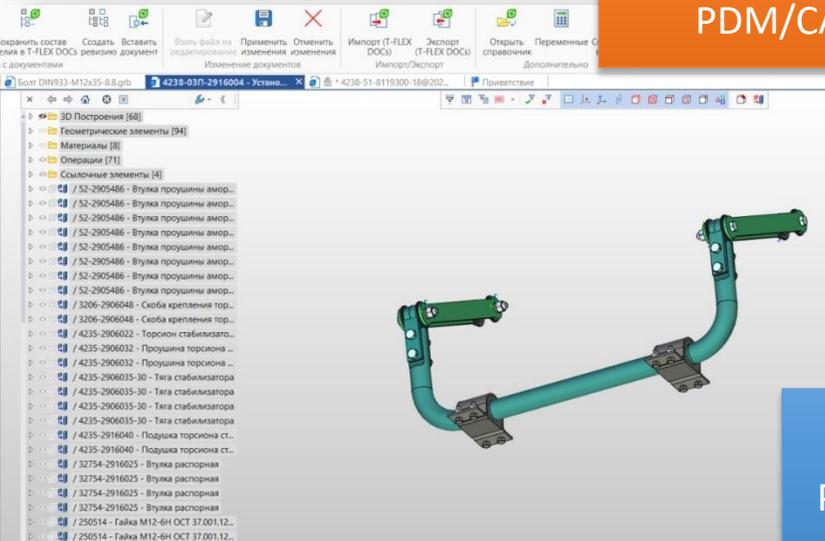
# Автоматическое формирование КИ

Автоматически формируем состав каталога (МП) на основе PDM или ERP

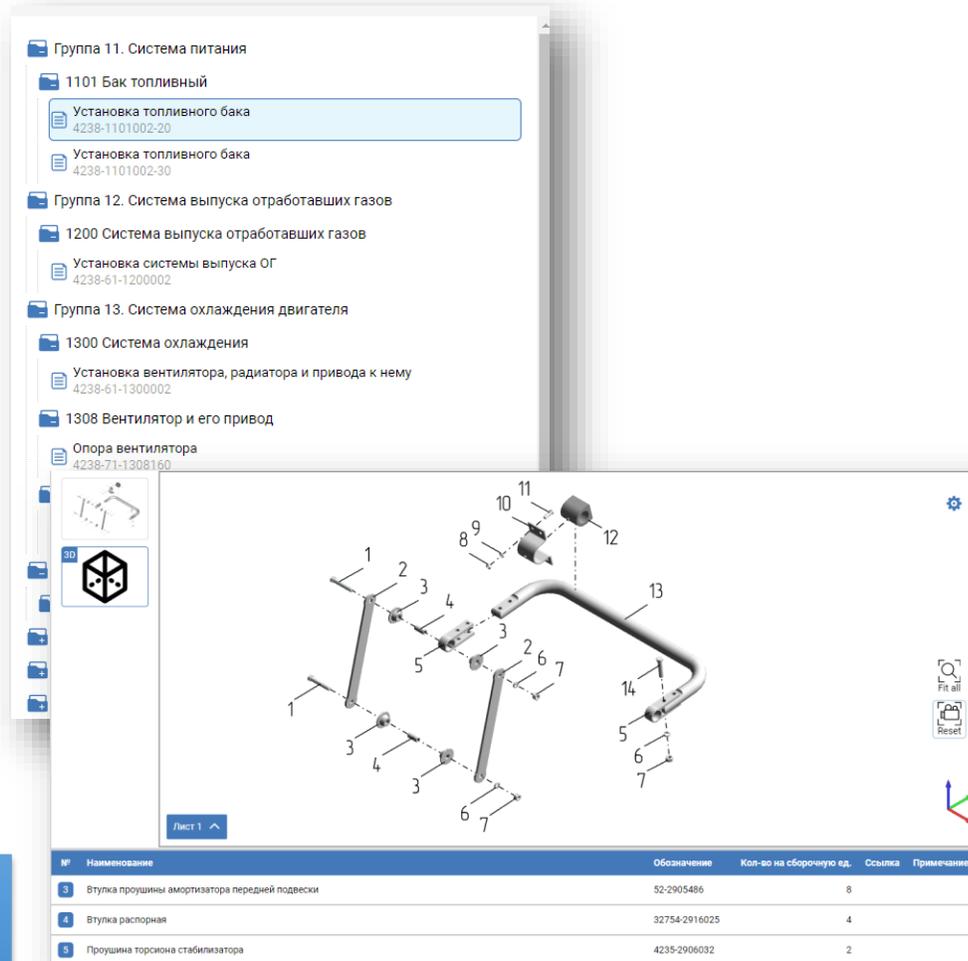


Объект	Позиц...	К...	Стадия
4238-03П-2916004 - Установка стабилизатора задней подвески - А.1			Разработка
4235-2906022 - Торсион стабилизатора передней подвески - А.1	4	1	Разработка
3206-2906048 - Скоба крепления торсион стабилизатора - А.1	3	2	Разработка
4235-2906032 - Проружина торсион стабилизатора - А.1	5	2	Разработка
4235-2916040 - Подушка торсион стабилизатора задней подвески - А.1	7	2	Разработка
435034 - Болт М16х1,5-6х90.109.019 - А.1	1	4	Разработка
4235-2906035-30 - Тага стабилизатора	6	4	Разработка
32754-2916025 - Втулка распорная - А.1	8	4	Разработка
435035 - Болт М16х1,5-6х75.109.019 - А.1	9	4	Разработка
52-2905486 - Втулка проружины амортизатора передней подвески - А.1	2	8	Разработка
Болт DIN933-M12x35-8.8 - Болт DIN933-M12x35-8.8 - А.1	10	8	Разработка
250514 - Гайка М12-6Н OCT 37.001.124-75 - А.1	11	8	Разработка
250561 - Гайка М16х1,5-6Н OCT 37.001.124-75 - А.1	12	8	Разработка
252137 - Шайба 12.OT OCT 37.001.115-75 - А.1	13	8	Разработка
252139 - Шайба 16.OT OCT 37.001.115-75 - А.1	14	8	Разработка

На основе МП запрашиваем информацию из PDM/CAD



На основе данных PDM/CAD формируем МД



Группа 11. Система питания

- 1101 Бак топливный
  - Установка топливного бака 4238-1101002-20
  - Установка топливного бака 4238-1101002-30
- Группа 12. Система выпуска отработавших газов
  - 1200 Система выпуска отработавших газов
    - Установка системы выпуска ОГ 4238-61-1200002
- Группа 13. Система охлаждения двигателя
  - 1300 Система охлаждения
    - Установка вентилятора, радиатора и привода к нему 4238-61-1300002
    - 1308 Вентилятор и его привод
      - Опора вентилятора 4238-71-1308160

3D exploded view of a suspension component with numbered parts (1-14).

№	Наименование	Обозначение	Кол-во на сборочную ед.	Ссылка	Примечание
3	Втулка проружины амортизатора передней подвески	52-2905486	8		
4	Втулка распорная	32754-2916025	4		
5	Проружина торсион стабилизатора	4235-2906032	2		

Спасибо за внимание

Вопросы