

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения  
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»  
(наименование)

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств»  
(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения  
(направленность (профиль))

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Разработка технологического транспорта для транспортировки деталей

Обучающийся

Л.В. Санников

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

к.т.н., доцент, Н.Ю. Логинов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

## Содержание

Введение.....	4
1 Состояние вопроса.....	6
1.1 Конструкция телеги.....	6
1.2 Особенности транспортировки телеги.....	10
1.3 Параметры при выборе телеги.....	10
1.4 Особенности AGV.....	11
1.5 Передвижения груза с AGV.....	16
1.6 Особенности складского тягача.....	18
1.7 Передвижения груза с тягачом.....	19
1.8 Особенности погрузчика.....	21
1.9 Передвижения груза на погрузчике.....	22
2 Разработка технологического транспортного средства.....	24
2.1 Предельные габариты технологического средства.....	25
2.2 Транспорт для перевозки технологического средства.....	26
2.3 Материал изготовления.....	29
2.3.1 Труба.....	29
2.3.2 Пластик.....	30
2.4 Резка пластика.....	31
2.5 Сварка пластика.....	32
2.6 Список деталей для перевозки.....	34
2.7 Разработка технологического транспортного средства.....	35
2.7.1 Колеса.....	38
2.7.2 Особенности строения в телеге под AGV.....	42
2.7.3 Оси.....	47
2.7.4 Упор.....	52
2.7.5 Устройство для расширения пространства.....	55

2.8 Особенности строения ящиков для деталей.....	56
2.8.1 Пластиковый ящик на левую сторону.....	58
2.8.2 Пластиковый ящик на правую сторону.....	59
2.8.3 Нижняя полка.....	60
2.8.4 Ящик для стекла.....	61
2.8.5 Полка под уплотнители.....	63
2.9 Расположение деталей в технологическом транспортном средстве.....	64
3 Статический расчет.....	67
3.1 Статический расчет для деформированного напряженного объекта.....	67
4 Практическое применение объекта.....	77
4.1 Сборка дверей до нововведения.....	77
4.2 Сборка дверей после нововведения.....	78
4.3 Экономический эффект нововведения.....	83
Заключение.....	86
Список используемых источников.....	87
Приложение А Статья.....	91

## Введение

Телега — это технологический транспортный объект с колесами для перемещения или транспортировки тяжелых предметов из одного места в другое. Тележка является полезным механизмом на фабриках, в магазинах, супермаркетах, в домашних и офисных комплексах, а также на производствах. Тележки облегчают перемещение тяжелых предметов, таких как товары из магазинов, бумаги из офисов, разнообразную технику и детали, конструкции для сборки транспортных средств и многие другие предметы, из одного места в другое. В разных развивающихся странах, довольно распространены традиционные или ручные операции с товарами, что приводит к возникновению болей в талии, боли в спине и в большинстве случаев к возникновению болей в руках и ногах. Постоянный и непрерывный подъем тяжелого материала может привести к растяжению мышц.

Тележка функционирует как система поддержки для легкого перемещения предметов из одного места в другое, тем самым повышая эффективность работы.

Исследования показали, что в промышленности значительная часть использует систему перевозки тележек с помощью ручного труда или с помощью тягача, погрузчика, для перевозки тяжелых грузов.

Таким образом, необходимо разработать портативную и многофункциональную тележку, использующую минимум человеческого труда и обладающая следующими особенностями, смотреть рисунки А.1-А.9 в Приложении А:

- пустым пространством с ограничительными барьерами, такими как профильные трубы и уголки, которые позволят закрепить AGV с рамой в тележке и удерживать его при фиксации;
- ограничительную стойку для стекла;
- ходовые колеса, установленные на четырех пластинах в углах нижней платформы;

- оси снаружи и внутри для координации и поддержки тележки во время движения по рельсам или по направляющим вместе с несущей подвеской конвейера;
- боковой стыковочный упор на согласованной высоте, выполненный в виде пластины, выступал в качестве стыковочного элемента с несущей подвеской конвейера и перемещал тележку вдоль сборочной линии, а оси поддерживали тележку во время движения;
- впереди устройства расширения пространства тележки, служащее для расширения пространства и поддержания расстояния между другими тележками при движении на AGV с рамой и при стыковке с несущим подвесом конвейера.

Концепция разработки тележки заключается в уменьшении ограничений, с которыми сталкивается система тележек с ручным управлением, используемая в настоящее время.

Для разработки технологического транспортного средства необходимо выполнить следующие задачи:

- габариты технологического средства;
- материал изготовления тела технологического транспортного средства;
- список деталей, которые будут лежать в технологическом транспортном средстве;
- оборудование для резки и пайки полипропилена;
- транспорт для перевозки технологического транспортного средства;
- особенности строения технологического транспортного средства;
- расположение комплект деталей в технологическом транспортном средстве;
- разработка ящиков для вложения комплектов деталей;
- статический расчет;
- практическое применение объекта;
- экономический эффект.

## 1 Состояние вопроса

Среди всего оборудования на промышленных производствах можно выделить огромное количество устройств, приспособлений и установок, без которых сейчас не может существовать никакое промышленное производство. Таким оборудованием является телега, которая входит в состав основного оборудования на производствах и обладает уникальностью конструкции. Применение данного вида цехового транспорта позволяет решать любые локальные задачи, такие как проблемы, связанные с перевозкой груза. Однако оно не универсально, но транспортировки обладают огромным потенциалом и вместе с этим огромной эффективностью в работе.

### 1.1 Конструкция телеги

Тележка состоит из следующих компонентов:

- трубы металлические, которые, сварены между собой и представляют собой тело телеги (рисунок 1);

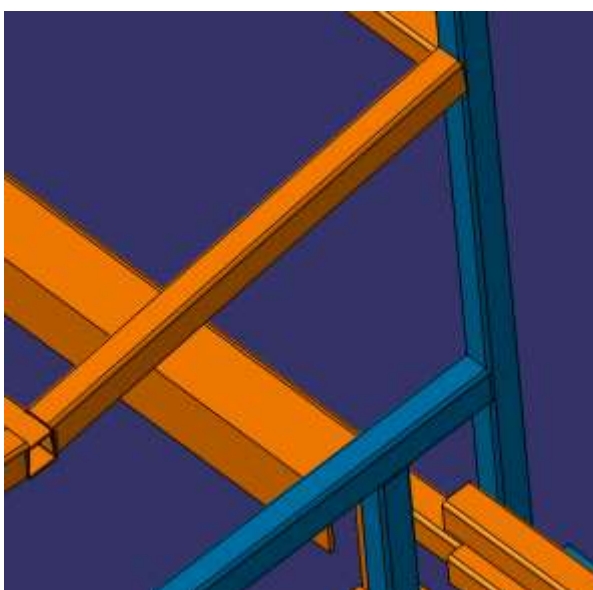


Рисунок 1 - 3D модель конструкции из труб

- уголки, имеющие ряд задач, которые представлены на рисунках 2,3:
- для фиксации и удержания пластикового ящика для деталей под углом;

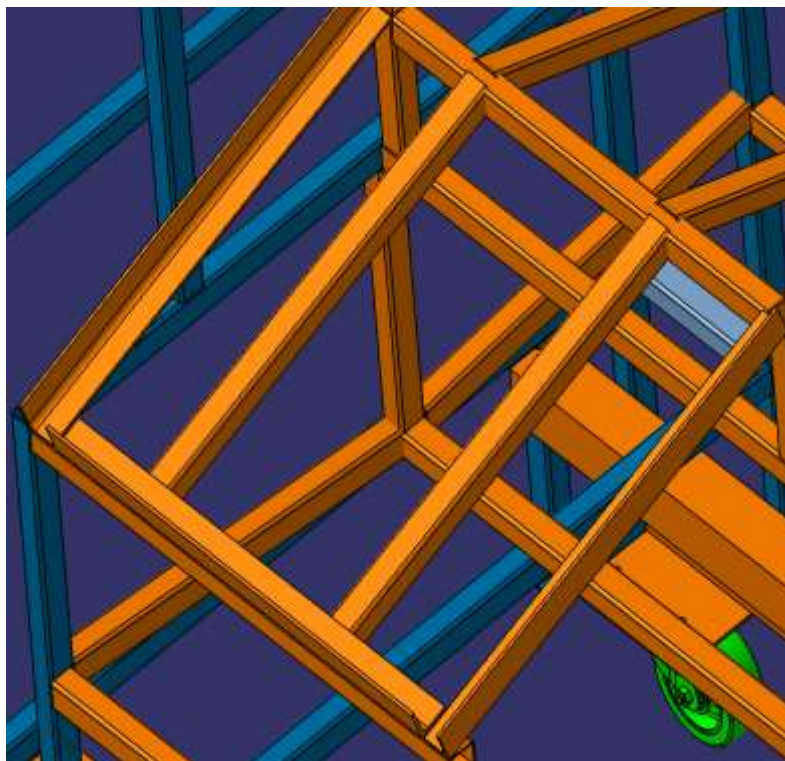


Рисунок 2 – 3D модель конструкции под углом для крепления и удержания пластиковой коробки под углом

- для фиксации и удержания при повороте AGV (напольный безрельсовый транспорт), чтобы не выходила за пределы и не повреждала телегу во время движения.

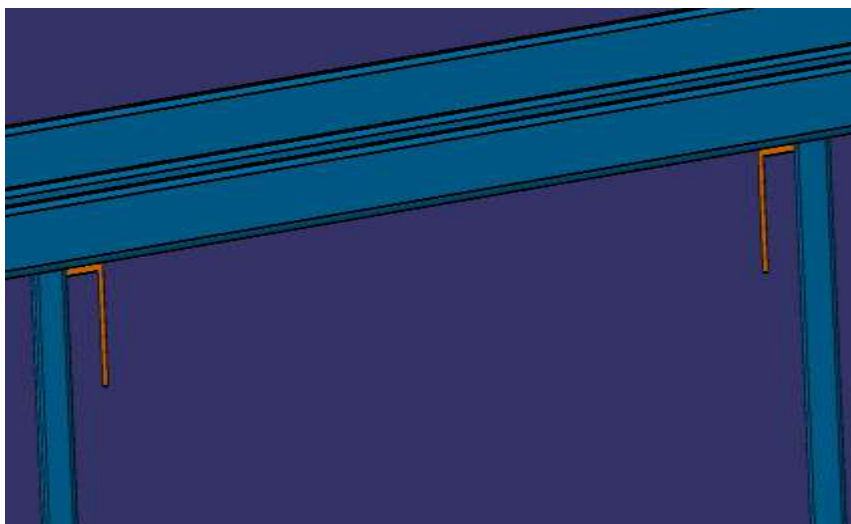


Рисунок 3 - 3D модель конструкции из уголков для не выхождения за габариты

- металлические плиты, сваренные с трубами и служащие для закрепления с колесами, которые представлены на рисунке 4;
- колеса, для передвижения тележки по твердой поверхности, которые представлены на рисунке 4;

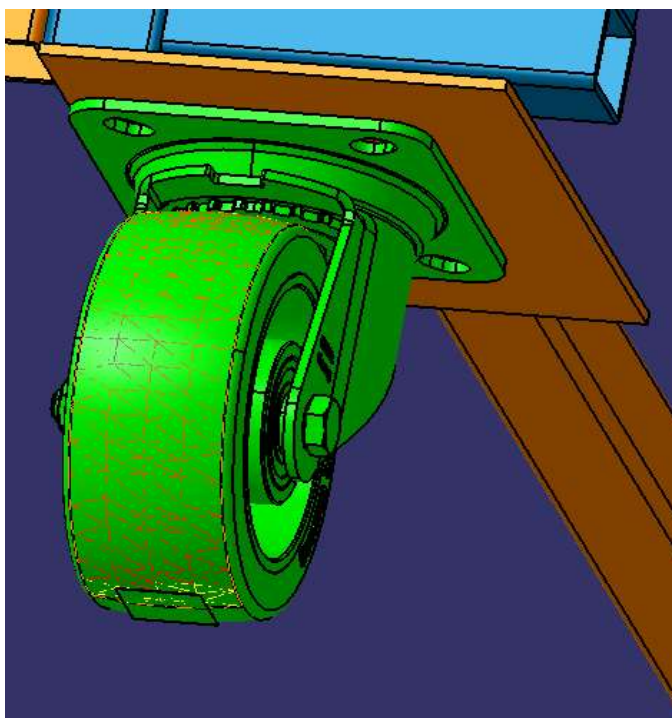


Рисунок 4 - 3D модель металлической плиты и колеса



- оси для закрепления и фиксации телеги с другим подвижным объектом и для совместного передвижения двух скрепленных телег, которые представлены на рисунках 5,6.

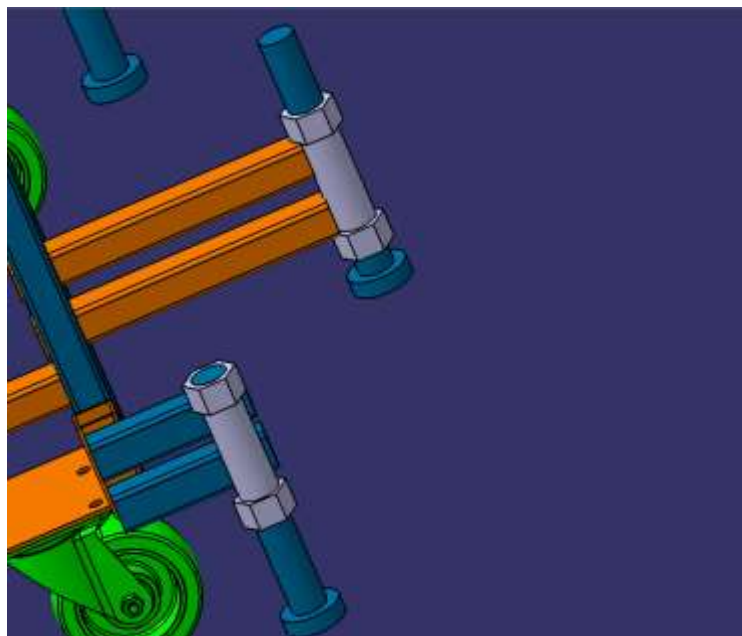


Рисунок 5 - 3D модель оси

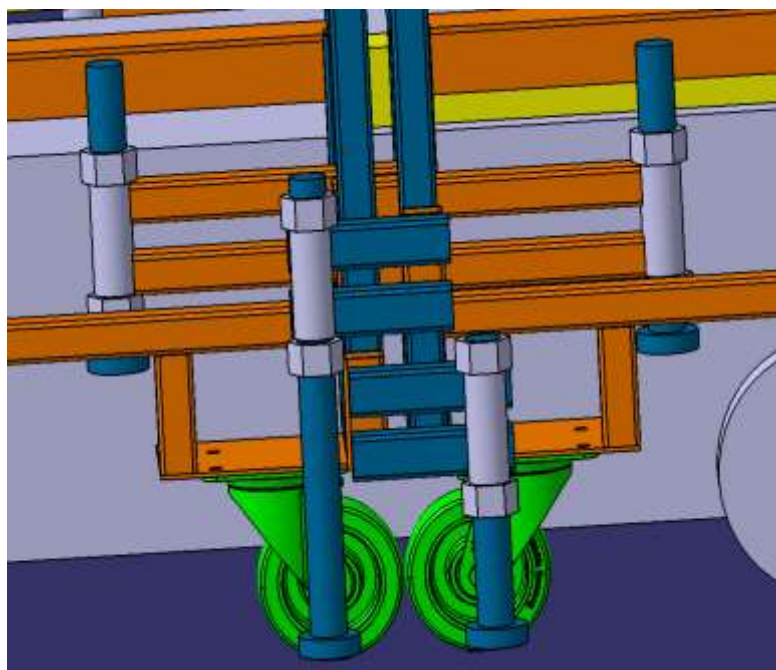


Рисунок 6 - 3D модель крепления телег

## **1.2 Особенности транспортировки телеги**

Имеются следующие особенности транспортировки технологического транспортного средства, основываясь на [1]-[2], для транспортировки без использования человеческого труда и для передвижения при помощи колесного привода по твердой поверхности:

- телега при помощи AGV, перемещается только на то расстояние, на которое было запрограммировано AGV, двигаясь при помощи меток, закрепленных магнитной лентой;
- передвижения телеги осуществляются только по твердой, гладкой, сухой поверхности. Неровность может затруднить перемещение тележки, а также может нанести повреждения деталям, лежащим в ней. Мокрая поверхность может привести к затруднениям в передвижении, что для AGV нарушение системы.

## **1.3 Параметры при выборе телеги**

При выборе телеги для перевозки деталей, прежде всего, нужно обращать внимание на следующие параметры:

- загруженность деталями, максимальная грузоподъемность, позволяющая перемещаться деталям на телегах без ущерба для деталей и самой телеги, а именно:
  - чтобы детали, лежащие в телеге, не вылезали за пределы телеги;
  - чтобы вес всего комплекта деталей не выходил за пределы максимального веса, который может выдержать телега.
- диапазон захвата колес. Расстояние между колесами телеги;
- долговечность. Данный параметр зависит от качества изготовления телеги и ее комплектующих для перемещения деталей;
- пространство под AGV. Под этим параметром подразумевается пустое пространство в нижней части телеги, окруженное сваренными

трубами, уголками. Данное пространство имеет конкретное расстояние между окружающими его трубами, чтобы не мешать движению AGV;

- способ передвижения телеги по твердой поверхности:

- вручную;

- транспортным средством:

- напольный безрельсовый транспорт,

- погрузчик,

- тягач.

- ценовая политика на рынке по продаже, проектированию, разработки телег;

- предельный вес телеги, позволяющий ее передвигать без больших усилий на колесах.

#### **1.4 Особенности AGV**

AGV (напольный безрельсовый транспорт) – это автоматическое транспортное средство с электроприводом для транспортировки грузов (телег, стеллажей и т.д.) по заданной траектории без участия человека, основываясь на транспортировке и на способы навигации [1]-[5].

Описание AGV.

Транспорт производственный напольный безрельсовый (беспилотное средство перемещения грузов в производственных помещениях) состоит из:

- сборного металлического корпуса, изготовленного из листовой стали толщиной 10 мм. Корпус впереди опирается на поворотные ролики, а сзади - на неповоротные;

- в центральной части расположен приводной модуль, который имеет три степени свободы (вверх-вниз, наклон вправо и влево, поворот вправо и влево). Таким образом, обеспечивается возможность управления направлением перемещения и возможность работы на неровном полу. На переднем торце приводного модуля установлен датчик магнитной ленты и

датчик магнитных маркеров. Приводной модуль так же может быть поднят отдельным подъемным кулачковым механизмом, что обеспечивает возможность ручного перемещения тележки;

- в передней части тележки расположен шкаф управления, в котором расположен программируемый логический контроллер, автоматические выключатели и коммутационная аппаратура. На дверце шкафа управления установлены кнопки управления и панель машинного интерфейса. На переднем торце установлен лазерный сканер безопасности, который обеспечивает контроль за наличием объектов в направлении движения. Зоны свободно конфигурируются и могут меняться на каждом шагу работы тележки;

- между приводным модулем и шкафом управления установлено зацепное устройство, которое представляет собой металлический стержень, который выдвигается и задвигается под действием электрического двигателя;

- в задней части расположен аккумуляторный отсек.

Особенности AGV.

Основы работы:

- перемещение груза из одного места в другое;
- движение по конкретно подготовленному маршруту, имеющее различные формы:
  - изгибы,
  - развилки.
- передвижение с постоянной скоростью;
- познание препятствия во время движения;
- движение без участия человека;
- беспроводная связь между другими AGV;
- при достижении меток - выполнение запрограммированных задач:
  - остановиться,
  - двигаться,
  - захватить,

- отпустить.

#### Навигация:

- по проводам встроенных в пол;
- по магнитной ленте;
- лазерная (по установленным меткам);
- инерциальная (накопление ошибок).

#### Достоинства:

- гибкость системы;
- габариты;
- грузоподъемность;
- долговечность;
- окупаемость;
- перевозка грузов на опасных производственных объектах;
- отсутствие необходимости в ручном труде оператора;
- отсутствие ошибок при движении, в отличие от ручного управления;
- безопасность;
- производительность.

#### Недостатки:

- трудности при работе вне помещения;
- трудность перемещения (нарушение системы) по мокрому полу;
- система может выполнять только повторяющиеся задачи;
- ограничено задачами;
- энергопотребление.

#### Рекомендации безопасности:

- при работе с нагрузкой близкой к номинальной возможна потеря сцепления колес с полом. Во избежание потери сцепления необходимо выполнить абразивное и ровное покрытие пола;
- транспорт может сойти с маршрута на мокрой, масляной или запыленной поверхности. Поверхность пола должна быть чистой и сухой.

Разрывы в магнитной ленте трека так же могут быть причиной съезда с трека;

- небольшие объекты на полу могут привести к тому, что транспорт сойдет с трассы;

- перед началом работы убедитесь, что сканер безопасности и кнопка аварийной остановки находятся в хорошем рабочем состоянии;

- не тяните за провода при замене батарей, это может привести к повреждению проводов и короткому замыканию;

- не проводите зарядку аккумуляторов в корпусе транспорта.

- при замене батарей необходимо использовать СИЗ (перчатки, защитные очки и ботинки с металлическим подножием);

- техническое обслуживание транспорта может проводиться только специально обученным персоналом;

- транспорт может быть запрограммирован только в режиме «стоп»;

- средняя температура окружающей среды при непрерывном использовании +10... +35°C;

- относительная влажность воздуха до 70% при температуре +20°C.

Внешний вид AGV (напольный безрельсовый транспорт) показан на рисунках 7,8:

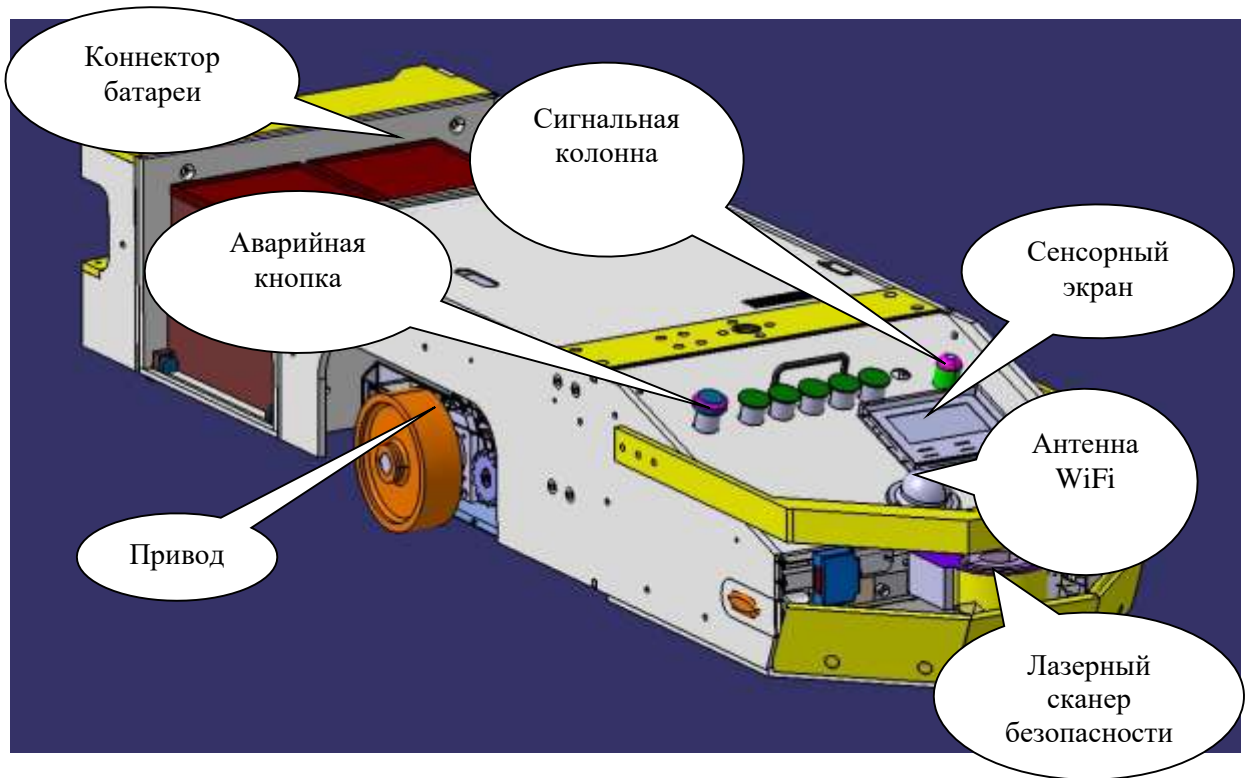


Рисунок 7 - 3D модель AGV вид сверху

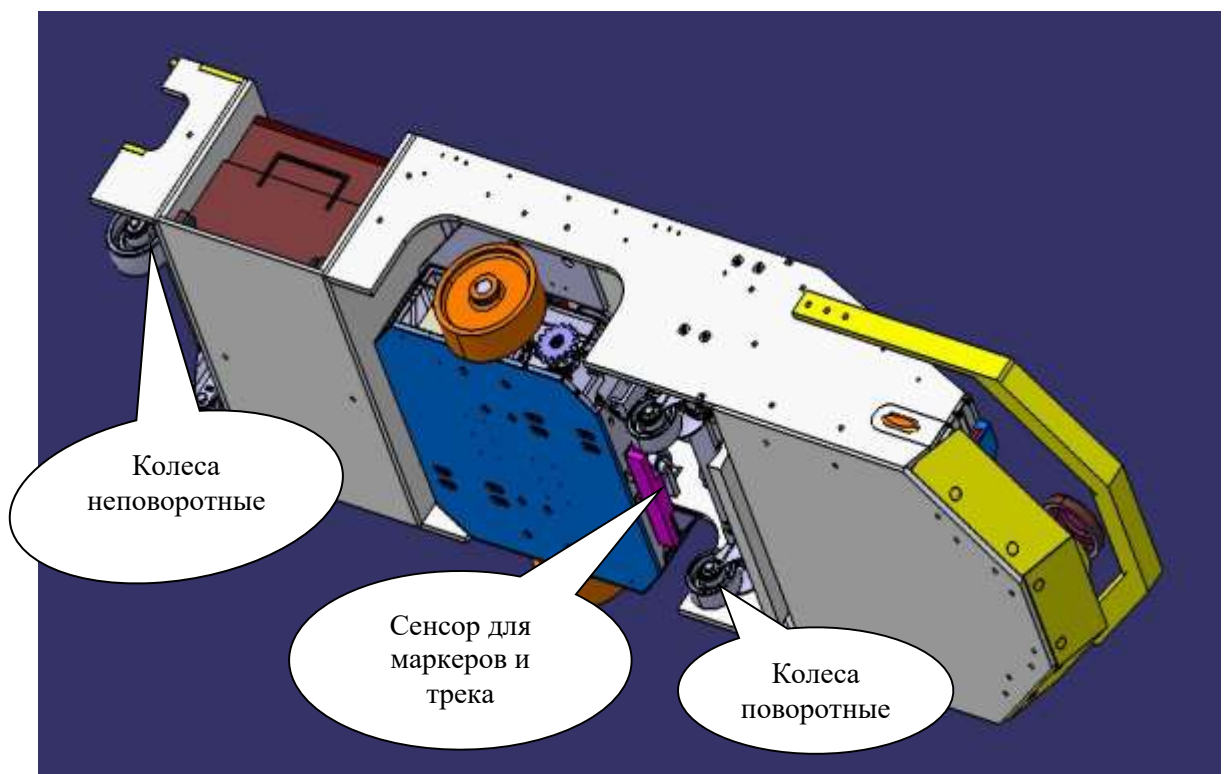


Рисунок 8 - 3D модель AGV вид снизу

## 1.5 Передвижения груза с AGV

Принцип передвижения груза с AGV, на основе [1]-[8]:

- грузы размещаются на твердой поверхности, на специально подготовленному для этого места в ожидании крепления с AGV;
- на твердую поверхность прикрепляется положительно заряженная магнитная лента, которая находится под грузом и задает направление движения;
- на боковой стороне магнитной ленты установлены отрицательно заряженные метки. Эти метки имеют ряд запрограммированных задач, которые будет выполнять AGV, когда достигнет их;
- когда AGV достигает груза, под которым запрограммированные метки с заданиями размещаются на полу. Выполняется следующая задача: встать под грузом на установленную позицию, выпустить (поднять) штырь и закрепиться с грузом;
- после закрепления груза с AGV, начинается движение к операторам на склад для заполнения груза комплектом деталей;
- на складе в каждую ячейку помещается комплект деталей так, чтобы оператор мог достать и взять, а также положить в груз. После прибытия груза с AGV на склад оператор на основе полученных данных по системе сортировки деталей начинает заполнять груз комплектами деталями;
- после заполнения деталями груз движется вместе с AGV к месту потребления загруженных деталей;
- точное место остановки определено с помощью установленной метки, на которой происходит сброс полного груза и подбор пустого груза;
- далее доставка комплекта деталей происходит по ранее описанному циклу.

Пример графического передвижения груза по магнитной линии, передвижение телеги с AGV, показан на рисунках 9,10.



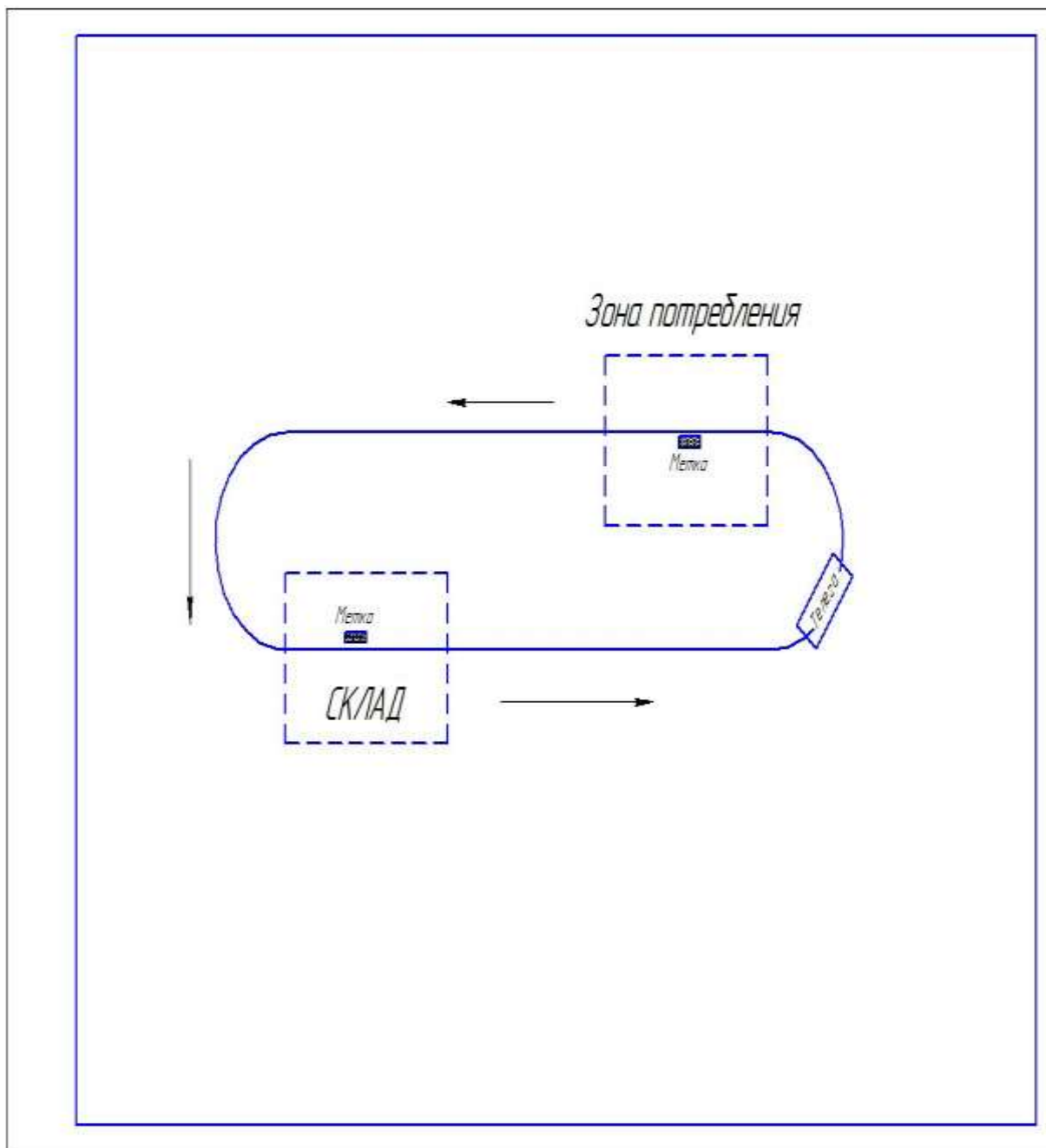


Рисунок 9 - Пример движения груза по магнитной ленте от склада до зоны потребления



Рисунок 10 - Наглядный вид перемещения груза с помощью AGV по магнитной ленте

### **1.6 Особенности складского тягача**

Тягач — это специальное транспортное средство, предназначенное для перевозки груза из одного места в другое, основываясь на [9].

Основные особенности складского тягача:

Основы работы:

- перемещение груза из одного места в другое;
- крепление тележки к главной машине с помощью прицепа.

Типы:

- ручные;
- с местом расположения оператора:
  - с сиденьем;
  - на платформе.

Достоинства:

- небольшие габариты;

- простое управление, благодаря чему оператору не нужно прилагать физических усилий;

- маневренность при движении в узких проходах;
- работает на электроприводе;
- дополнительные места для перевозки специальных грузов;
- имеет небольшой вес;
- транспортировка тяжелых грузов;
- тихий ход благодаря резиновым покрышкам колес;
- не наносит вреда окружающей среде;
- удобное водительское сиденье;
- дизайн (внешний вид).

Недостатки:

- большие энергозатраты;
- трудность передвижения на длинных подъемах и спусках;
- ограничение скорости.

## **1.7 Передвижение груза с тягачом**

Принцип передвижения груза с тягачом, на основе [6]-[9]:

- груз размещается на твердой поверхности, на специально подготовленном месте, ожидая закрепления с тягачом;
- когда подъезжает водитель на тягаче к грузу, закрепляет груз с тягачом с помощью прицепа;
- после того, как груз закреплен с тягачом, начинается движение к оператору на склад для заполнения груза комплектом деталей;
- после прибытия груза с тягачом на склад, оператор начинает заполнять груз комплектами деталей на основе полученных данных по системе сортировки деталей;
- после того, как оператор заполнит груз деталями, груз перемещается с помощью тягача к месту потребления загруженных деталей;

- тягач, закреплённым с грузом, загруженным деталями, подъезжает к месту сброса полного груза и подбор пустого груза;

- далее, доставка комплекта деталей происходит по ранее описанному циклу.

На рисунках 11-12, приведены примеры, внешнего вида тягача и перемещения груза с помощью тягача.



Рисунок 11 - Внешний вид тягача



Рисунок 12 - Наглядный вид передвижения груза с тягачом

## 1.8 Особенности погрузчика

Погрузчик – это специальное погрузочное средство, предназначенное для:

- перевозки груза;
- подъема груза;
- -нятие груза.

Основные особенности складского погрузчика [10]:

- перемещение груза из одного места в другое;
- подъем, опускание грузов с помощью вилок, на высоту, которую позволяет вилочный погрузчик.

Достоинства:

- простое управление, благодаря чему оператору не нужно прилагать физических усилий;
- дизайн (внешний вид);

- бесшумное вождение;
- не наносит вреда окружающей среде;
- срок службы;
- небольшие габариты;
- транспортировка тяжелых грузов.

Недостатки:

- стоимость транспорта;
- обучение персонала;
- большие энергозатраты;
- маневренность при движении в узких проходах;
- ограничение скорости.

### **1.9 Передвижения груза на погрузчике**

Принцип перемещения груза с комплектом деталей для сборки, на складском вилочном погрузчике, основанный на [6]- [8], [10]:

- груз располагается на твердой поверхности, на специально подготовленном месте, ожидая, пока его закрепят с помощью вилочного погрузчика;

- когда водитель погрузчика подъезжает к грузу, закрепляет груз с помощью вилок и поднимает его;

- после того как груз закреплен и поднят вилочным погрузчиком, начинается движение к операторам на склад для заполнения груза деталями;

- после прибытия груза вилочным погрузчиком на склад. Вилочный погрузчик опускает пустой груз, и оператор начинает заполнять груз комплектами деталей до тех пор, пока груз не заполнится на основе полученных данных по системе сортировки деталей;

- после того как оператор заполнит комплект деталями, погрузчик поднимает груз с ранее загруженными деталями и начинает движение к месту потребления загруженных деталей;

- вилочный погрузчик, закрепленный с грузом загруженных деталей, подъезжает к месту выгрузки полного груза и подбор пустого груза;

- далее, поставка комплекта деталей следует описанному ранее циклу.

На рисунках 13-14, показаны примеры, внешний вид складского вилочного погрузчика и основной принцип перемещения вилочного погрузчика с грузом.

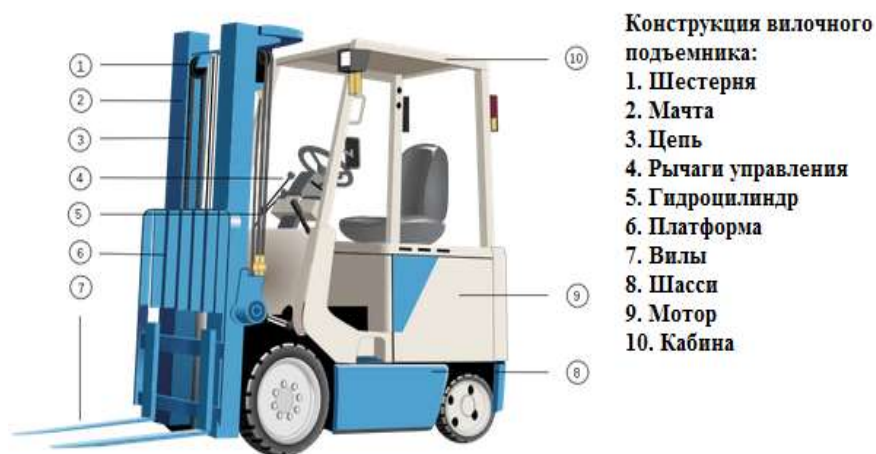


Рисунок 13 - Складской погрузчик



Рисунок 14 - Наглядный вид перемещения вилочного погрузчика с грузом

## **2 Разработка технологического транспортного средства**

Основной целью работы является разработка технологического транспортного средства для перевозки комплекта деталей к месту сборки дверей автомобиля.

Для достижения этой цели необходимо выполнить следующие задачи:

- определить габариты технологического транспортного средства;
- подобрать транспорт для перевозки технологического транспортного средства;
- проанализировать материал изготовления тела технологического транспортного средства:
  - технологическое транспортное средство;
  - ящики под детали.
- определить список деталей, которые будут лежать в технологическом транспортном средстве;
- исследовать особенности строения технологического транспортного средства:
  - особенности колес и их расположение в телеге;
  - особенности пространства в телеге под AGV;
  - особенности осей;
  - особенности выступов;
  - особенности устройства для расширения пространства.
- определить расположение комплект деталей в технологическом транспортном средстве;
- разработать ящики для вложения комплектов деталей:
  - разработка левого ящика;
  - разработка правого ящика;
  - разработка полки;
  - разработка ящика под стекла;
  - разработка верхней полки.



## 2.1 Предельные габариты технологического средства

В данном параграфе рассмотрены границы технологического транспортного средства для транспортировки деталей:

- ширина – 1010 мм;
- длина – 1550 мм;
- высота – 1650 мм.

Максимальная грузоподъёмность со всем компонентами (профильные трубы стальные, уголки, пластик, оси, подшипник, детали для сборки) на колесах, не больше 500 кг.

Представлены на рисунке 15, предельные габариты технологического транспортного средства:

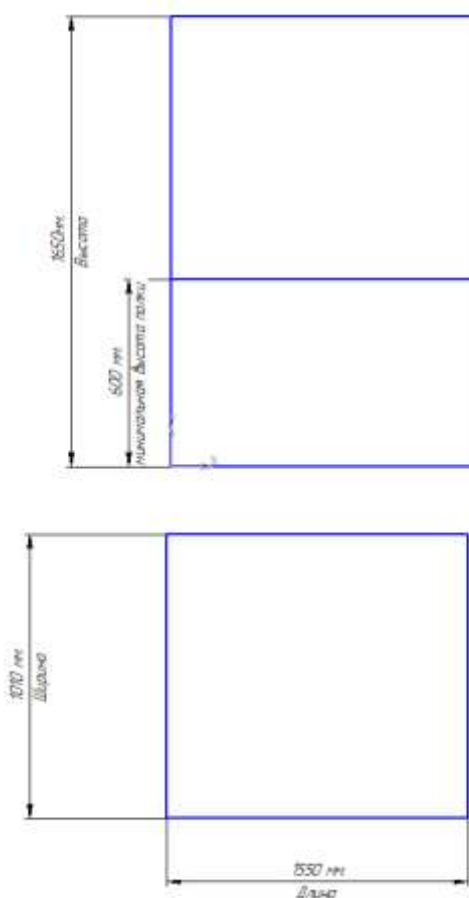


Рисунок 15 - Предельные габариты технологического транспортного средства

Где:

- 600 мм — это минимальная высота, которая удовлетворяет удобству дотягивания до деталей;
- 1650 мм - высота позволяет мужчине среднего роста - 1765 мм и женщине - 1653 мм дотянуться до деталей без сильного подъема руки;
- 1010 мм и 1550 мм - длина и ширина, обеспечивающие среднестатистическому человеку возможность дотянуться до деталей и взять в руки.

## 2.2 Транспорт для перевозки технологического средства

В данном параграфе рассматривается транспорт, который будет перемещать технологическое транспортное средство на определенные расстояния.

Данным транспортом является AGV (напольный безрельсовый транспорт). Основные преимущества, недостатки AGV были описаны в первой части “1 состояние вопроса, 1.4 особенности AGV”.

Технические характеристики транспорта, двигателя, представлены в таблицах 1, 2:

Таблица 1 - Технические характеристики транспорта

Модель:	ТПНБ - М1
Привод:	2WD
Поддерживаемый процесс	Транспорт тележек
Направления движения	Вперёд
Перемещаемый вес*	210 кг.
Максимальное тяговое усилие*	60 кг.
Высота	369 мм.
Ширина	540 мм.
Длинна	1855 мм.
Допустимый перепад высоты пола	1%
Минимальный радиус поворота 90°	450 мм
Максимальная скорость	60 м/мин
Минимальная скорость	5 м/мин.
Останавливающая способность	0,42 м/сек <sup>2</sup>

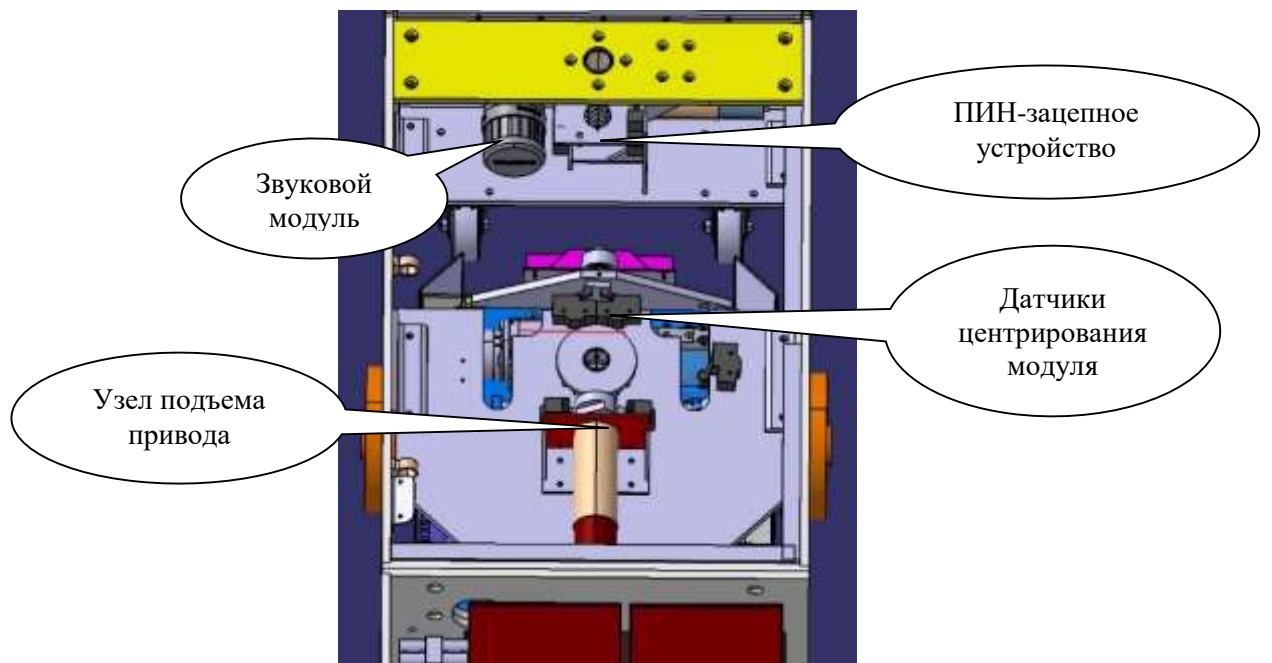
Продолжение таблицы 1

Точность остановки	+/- 10 мм.
Напряжение питания (батарей)	24v
Класс защиты	IP11
Рекомендуемый тип батарей	Гелевый тяговый
Рекомендуемая мощность батарей	2 · 85 А/ч
Зарядка батарей	Не предусмотрена
Способ навигации	По магнитной ленте полярность: прямая, толщина: 1 мм, ширина: 25 мм, (TX-0004GER2M)
Способ управления	По положению магнитных маркеров полярность: обратная, толщина: 1 мм, ширина: 50 мм, (TX-0004GERKN)
Датчик препятствий	Лазерный сканер безопасности. Категория 3, уровень эффективности d (ISO13849-1) максимальная зона d = 4 м. 35 наборов зон
Захват груза	Пин зацеп в передней части (опционально в задней части)
Панель оператора	Сенсорная цветная панель 6
Способ программирования	Ввод параметров к уникальному номеру метки
Объем программы	5 программ по 200 шагов (опционально 100 программ)
Управление перекрестками	Доступно с внешних систем
Удаленное управление	Команда старт в автоматическом режиме от внешних систем
Тип WiFi	8 DBI 2.4GHz \ 5GHz

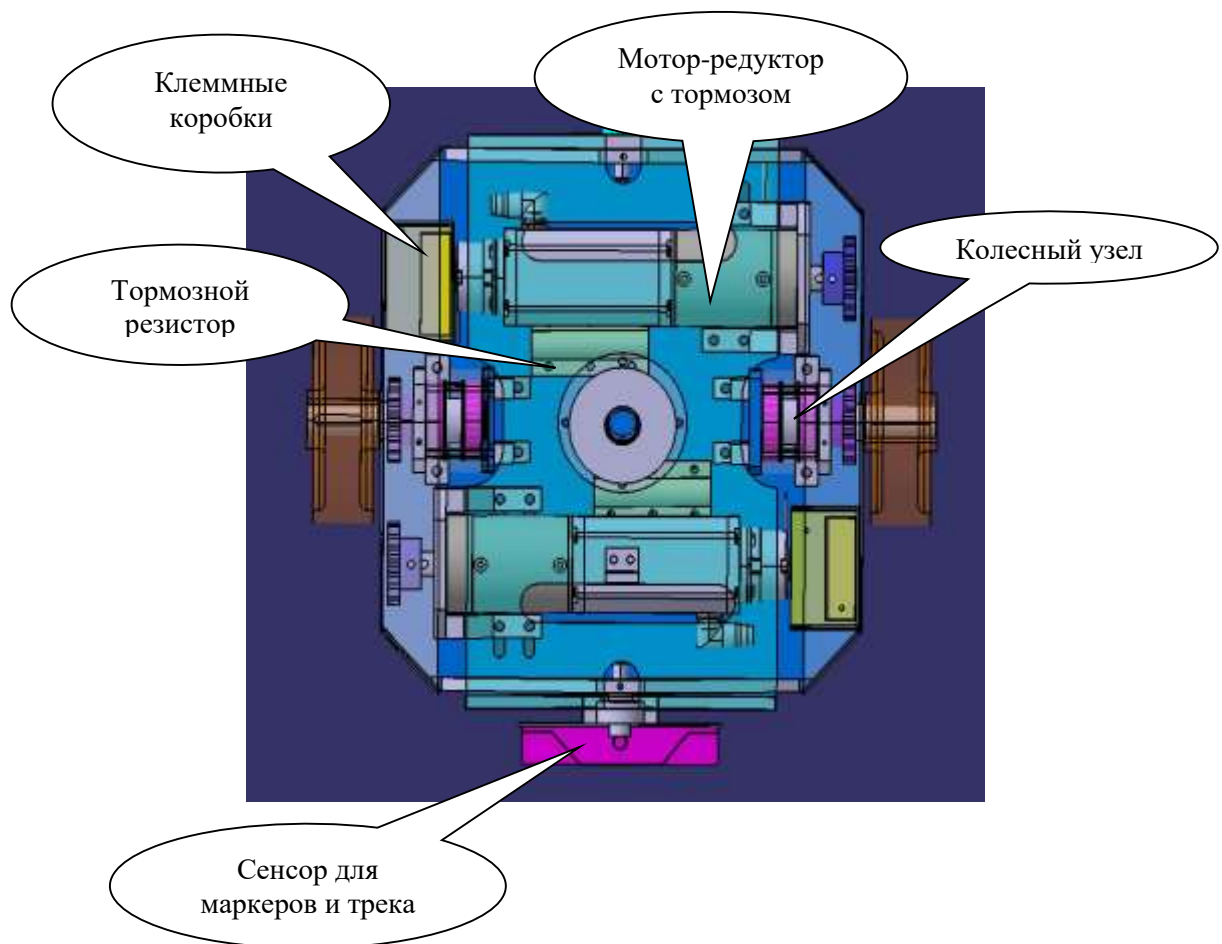
Таблица 2 - Технические характеристики приводного двигателя

Напряжение питания	24VDC
Номинальная мощность	320Вт
Номинальный момент	76 Н · см
Номинальный ток	16А

Приводной двигатель представлен на рисунке 16.



а)



б)

Рисунок 16 – 3D модель привода: вид а) снаружи, б) внутри

## 2.3 Материал изготовления

В данном параграфе рассматривается и описывается химический состав труб, из которых состоит технологическое транспортное средство, и химический состав пластиковых коробок под комплект деталей для сборки дверей автомобиля.

### 2.3.1 Труба

В данном пункте рассматривается химический состав труб [11], для технологического транспортного средства.

Материал: Сталь 20 ГОСТ 1050-2013.

Характеристики:

- твердость: 163 МПа;
- вес удельный:  $7,85 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ;
- свариваемость: без ограничений;
- отпускная хрупкость: нет;
- НВ 126 – 131;
- ХТО:
  - вид 1:
    - цементация:  $920 \text{ C}^{\circ}$ ;
    - воздух.
  - вид 2:
    - Закалка:  $800 \text{ C}^{\circ}$ ;
    - Вода.
- температураковки:
  - начальное:  $1280 \text{ C}^{\circ}$ ;
  - конечное:  $750 \text{ C}^{\circ}$ ;
  - охлаждение на воздухе.

В таблице 3 представлен химический состав стали 20.

Таблица 3 - Химический состав

Химический состав									
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,17- 0,24	0,17- 0,37	0,35- 0,65	0,25	0,04	0,04	0,25	0,25	0,08	98

### 2.3.2 Пластик

В данном пункте рассматривается химический состав пластиковых ящиков под комплект деталей для сборки [12]-[14].

Материал: Полипропилен.

Химическая формула:  $(C_3H_6)_n$

Химическое строение показано на рисунке 17.

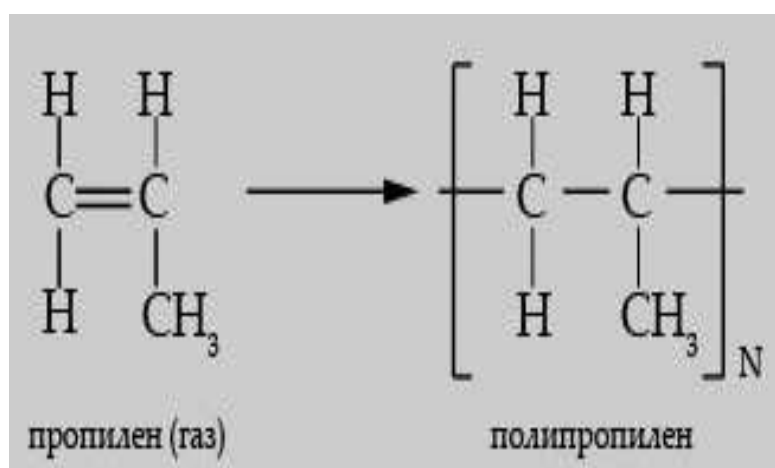


Рисунок 17 - Химическое строение

Характеристики:

- вес удельный:  $0,92 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ ;
- температура плавления:  $160 \text{ C}^\circ$ ;
- устойчивость от морозов:  $-10 \text{ C}^\circ$  и ниже;
- высокая изностойкость;
- низкая плотность;

- перерабатывается: хорошо;
- изгибаем;
- кристаллизуется.

## 2.4 Резка пластика

В параграфе рассматриваются инструменты, для резки пластика из полипропилена, основываясь на [15].

Инструменты для резки пластика из полипропилена:

- лобзик (ленточная пила), имеет следующие особенности:
  - скорость резания: для неармированных пластиков 130 - 180 м/мин., для армированных 110 - 150 м/мин;
  - резка по прямой, криволинейной линии;
  - высокая производительность;
  - высокое качество реза;
  - отдача тепла в воздух: малая.
- циркулярная пила, имеет следующие особенности:
  - резка полипропилена толщиной до 100 мм;
  - резка с ровными кромками;
  - плавный пуск;
  - аккуратные кромки;
  - универсальность;
  - резка под углом.

В результате проделанного сравнения инструментов для резки пластика из полипропилена, получается, что циркулярка наиболее предпочтительна по сравнению с лобзиком, так как резать может под углом, универсальна, а также при резке не будет плавиться пластик.

## 2.5 Сварка пластика

В параграфе рассматриваются наиболее удобный инструмент, для соединения одной плиты из полипропилена с другой плитой с помощью пайки.

С помощью пайки происходит температурное соединение пластика, которое не нарушает структуру полимера. Данное соединение происходит за счет взаимной диффузии.

Основные инструменты для сварки [16]-[20]:

- сварочный экструдер, имеет следующие особенности:
  - данный инструмент обладает множество различных насадок, позволяющий сваривать разные виды конструкций;
  - автоматическая подача воздуха, благодаря чему происходит размягчение полипропилена и тем самым предотвращение дефектов при сварке;
  - рабочая температура:  $270\text{ C}^{\circ}$ ;
  - высокая прочность сварочного шва, после завершения работы инструментом;
  - малый вес оборудования;
  - эффект закручивания прутка сварного отсутствует;
  - регулировка воздуха;
  - защита от перегрева двигателя;
  - высокая производительность.

Сварочный экструдер представлен на рисунке 18:





Рисунок 18 - Сварочный экструдер

- фен (воздушный пистолет), для разогрева полипропилена, имеет следующие особенности:

- у материалов, которые будут сваривать между собой должен быть одинаковый класс;
- для сварки необходимо размещать полипропилен на гладкой, ровной поверхности;
- процесс варки происходит за счет процесса нагрева феном и расплавки прутка;
- поддержка температуры ранее заданной;
- данный инструмент обладает множество различных насадок, позволяющий сваривать разные виды конструкций;
- малый вес оборудования;
- высокая производительность.

На рисунке 19, представлен фен для сварки:



Рисунок 19 - Фен для сварки

В результате проделанного сравнения инструментов для сварки пластика из полипропилена, получается, что сварочный экструдер наиболее предпочтителен по сравнению с феном (воздушный пистолет), так как сварочный шов будет прочнее.

## 2.6 Список деталей для перевозки

Список деталей, который необходимо разместить в технологическом транспортном средстве, для транспортировки к месту сбора дверей автомобиля.

Детали:

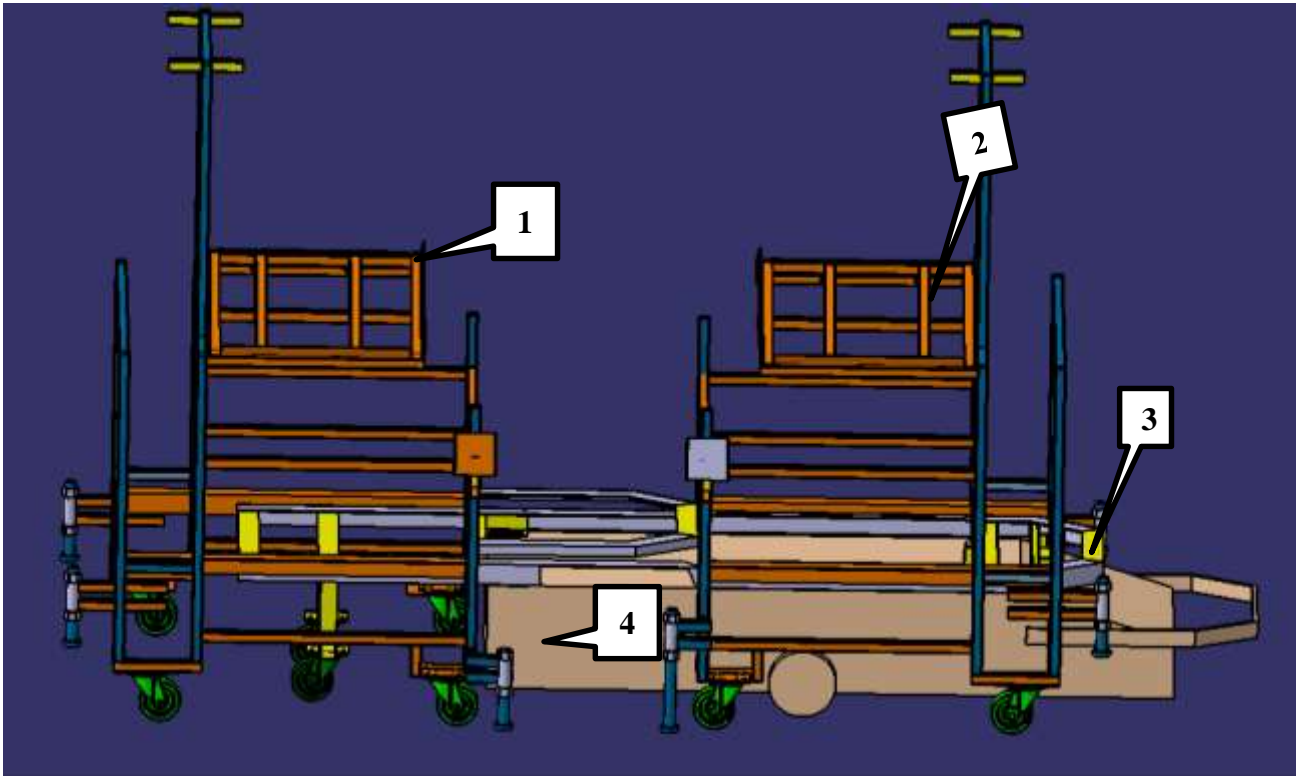
- ограничитель;
- пыльник;
- ручка наружная;
- мусс под зеркало;
- динамик;
- заглушка под динамик;
- кронштейн под обивку;

- пластиковый кронштейн под обивку;
- фиксатор личинки;
- солдатик;
- ручка внутренняя;
- ручка поднимания (опускания) стекла;
- прокладка под наружную ручку;
- облицовка внутренней двери ручки;
- накладка;
- кольцо под зеркало;
- накладка под солдатика;
- направляющая опускного стекла;
- стульчик;
- замок двери;
- механический стеклоподъемник двери;
- поворотный кронштейн;
- облицовка наружного зеркала;
- проводка;
- скоба;
- уплотнитель;
- стекло.

## **2.7 Разработка технологического транспортного средства**

В данном параграфе описываются особенности технологического транспортного средства.

На рисунке 20 показана транспортировка технологического транспортного средства на AGV с рамой, а технологические транспортные средства L, R, имеют вид, показанные на рисунках 21,22.



1 – технологическое транспортное средство R; 2 – технологическое транспортное средство L; 3 – рама; 4 – AGV (напольный безрельсовый транспорт).

Рисунок 20 – 3D модель общего вида в момент транспортировки тележек на AGV с рамой

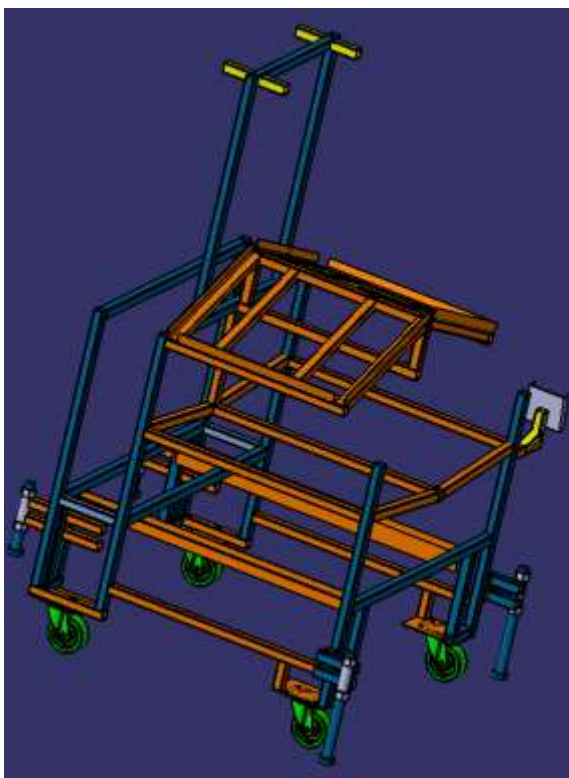


Рисунок 21 – 3D модель телеги L для транспортировки деталей

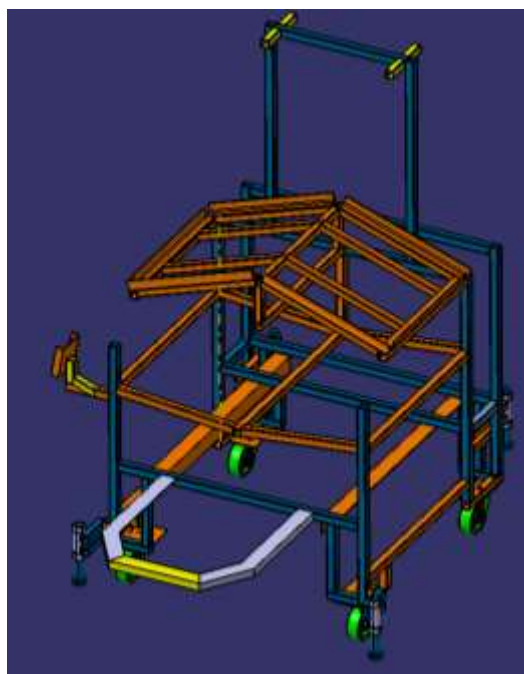


Рисунок 22 - 3D модель телеги R для транспортировки деталей

### 2.7.1 Колеса

В пункте рассматриваются колеса [21], на которых тележка будет двигаться по твердой поверхности, а также основные требования расположения колес на технологическом транспортном средстве.

Модель колес: KOLESO LE-POEV-100K

Максимальна грузоподъёмность на одно колесо: 150 кг.

Размер панели: 100 x 85 мм.

Диаметр отверстия в панели: 9 мм.

Расстояние между отверстиями на панели: 80 x 60 мм.

Высота: 125 мм.

Масса одного колеса: 0,7 кг.

Цвета: Черный.

Метод изготовления кронштейна: штамповка из литой стали.

Ширина шин: 38 мм.

Диаметр колеса: 100 мм.

Смещение ролика: 36 мм.

Достоинства колеса:

- комфортабельность;
- бесшумность при движении;
- сопротивление качению: низкое;
- не повреждает твердую поверхность, по которой перемещается во время движения;
- тип резины: легкоходная.

Данные колеса имеют 3D вид, смотреть рисунок 23.



Рисунок 23 – 3D модель общего вида колеса

Основные требования расположения колес на технологическом транспортном средстве:

- расстояние между передними (задними) колесами, расположены по краям телеги, равно 687,7 мм. Данное расстояние необходимо для того, чтобы распределить вес между бортами, а также при передвижении или при повороте, развороте не мешать движению AGV, рисунок 24;

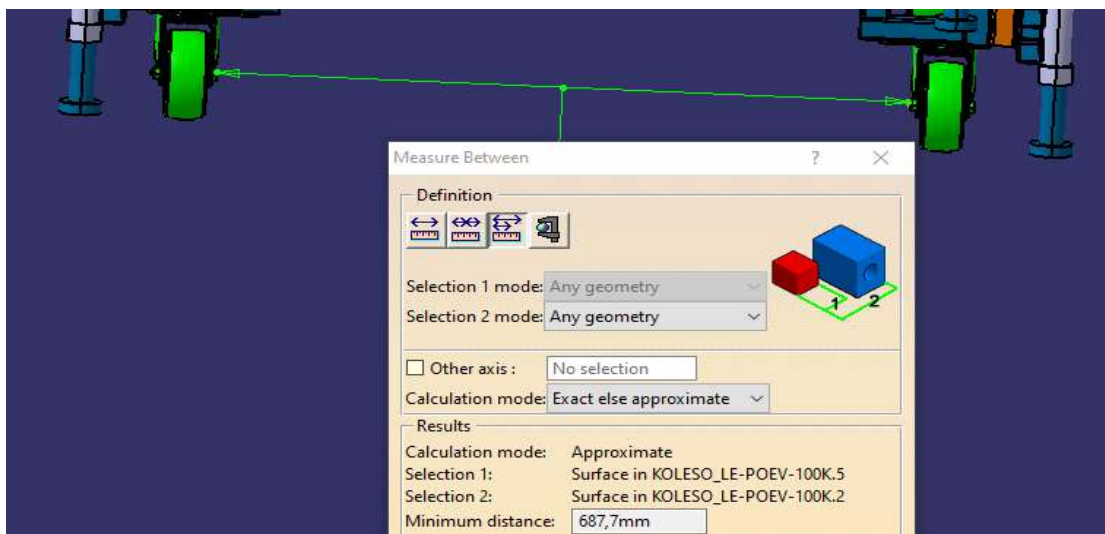


Рисунок 24 - Расстояние между передними (задними) колесами

- расстояние между передними и задними колесами равно 605,993 мм.  
Данное расстояние необходимо для удобства перемещения телеги вместе с AGV и распределения веса по телеге, рисунок 25;

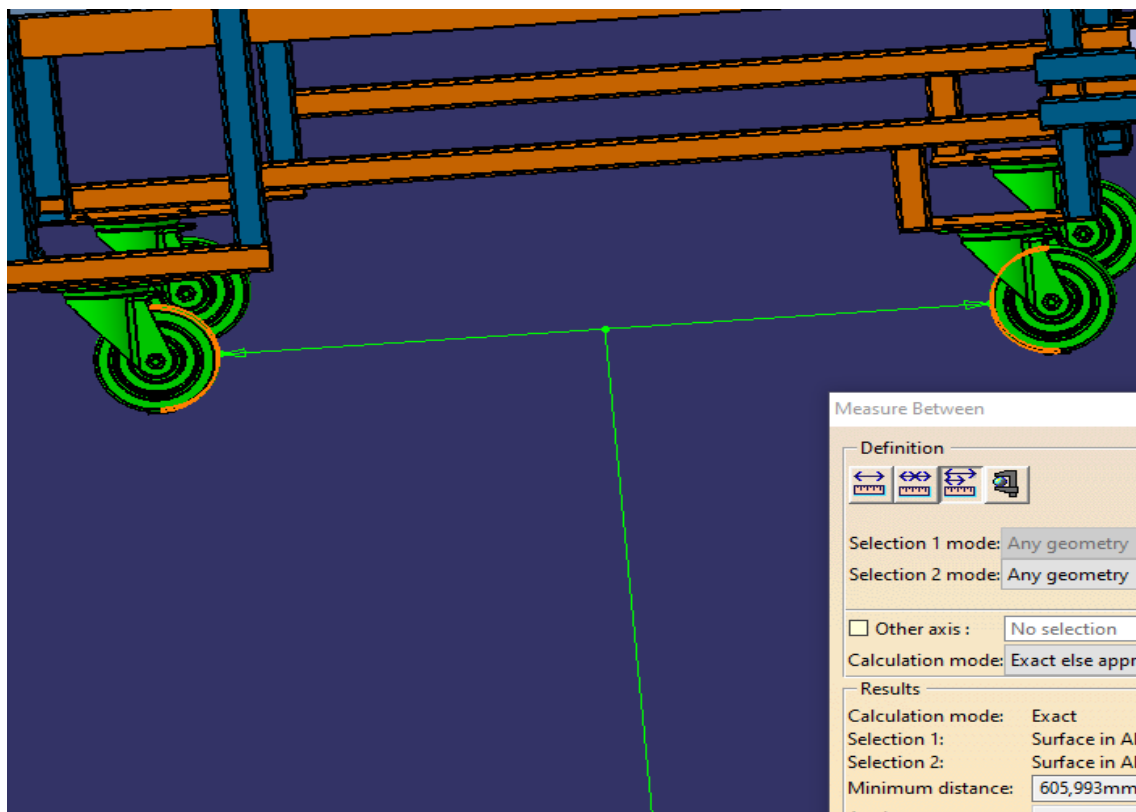


Рисунок 25 - Расстояние между передними и задними колесами

- расстояние между колесом телеги и поворотными колесами привода AGV при движении прямо, равно 71,7 мм. Данное расстояние удовлетворяет движению прямо, без ущерба передвижению телеги вместе с AGV по магнитной ленте. Расстояние между колесами телеги и колесами AGV при движении прямо, представлено на рисунке 26;



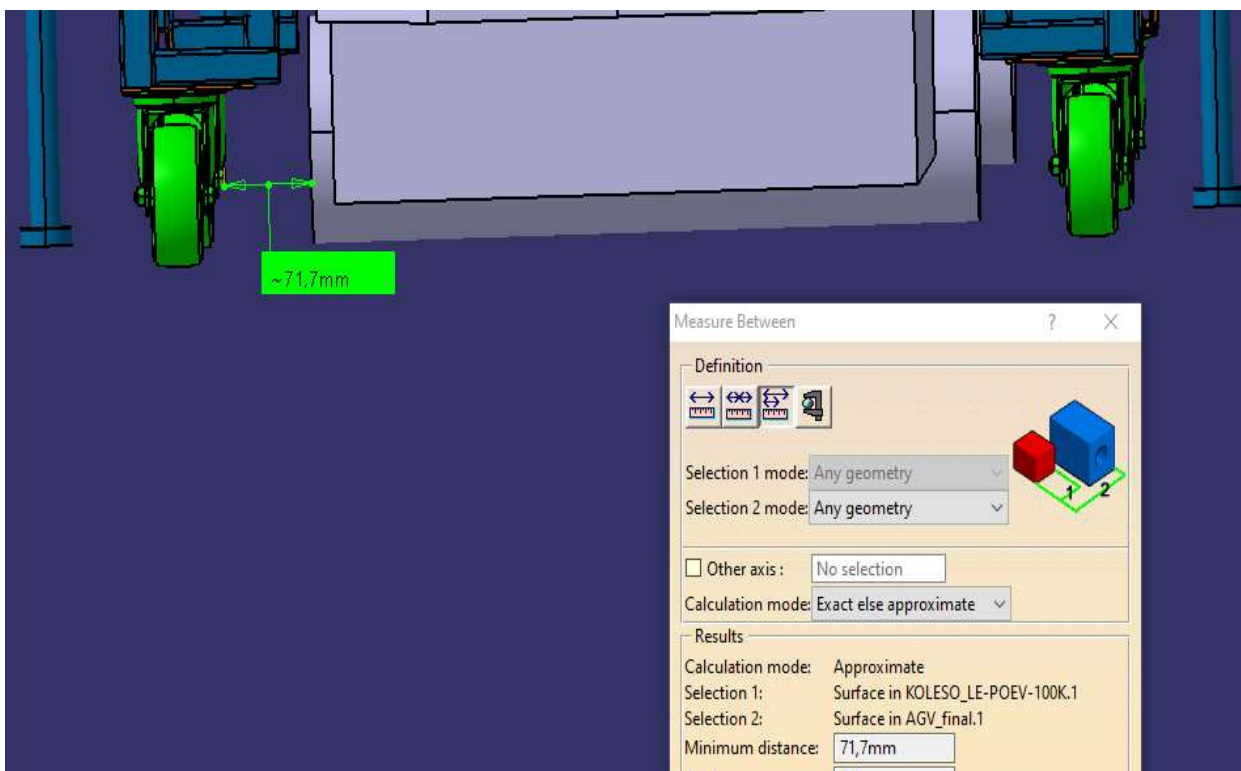


Рисунок 26 - Расстояние между колесами телеги и колесами AGV при движении прямо

- расстояние между колесом телеги и поворотными колесами привода AGV при повороте на 90°, равно 10 мм. Данное расстояние удовлетворяет движение при повороте, развороте, не влияя на движение тележки вместе с AGV по магнитной ленте. Расстояние между колесами телеги и колесами AGV при повороте, развороте, представлено на рисунке 27.

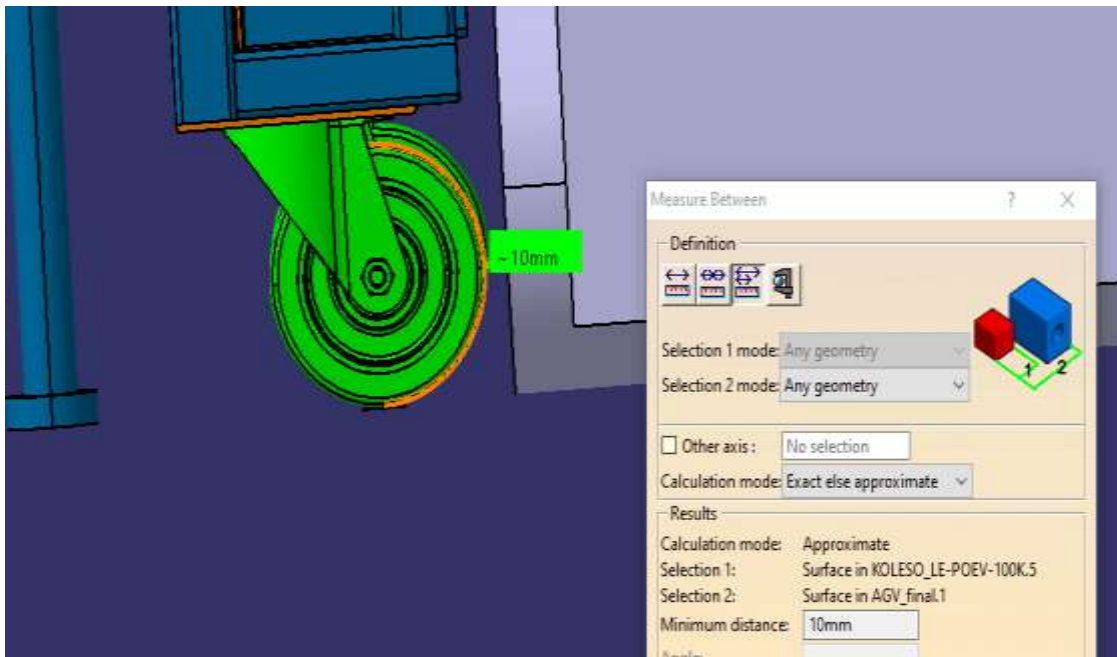


Рисунок 27 - Расстояние между колесами телеги и колесами AGV, при повороте, развороте

### 2.7.2 Особенности строения в телеге под AGV

В этом пункте рассматриваются особенности основных размеров и требований, необходимых для того, чтобы AGV могло беспрепятственно состыковаться с тележкой и транспортировать ее со склада к месту разгрузки, но не является продолжением самого AGV и не имеет возможности поднимать конструкцию [22]-[24].

Тележка снабжена пустым пространством, имеющим ограничительные барьеры, такие как профильные трубы и уголки, что позволит закрепить AGV с рамой в тележке и удерживать при повороте или при движении по неровной поверхности во избежание повреждения тележки.

Основные требования в габаритах и особенности строения технологического транспортного средства, чтобы AGV смогла стыковаться с телегой и передвигать ее:

- расстояние между внутренними стенками в телеге для AGV с рамой составляет 578 мм. Данное расстояние позволяет AGV подъезжать, выезжать из телеги. Смотреть рисунок 28;

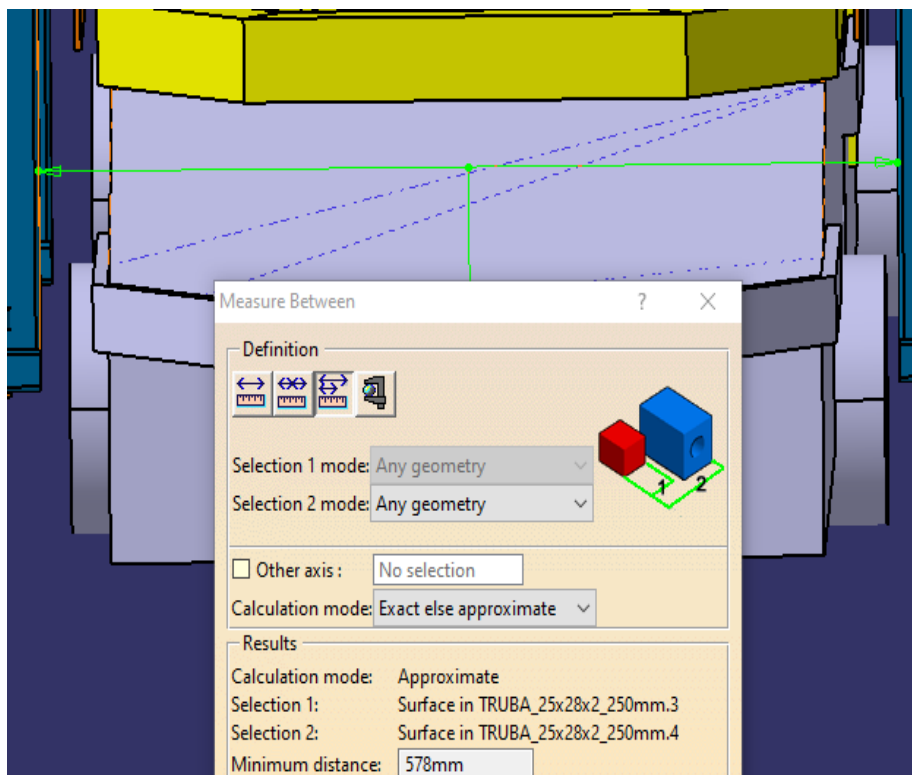


Рисунок 28 - Расстояние в телеги под AGV

- расстояние между уголками для рамы с AGV в телеге, равно 520 мм. Данное расстояние позволяет не повредить телегу при повороте или перемещении AGV по неровной поверхности, а также ориентировать расположение AGV с рамой в телеге. Смотреть рисунок 29;

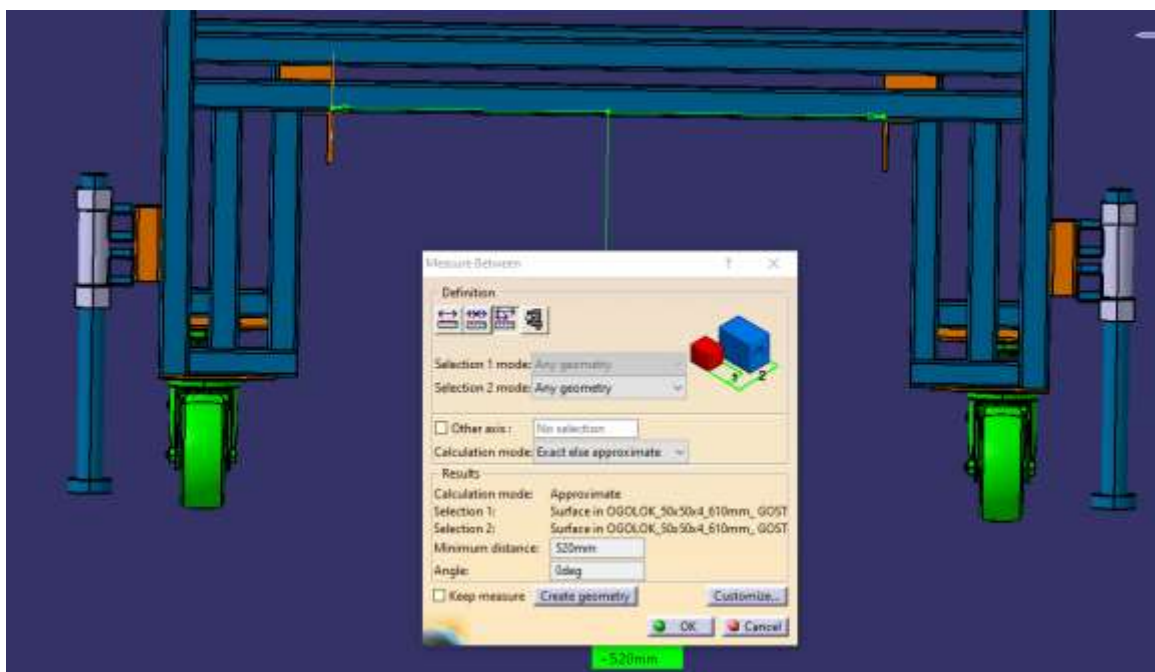


Рисунок 29 - Расстояние между уголками для координации движения AGV

- расстояние между уголком и рамой, соединенным с AGV, равно 11 мм предотвращает резкие вращения при повороте. Смотреть рисунок 30;

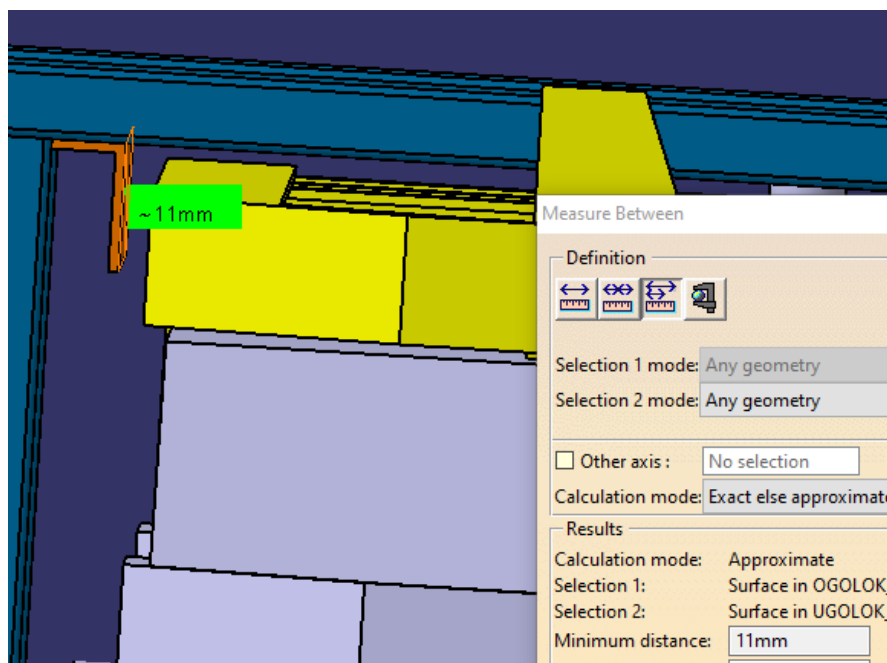


Рисунок 30 - Расстояние между уголком и рамой

- общая высота между твердой поверхностью и трубой в телеге для закрепления AGV с рамой, равно 379,136 мм. Смотреть рисунок 31;

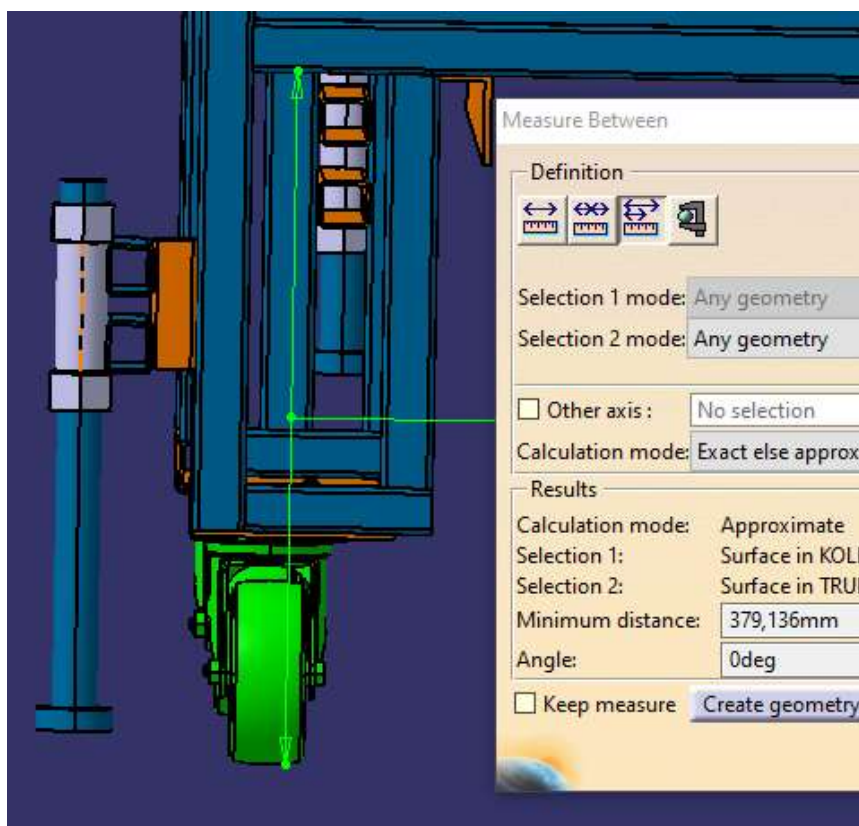


Рисунок 31 - Высота между полом и трубой закрепления AGV с рамой

- высота между крепежной пластиной с колесом и трубой для закрепления AGV с рамой без учета колес, равно 254 мм. Смотреть рисунок 32;

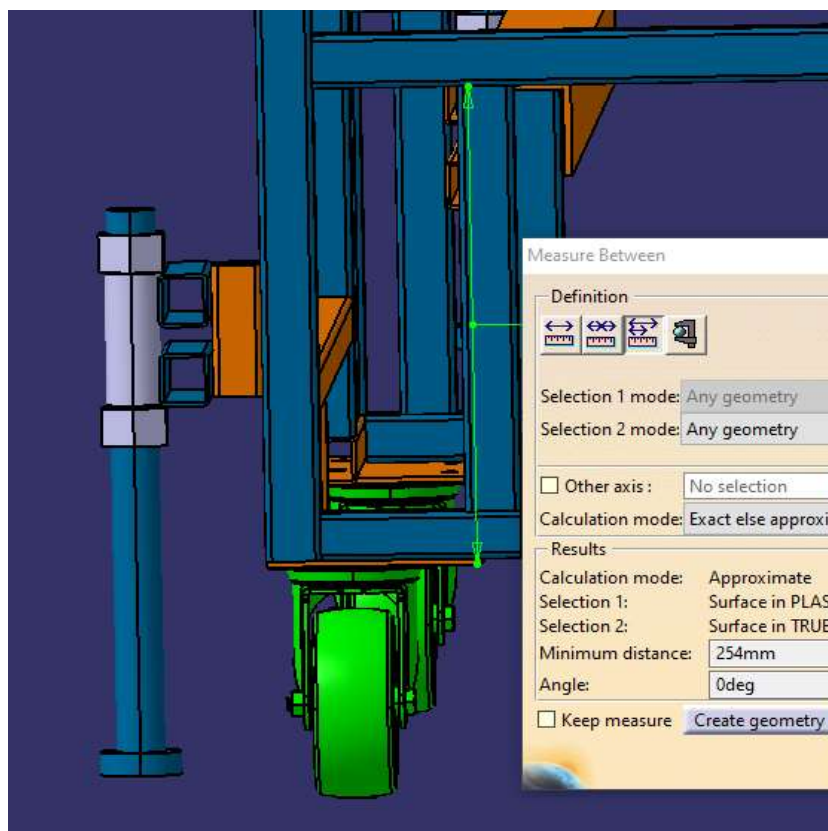


Рисунок 32 - Высота между плитой для колес и трубой закрепления AGV с рамой

- высота между рамой с AGV и трубой в телеге для закрепления, равно  $19,988 = 20$  мм. Данный зазор необходим в том случае, если телега на AGV с рамой движется по неровной поверхности, чтобы телега не наталкивалась с AGV. Смотреть рисунок 33.

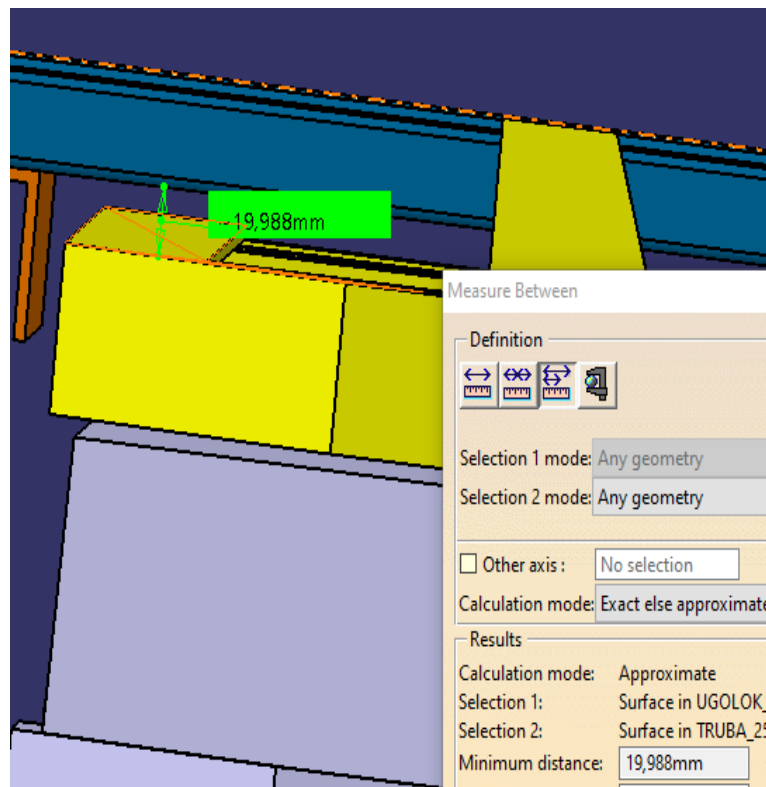


Рисунок 33 - Высота между трубой и шампуром

### 2.7.3 Оси

В данном пункте рассматриваются особенности конструкции и расположения осей в технологическом транспортном средстве и их функциональность.

Ось необходима для координации, поддержки технологического транспортного средства при движении в такт с грузонесущей подвеской конвейера по рельсам, более наглядно представлено на рисунке 34.



Рисунок 34 - Зафиксированные оси, координирующие и поддерживающие телегу на линии сборки дверей

Конструкция состоит [25]-[28]:

- ось по ГОСТ 9650-80;
- подшипник по ГОСТ 8338-75;
- гайка по ГОСТ 5915-70;
- профильная круглая труба по ГОСТ 32931-2015.

В этой конструкции по краям круглой трубы зафиксирована и закручена гайка для регулировки высоты, которая служит в качестве согласованной по высоте опоры для оси с подшипником.

Наружные оси:

- телега L:
    - расстояние между внешними осями, равно 965,702 мм.
- Смотреть рисунок 35;
- высота от пола до оси должна быть не менее 20 мм во избежание столкновения с поверхностью и образования наезда на рельсы.



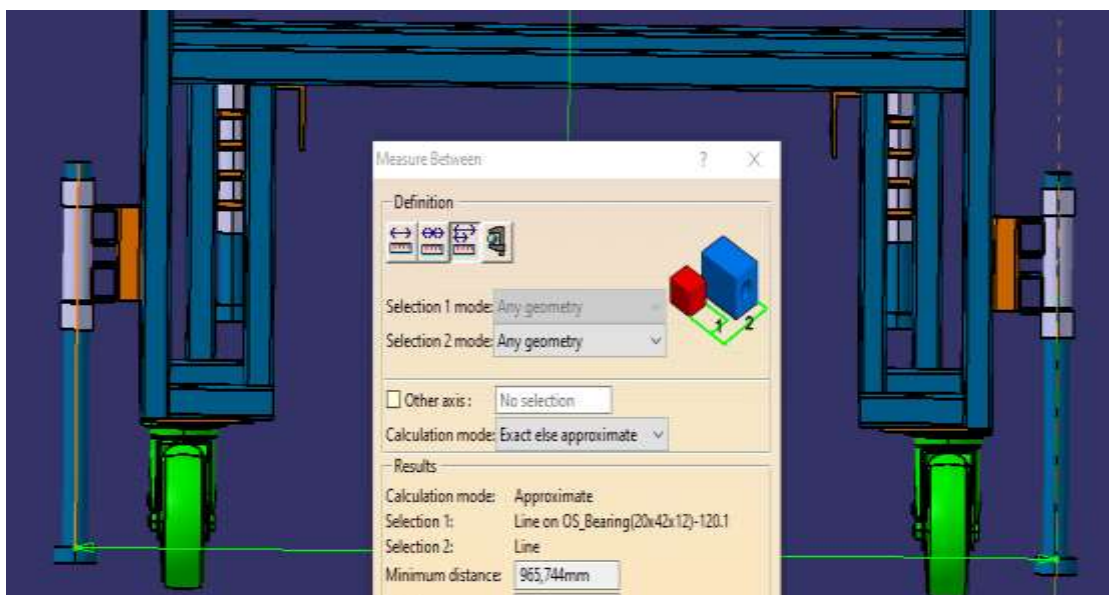


Рисунок 35 - Расстояние между внешними осями для телеги L

- телега R:

– расстояние между внешними осями, равно 965,691 мм.

Смотреть рисунок 36;

– высота от пола до самой оси, должно быть не меньше 20 мм.

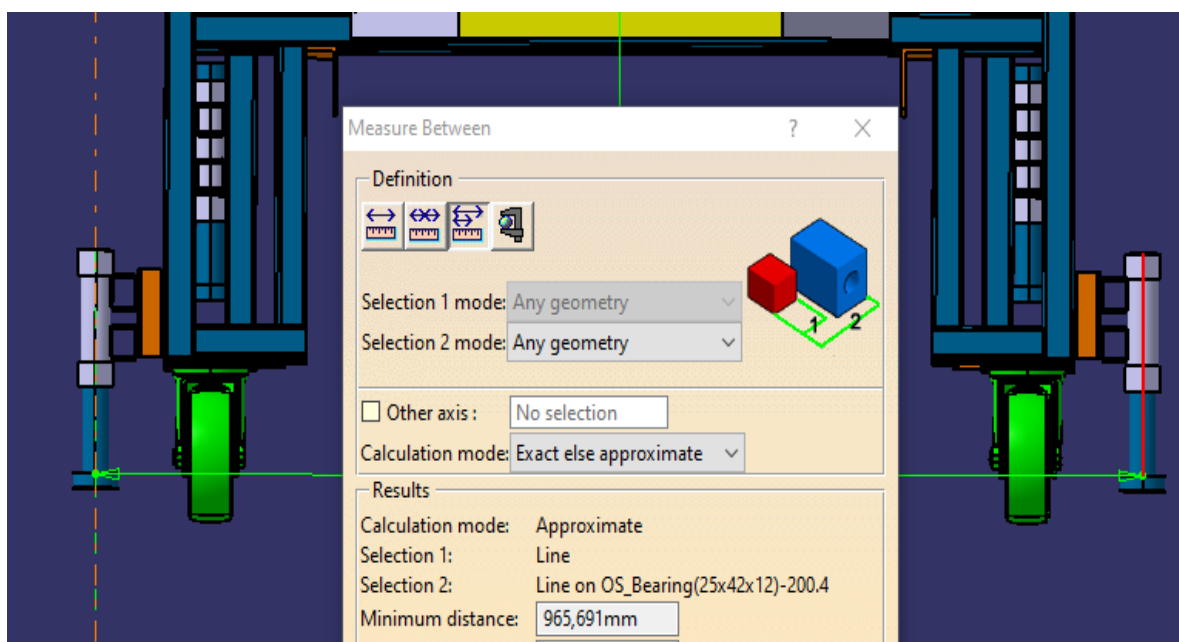


Рисунок 36 - Расстояние между внешними осями телеги R

Внутренние оси.

Внутренние оси необходимы для перемещения тележки по направляющим, перед стыковкой и после расстыковки с подвеской грузонесущего конвейера к месту встречи с AGV. Смотреть рисунок 37.

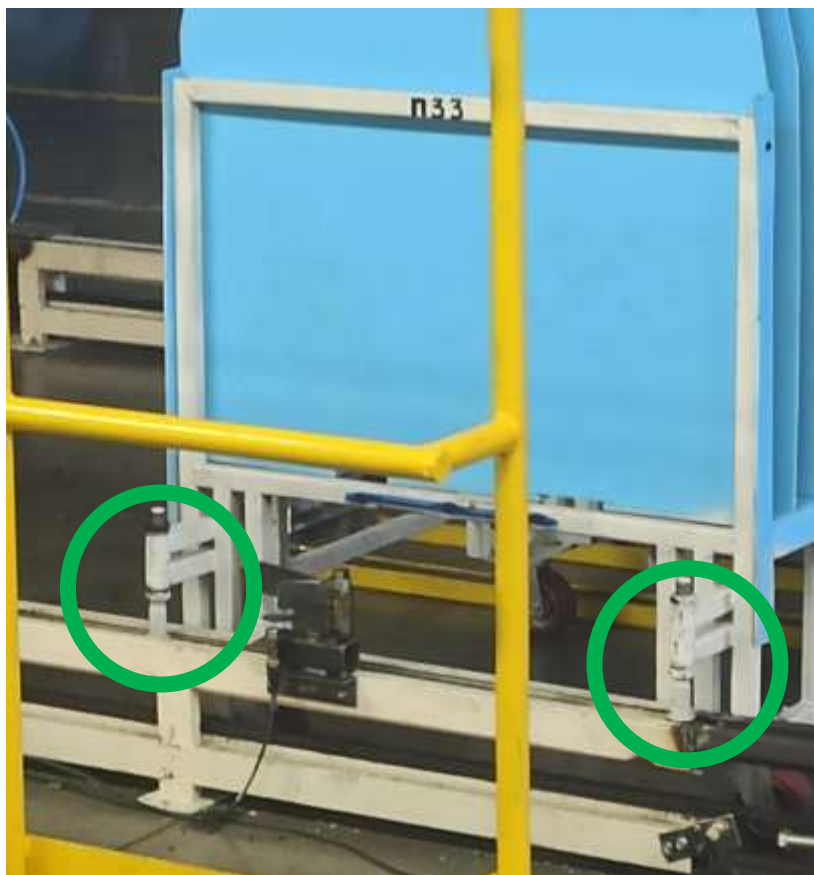


Рисунок 37 – Зафиксированные внутренние оси в момент стыковки с направляющей

- телега L:

– расстояние между внутренними осями, равно 655,344 мм.

Смотреть рисунок 38;

– высота от пола до оси, должно быть не меньше 180 мм, для заезда по направляющим.

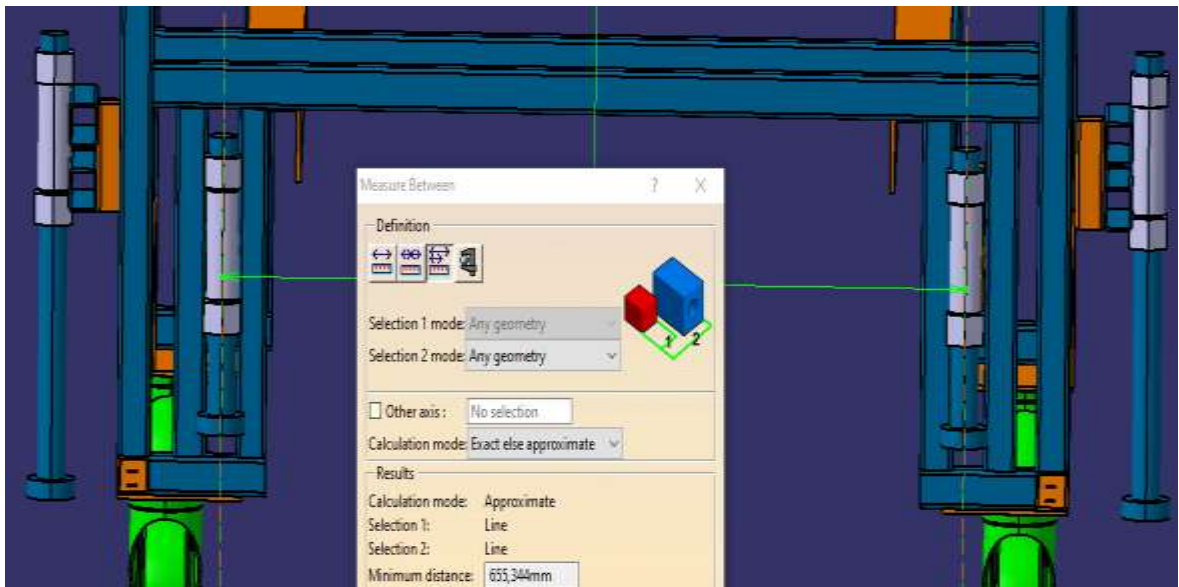


Рисунок 38 - Расстояние между внутренними осями, для телеги L

- телега R:

– расстояние между внутренними осями, равно 754,245 мм.

Смотреть рисунок 39;

– высота от пола до оси, должно быть не меньше 180 мм.

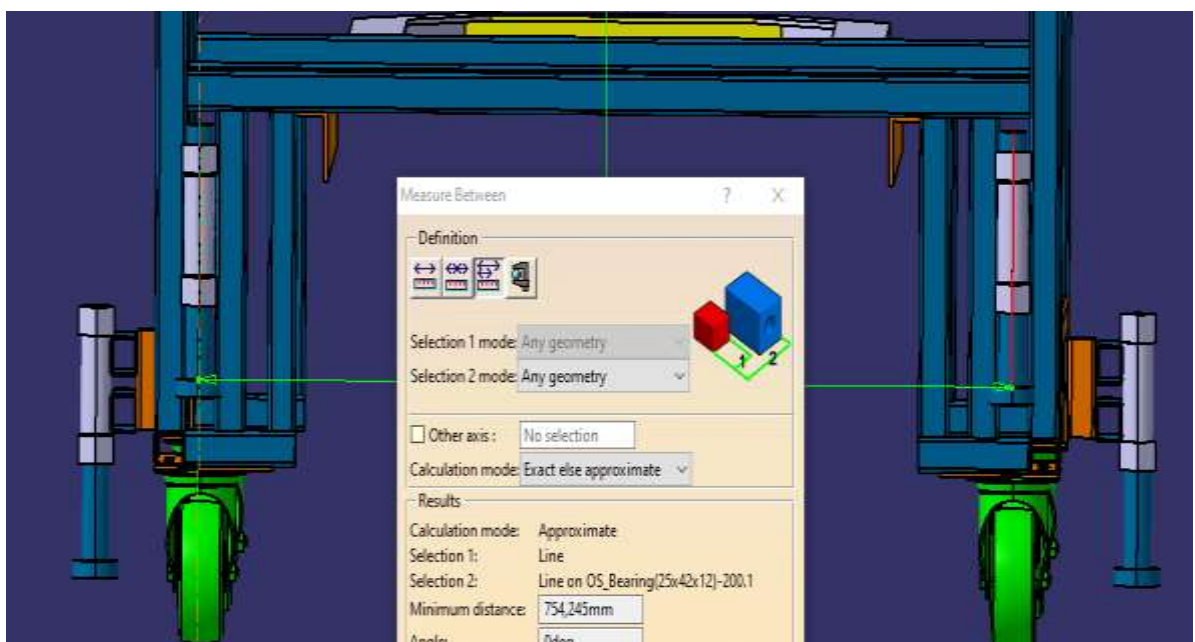


Рисунок 39 - Расстояние между внутренними осями, для телеги R

#### 2.7.4 Упор

В данном пункте рассматриваются особенности строения, расположения упор в телеге и их функциональность.

Данная упора стыкуются с подвеской грузонесущего конвейера для перемещения технологических транспортных средств по линии к месту сборки дверей. На рисунке 40 показана упора для технологического транспортного средства.

Упоры для тележек L, R расположены на одинаковой высоте от твердой поверхности, это расстояние составляет 666,652 мм, смотреть рисунок 41, и имеют одинаковую конструкцию, но расположены с разных сторон.

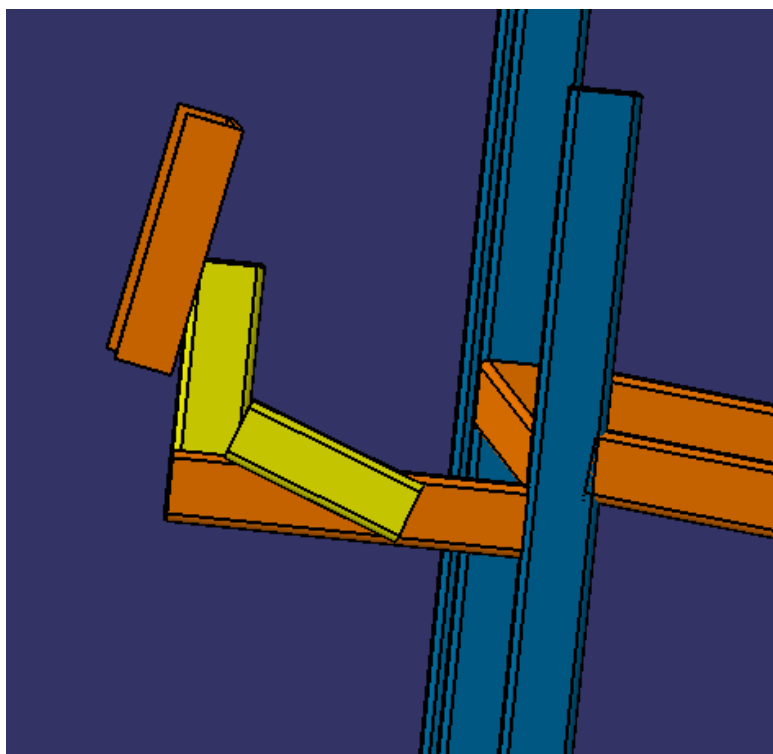


Рисунок 40 - 3D-модель упора технологического транспортного средства R

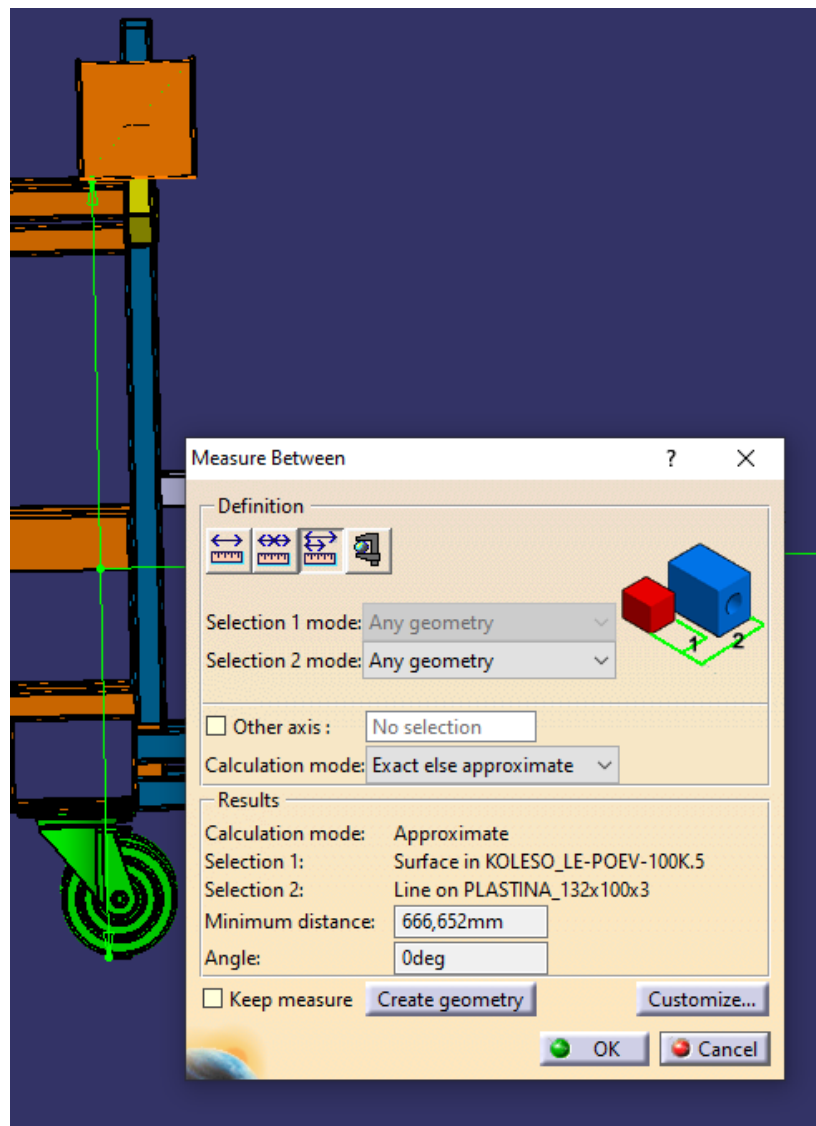
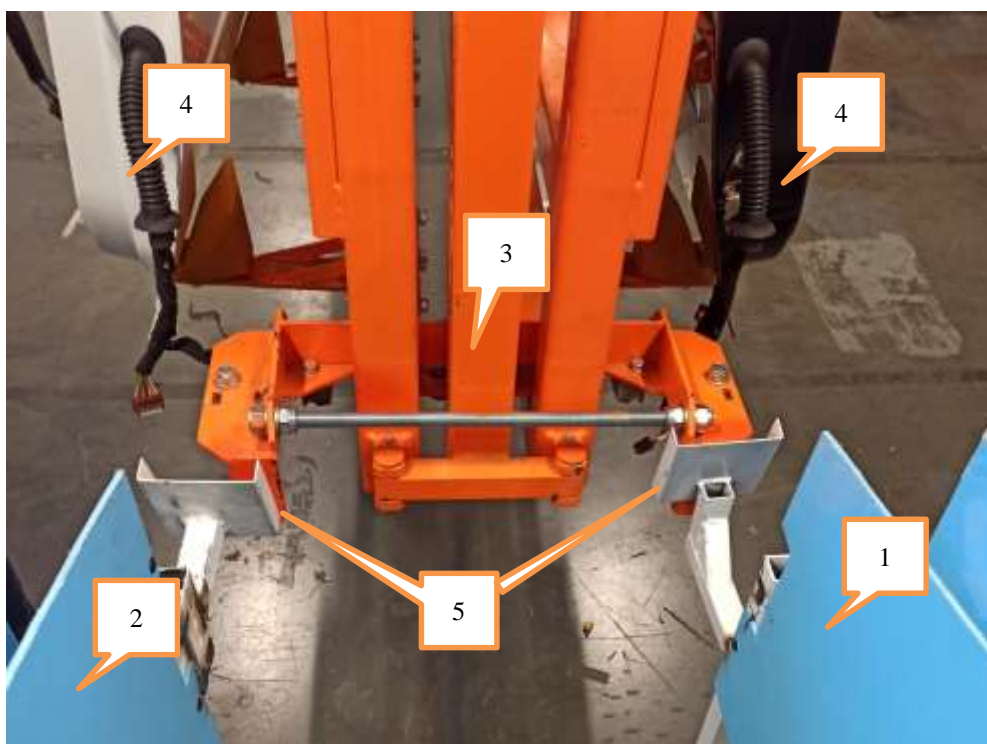
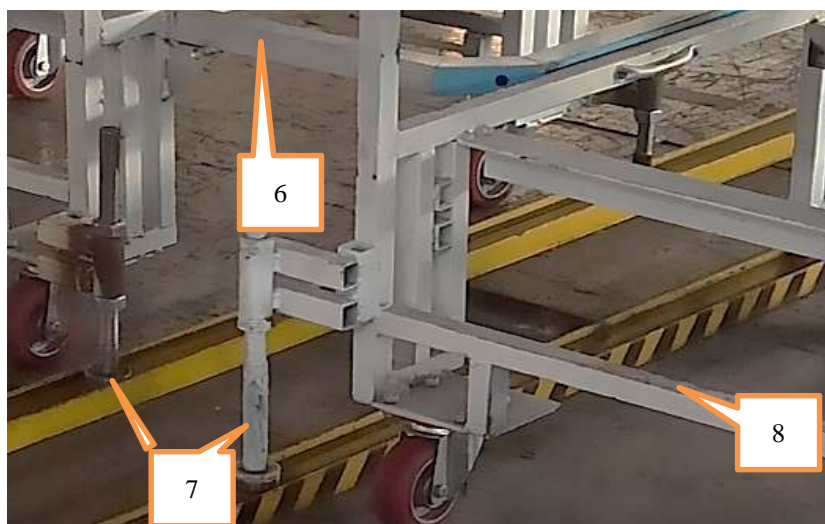


Рисунок 41 - Расстояние между твердой поверхностью и планшетом

Стыковка технологического транспортного средства с подвеской грузонесущего конвейера, представлено на рисунке 42.



а)



б)

1 – технологическое транспортное средство R; 2 – технологическое транспортное средство L; 3 – подвеска грузонесущего конвейера; 4 – двери автомобиля; 5 - упор; 6 – устройство для расширения пространства; 7 – оси; 8 – рельсы.

Рисунок 42 – Момент стыковки тележки с грузонесущей подвеской конвейера: а) сверху, б) снизу

### 2.7.5 Устройство для расширения пространства

В данном пункте рассматриваются особенности конструкции и расположения устройства для расширения пространства в технологическом транспортном средстве и его функциональность [29].

Устройство для расширения пространства между технологическими тележками, характеризующееся тем, что оно имеющее П-образную форму, состоящую из уголков, которые приварены к профильной трубе на передней стороне технологического транспортного средства, смотреть рисунок 43.

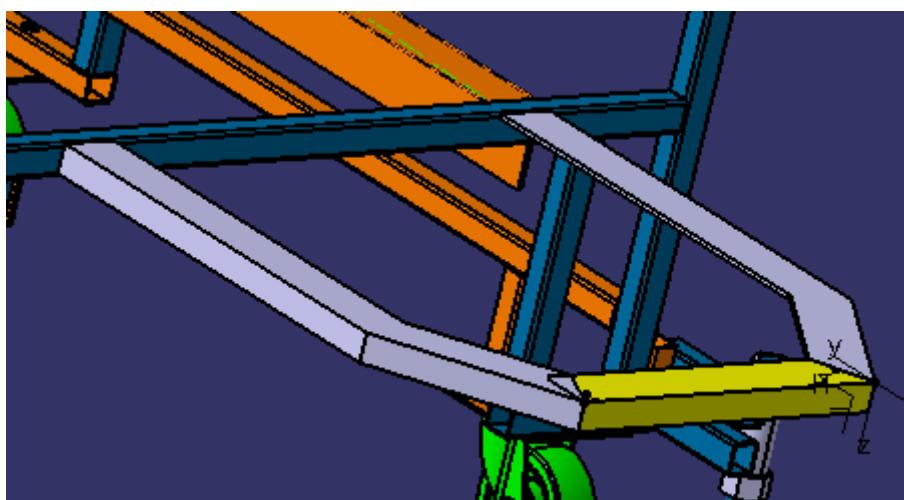


Рисунок 43 - 3D модель устройства для расширения пространства

Ограждение служит для расширения зоны под тележку и сохранения расстояния между другими тележками во время движения на AGV с рамой и во время стыковки с опорным подвесом конвейера, смотреть рисунки 22,42.

Основные требования в габаритах и особенности строения:

- расстояние между передней частью тележки и краем ограждения составляет 523 мм. Это расстояние позволяет при стыковке сохранить расстояние, равное расстоянию между стыковочными пластинами подвески грузового конвейера. Смотреть рисунки 42,44.

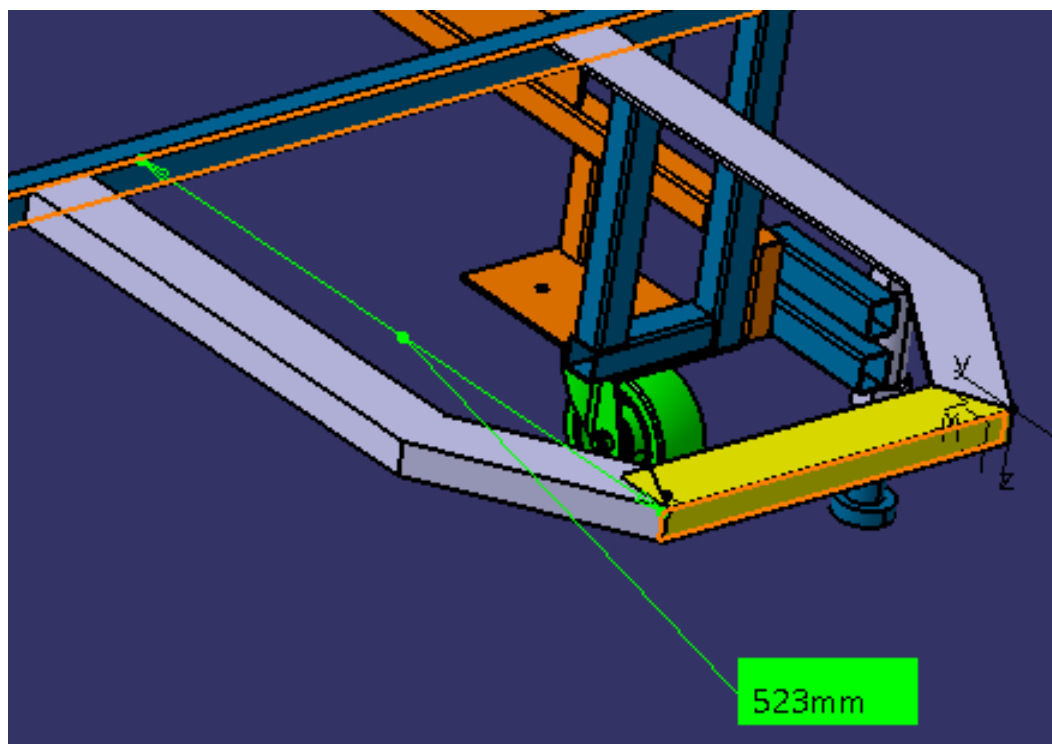


Рисунок 44 - Длина устройства для расширения

## 2.8 Особенности строения ящиков для деталей

В данном параграфе рассматриваются особенности конструкции полипропиленовых пластиковых коробок, в которых будут находиться детали для сборки передних и задних дверей автомобиля.

В полном комплекте на технологическом транспортном средстве и без технологического транспортного средства, смотреть рисунки 45-46.



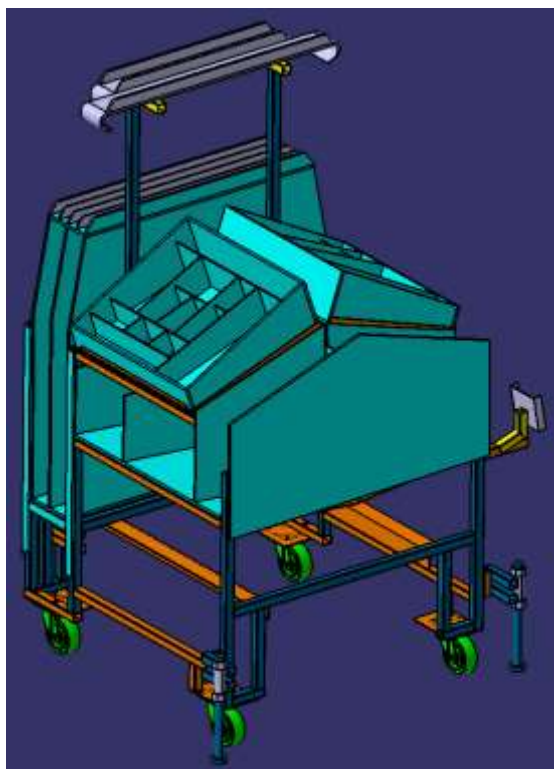


Рисунок 45 – 3D модель укомплектованного технологического транспортного средства

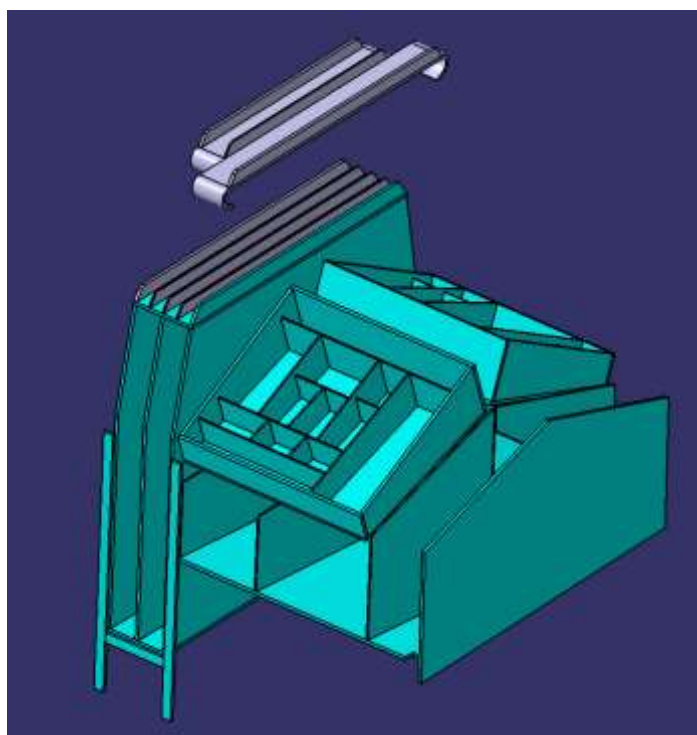


Рисунок 46 – 3D модель комплекта пластиковых ящиков из полипропилена для транспортировки деталей

### 2.8.1 Пластиковый ящик на левую сторону

В данном пункте описаны особенности конструкции и размеры полипропиленового ящика.

Располагается данный ящик, в левой части телеге, на специально подготовленном месте, с уклоном и опираясь на профильные уголки. Данный ящик имеет вид, представленный на рисунке 47.

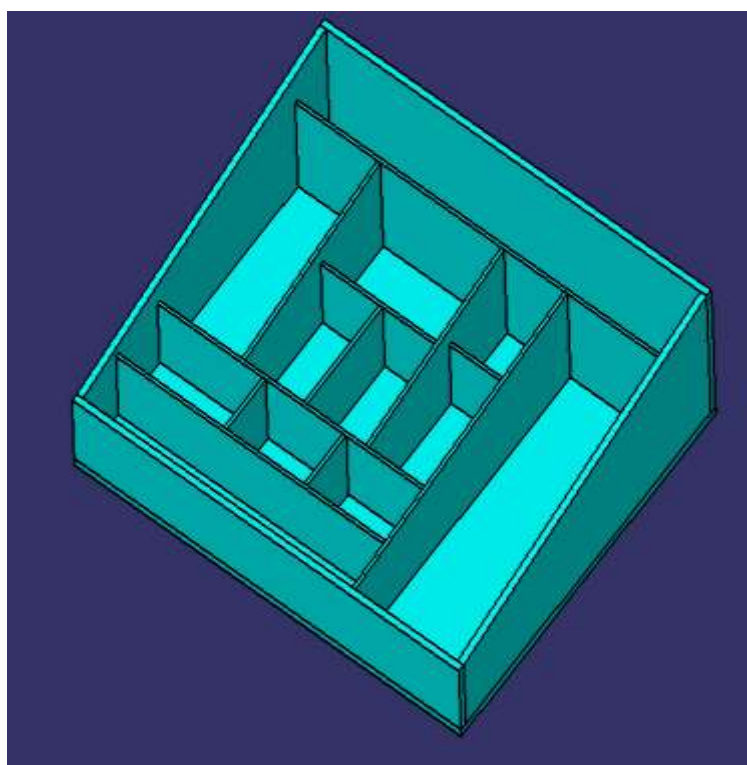


Рисунок 47 - 3D модель пластиковой коробки на левую сторону

Особенности конструкции:

- толщина стенок:
  - внешние стенки, пол: 8 мм;
  - внутренние стенки: 4 мм.
- масса: 4,874 кг;
- габариты:
  - длина: 430 мм;

- ширина: 500 мм.
- высота стенок:
  - max: 140 мм;
  - min: 70 мм.

### **2.8.2 Пластиковый ящик на правую сторону**

В данном пункте описывается структура и размеры полипропиленовой коробки. Данный ящик имеет вид, показанный на рисунке 48.

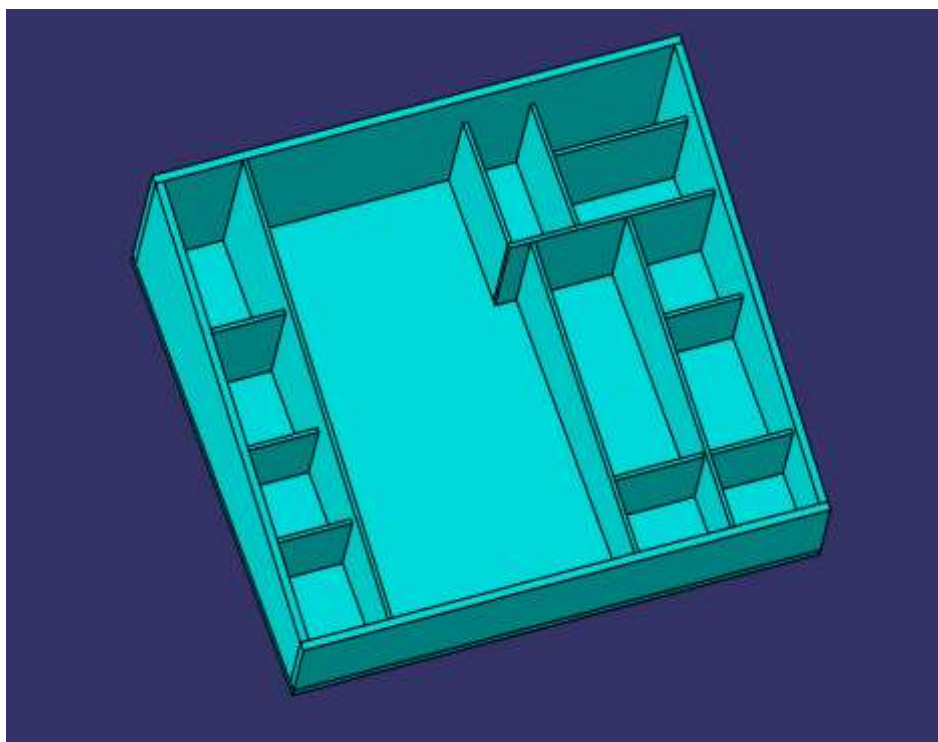


Рисунок 48 - 3D модель пластиковой коробки на правую сторону

Этот ящик располагается, с правой стороны тележки, на специально подготовленном месте, с уклоном и опирается на профильные уголки.

Особенности конструкции:

- толщина стенок:
  - внешние стенки, пол: 8 мм;
  - внутренние стенки: 4 мм;
- масса: 4,791 кг;

- габариты:

- длина: 430 мм;

- ширина: 500 мм;

- высота стенок:

– max: 140 мм;

– min: 70 мм.

### **2.8.3 Нижняя полка**

В этом пункте описаны особенности конструкции и размеры, позволяющие установить эту полипропиленовую полку внутри тележки и разместить все детали. Эта полка имеет вид, показанный на рисунке 49.

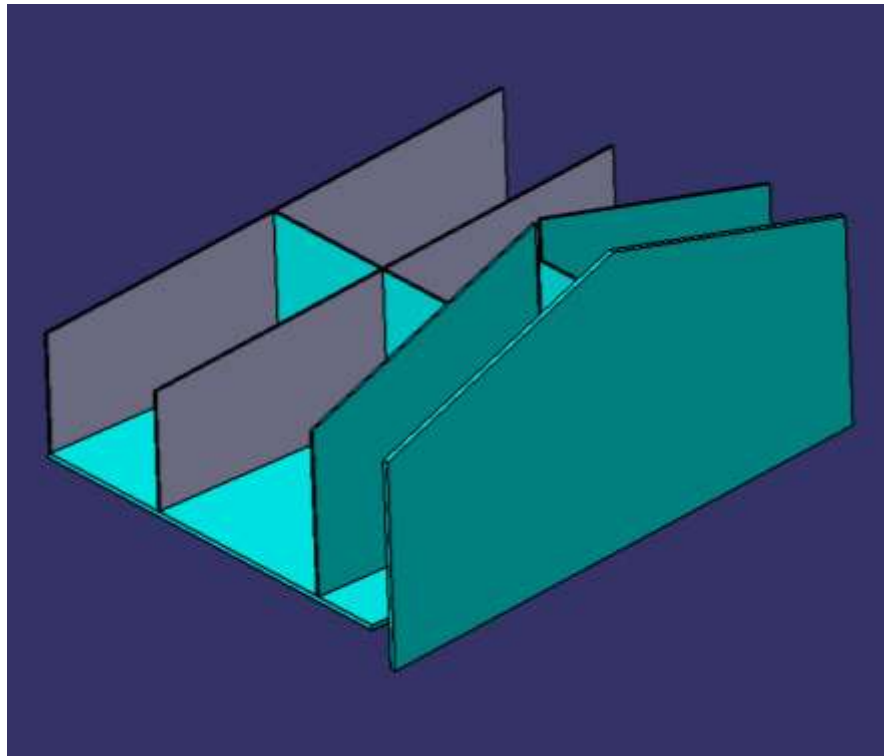


Рисунок 49 - 3D модель нижней полки

Особенности конструкции:

- толщина стенок:

- внешние стенки, пол: 8 мм;

- внутренние стенки: 4 мм.

- масса: 9,653 кг;
- габариты:
  - длина: 659 мм;
  - ширина: 840 мм;
  - высота стенок:
    - max: 455 мм;
    - min: 229 мм.

#### **2.8.4 Ящик для стекла**

В пункте описаны особенности конструкции, и размеры для укладки данного полипропиленового ящика для стекла, дверного уплотнителя в тележку. Данный ящик для стекла имеет вид, показанный на рисунке 50.

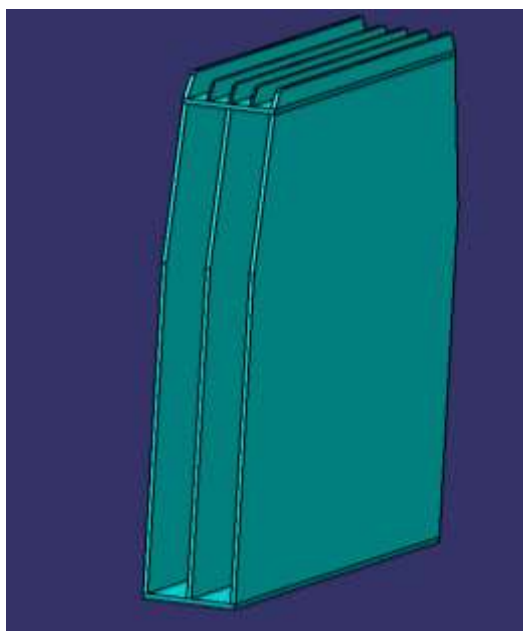


Рисунок 50 - 3D модель ящика для стекла

Особенности конструкции:

- толщина стенок:
  - внешние стенки, пол, потолок: 8 мм;
  - внутренние стенки: 4 мм.
- масса: 22,521 кг;
- габариты:

- длина: 838 мм;
- ширина: 160 мм;
- высота стенок:
  - max: 786 мм;
  - min: 40 мм.

Вырез в стенках необходим для того, чтобы оператор мог вытаскивать стекло под углом, что повышает производительность.

Края выреза обрезаются, чтобы избежать возможного повреждения стекла.

Рядом с этим ящиком для стекла к тележке крепятся пластины с четырех сторон и две под ящиком. Эти боковые пластины из полипропилена толщиной 8 мм, шириной 25 мм и длиной 642 мм, а нижние пластины из полипропилена толщиной 8 мм, шириной 25 мм и длиной 160 мм, смотреть рисунок 51, необходимы для дополнительной защиты от дефектов, повреждений при извлечении стекла из ящика.

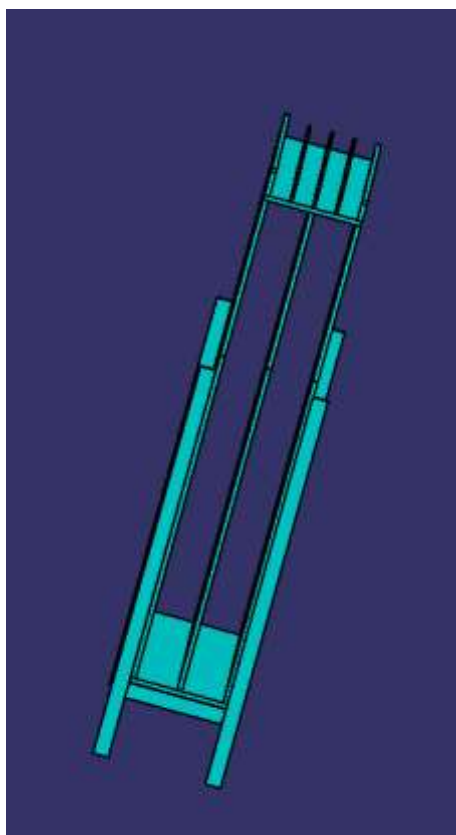


Рисунок 51 - 3D модель защитных пластиковых плит

### 2.8.5 Полка под уплотнители

В данном пункте описывается конструкция, и размеры полипропиленовой полки в верхней части тележки для укладки уплотнителя.

Особенности конструкции:

- толщина стенок:
  - внешние стенки, пол: 8 мм;
  - внутренние стенки: 4 мм.
- масса: 1,656 кг;
- габариты:
  - длина:
    - max: 778,36 мм;
    - min: 608,36 мм.
  - ширина: 157 мм;
  - высота стенок: 30 мм.

Данная полка для уплотнителей имеет вид, представленный на рисунке 52.

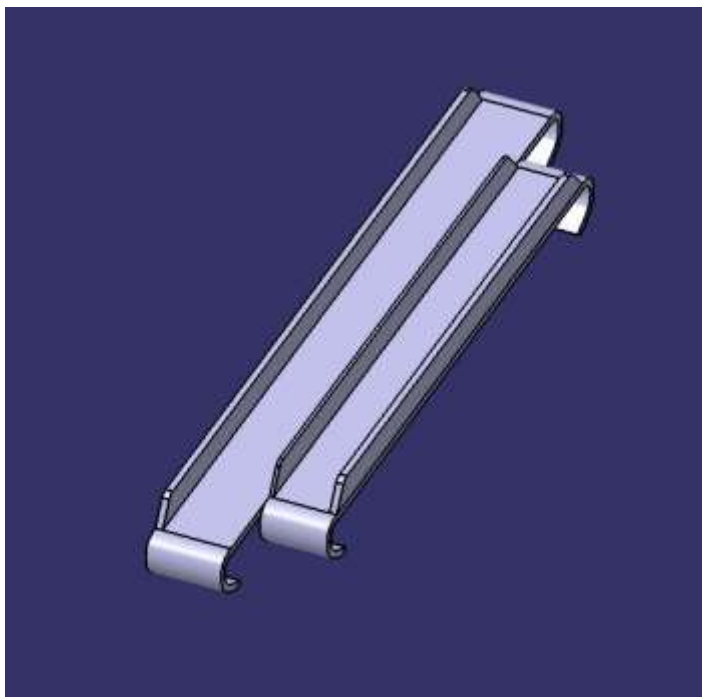


Рисунок 52 - 3D модель полки под уплотнители

## 2.9 Расположение деталей в технологическом транспортном средстве

Полное размещение комплекта деталей в полипропиленовых ящиках, находящихся в тележке, смотреть рисунки 53-57.

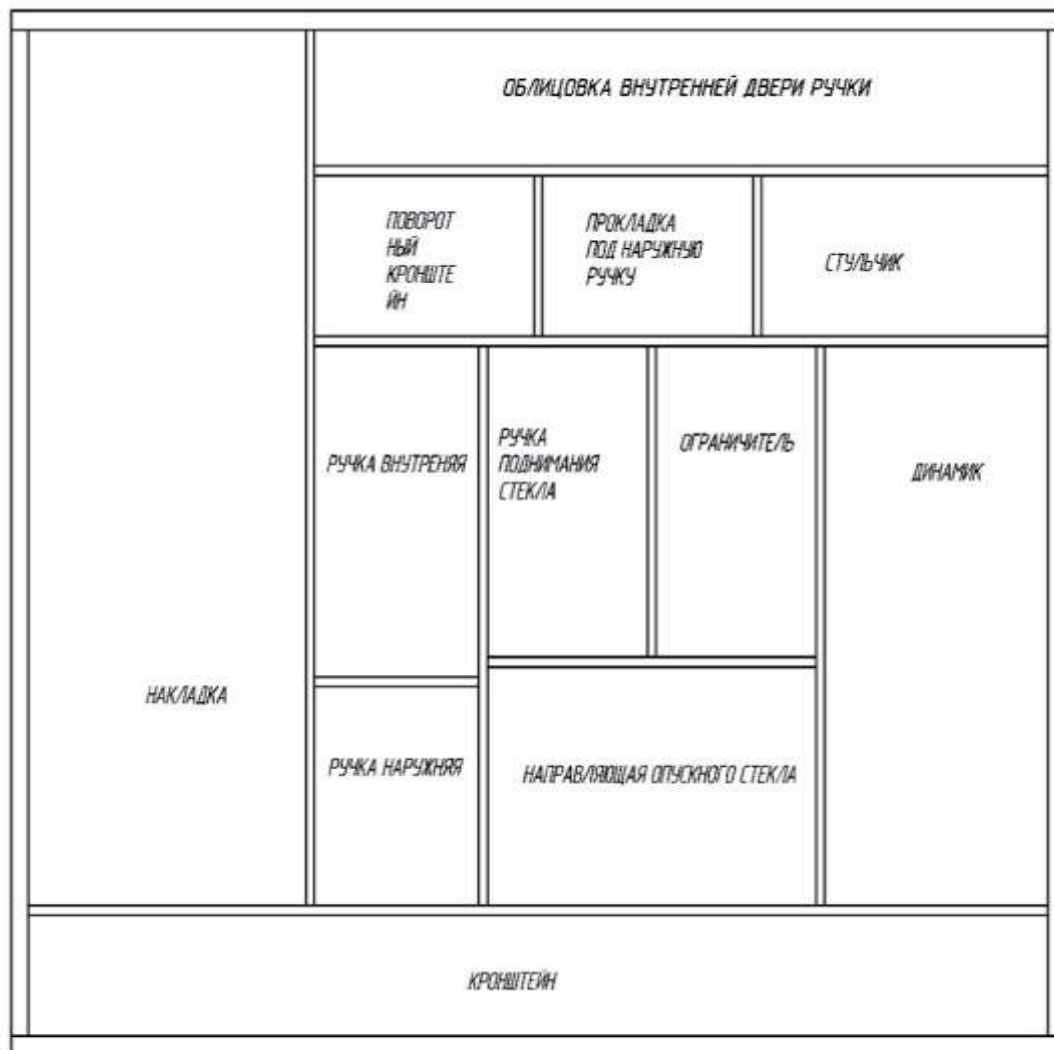


Рисунок 53 - Расположение деталей в левом ящике



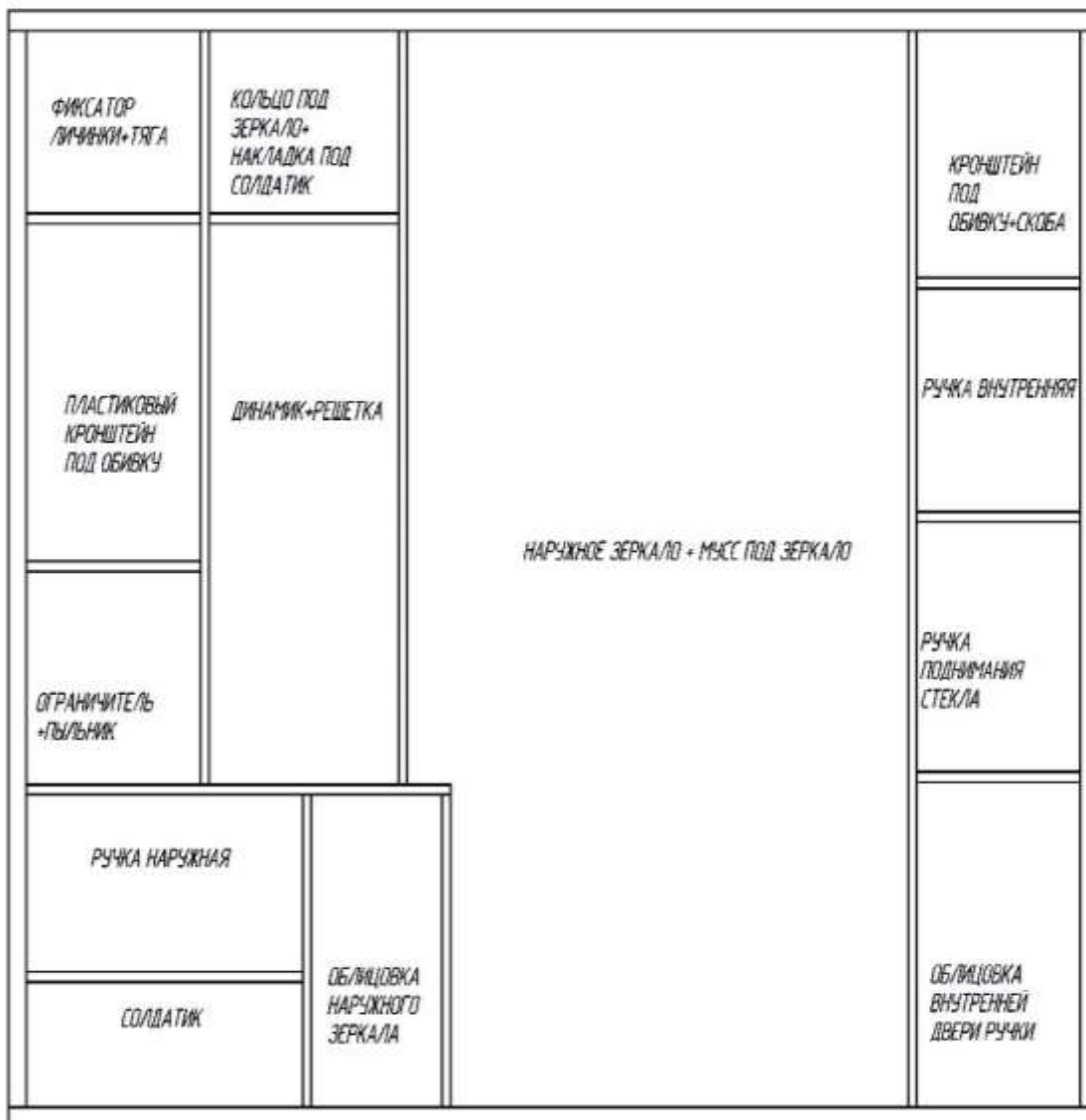


Рисунок 54 - Расположение деталей в правом ящике



Рисунок 55 - Расположение деталей на верхней полке

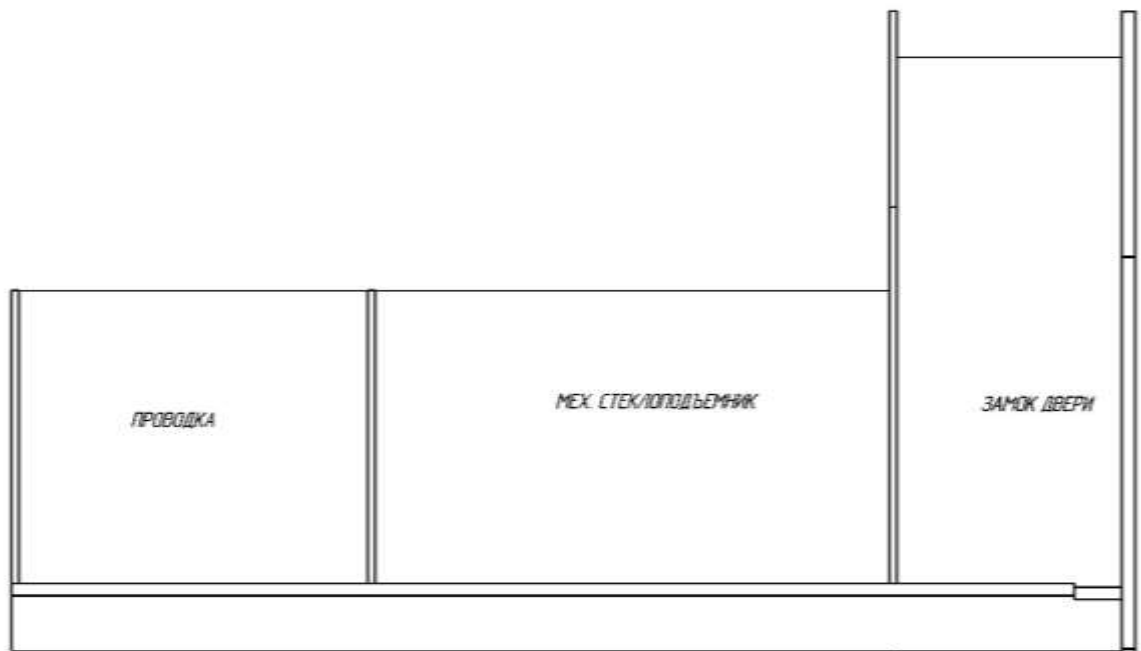


Рисунок 56 - Расположение деталей на средней полке

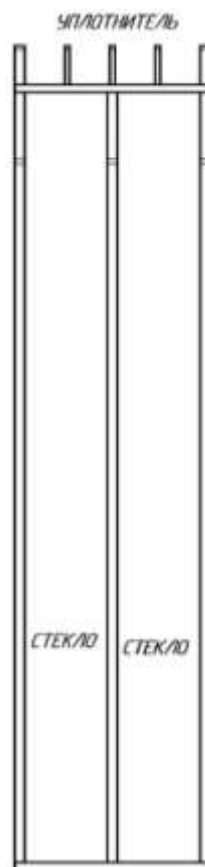


Рисунок 57 - Размещение стекла в ящике

### 3 Статический расчет

#### 3.1 Статический расчет для деформированного напряженного объекта

В расчёте рассматривается технологическое транспортное средство, предназначенное для транспортировки деталей.

В соответствии с заводскими настройками технологическое транспортное средство рассчитана на нагрузку не более 500 кг.

Максимальное допустимое напряжение, находится по формуле 1.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{\text{пред}}}{n} \quad (1)$$

Где:

$\sigma_{\text{пред}}$  – предел текучести для конструкционной стали = 250 МПа [11].

$n$  – фактический коэффициент запаса для конструкционной стали = 2 [30]-[31].

Коэффициент запаса прочности, находится по формуле 2.

$$n = n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 = 1,2 \cdot 2 \cdot 1 = 2,4 \quad (2)$$

Где:

$n_1$  – коэффициент, учитывающий неточность в определении нагрузок и напряжений = 1,2.

$n_2$  – коэффициент, учитывающий неоднородность материала = 2.

$n_3$  – коэффициент условия работы = 1.

Объектами исследования являются верхняя и центральная полка технологического транспортного средства. Конструкции используется для удержания деталей во время движения. Смотреть рисунки 58-59.

Материал конструкций - конструкционная Сталь 20.

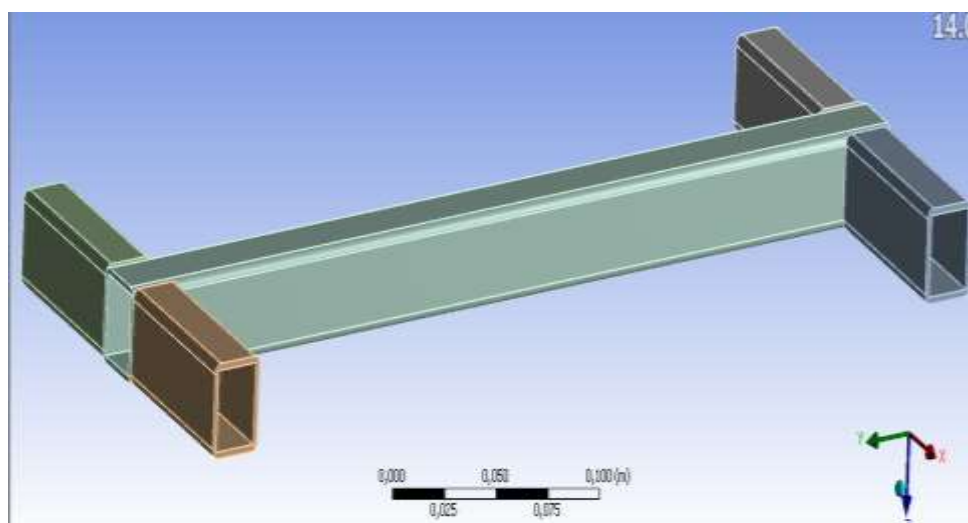


Рисунок 58 - 3D модель конструкции под ящик для уплотнителя

Общая масса которая будет прикладываться на конструкцию равна 3,656 кг.  $\approx$  4 кг.

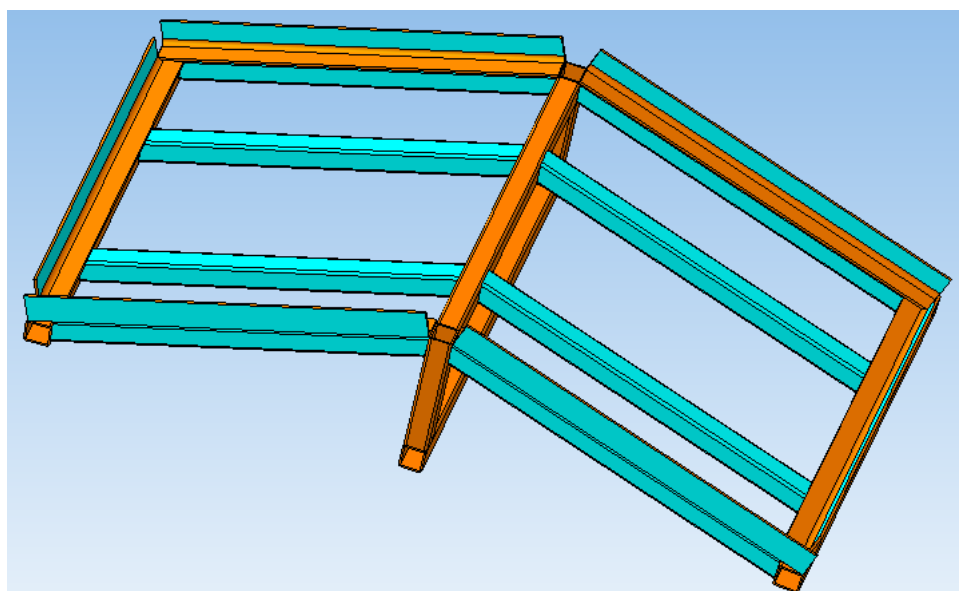


Рисунок 59 - 3D модель центральной конструкции

Общая масса которая будет прикладываться на конструкцию равна 20,018 кг.  $\approx$  20 кг.

Внесение основных характеристик материала в ANSYS. Смотреть рисунок 60.

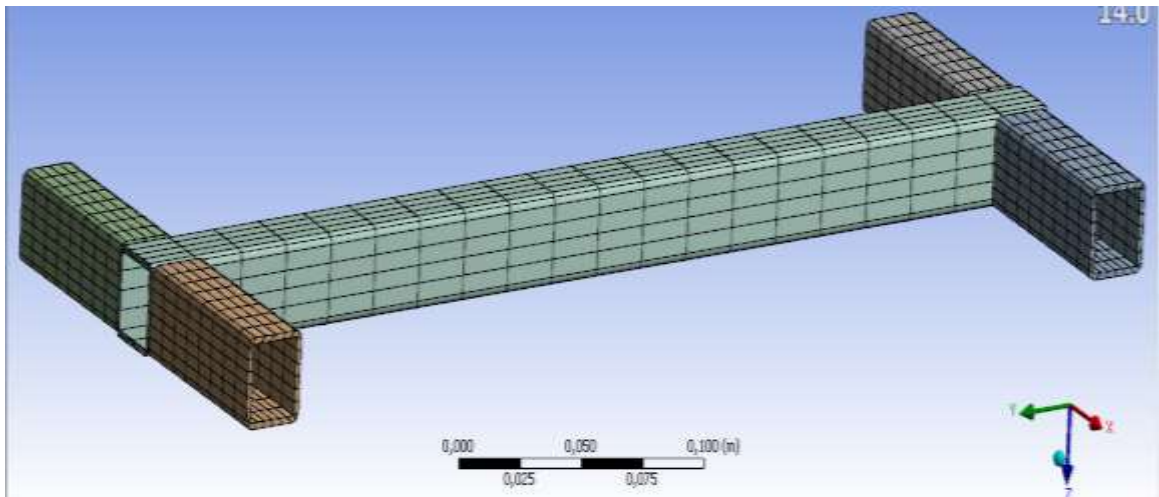
The image shows two windows from the ANSYS Engineering Data interface. The top window, titled 'Outline of Schematic B2: Engineering Data', displays a table with columns A, B, C, D, and E. Row 1 is 'Contents of Engineering Data' with a 'Source' column and a 'Description' column. Row 2 is 'Material'. Row 3 shows 'Сталь 20' selected, with a 'General\_Material' link and a description: 'Fatigue Data at zero mean stress comes from 1998 ASME BPV Code, Section 8, Div 2, Table 5 -110.1'. Row 4 is a link to add a new material.

The bottom window, titled 'Properties of Outline Row 1: Сталь 20', shows a table of material properties:

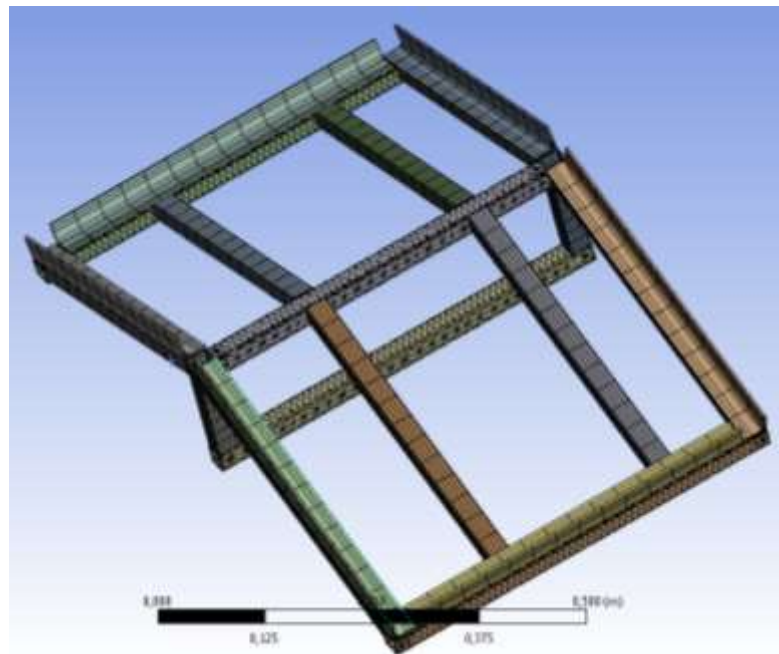
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables	Table			
3	Density	7859	kg m <sup>-3</sup>		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				
5	Coefficient of Thermal Expansion	1,2E-05	C <sup>-1</sup>		
6	Isotropic Elasticity				
7	Derive from	Young's ...			
8	Young's Modulus	2E+11	Pa		
9	Poisson's Ratio	0,3			
10	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa		
11	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa		
12	Strain-Life Parameters				
20	S-N Curve	Tabular			
24	Tensile Yield Strength	2,5E+08	Pa		

Рисунок 60 - Выбор материала в ANSYS

Построение сетки конечных элементов. Смотреть рисунок 61.



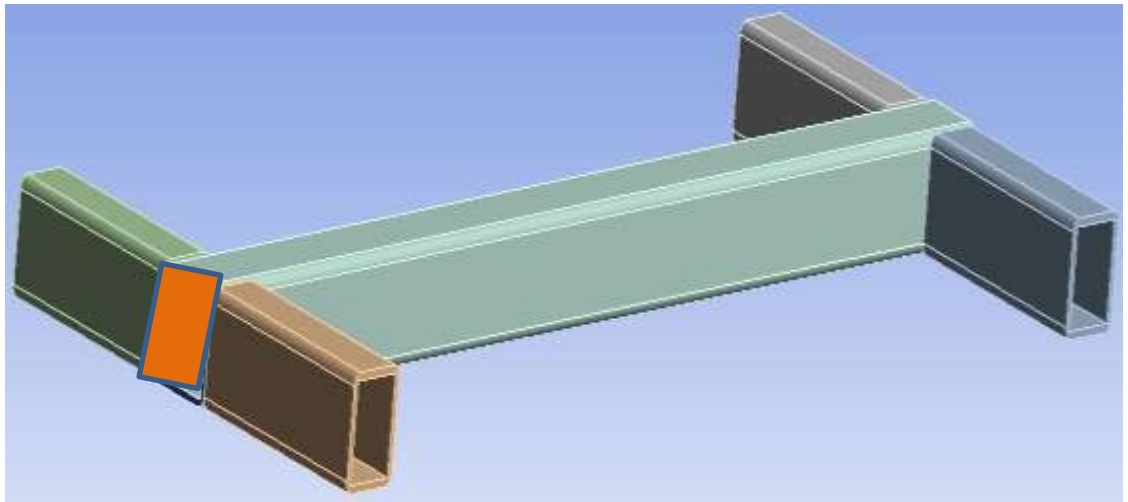
а)



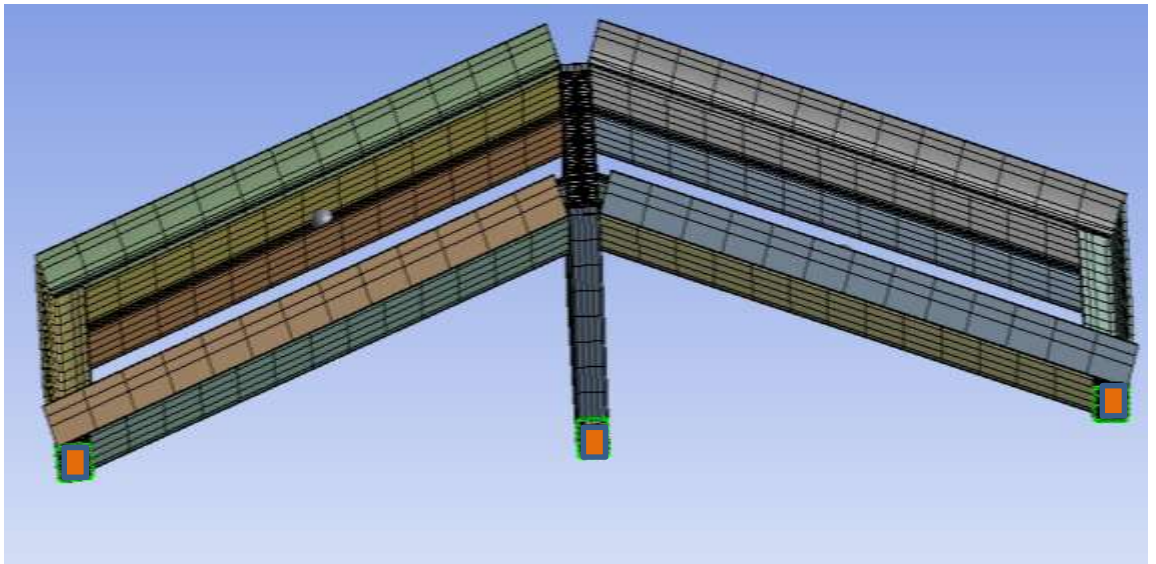
б)

Рисунок 61 - Сетка конечного элемента: а) верхняя полка, б) центральная полка

После построения сетки конечных элементов, задаются поверхности жесткой заделки, смотреть рисунок 62, ускорение свободного падения, смотреть рисунок 63.

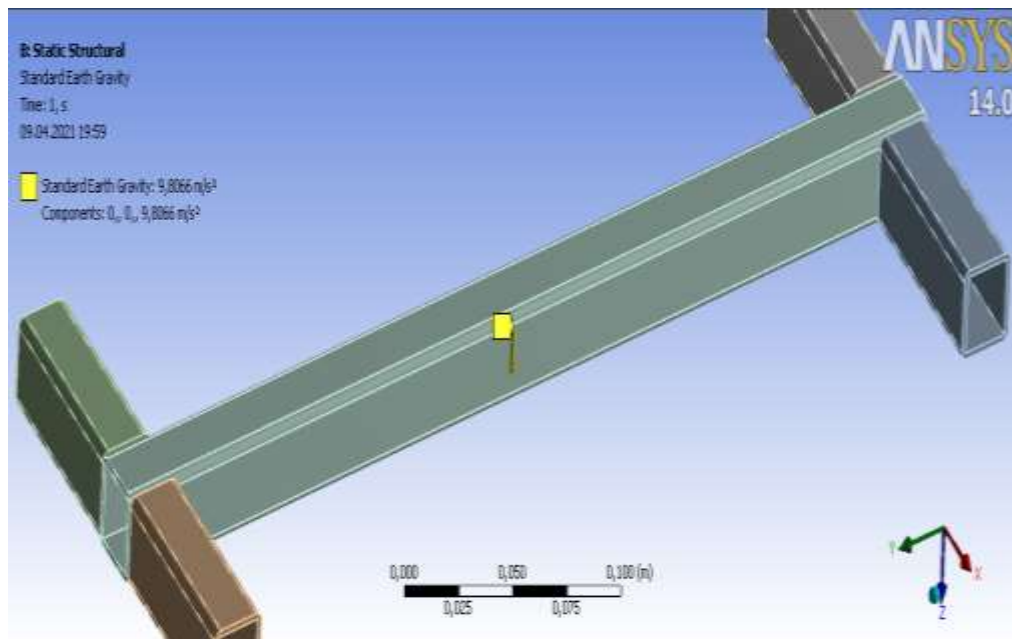


а)

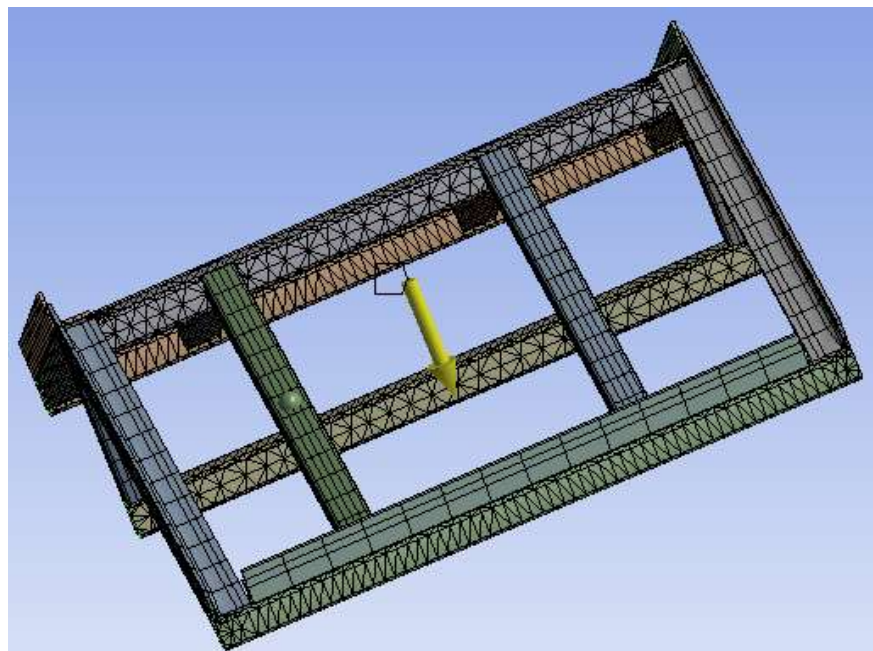


б)

Рисунок 62 - Зоны жесткой заделки: а) верхняя полка, б) центральная полка



а)



б)

Рисунок 63 - Приложение ускорение свободного падения : а) верхняя полка, б) центральная полка

Приложение единой массы на участки поверхности конструкции, равна 4 кг. Смотреть рисунок 64.



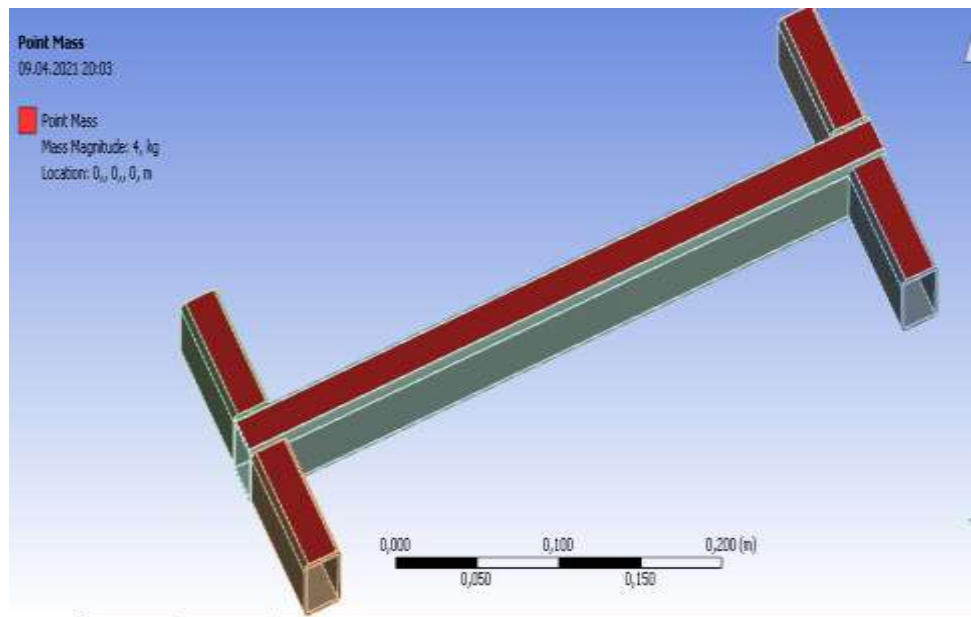


Рисунок 64 - Приложение массы на поверхности конструкции

Нанесение общей массы на площади поверхности конструкции, левая сторона - 9,7 кг, правая сторона - 10,3 кг. Смотреть рисунок 65.

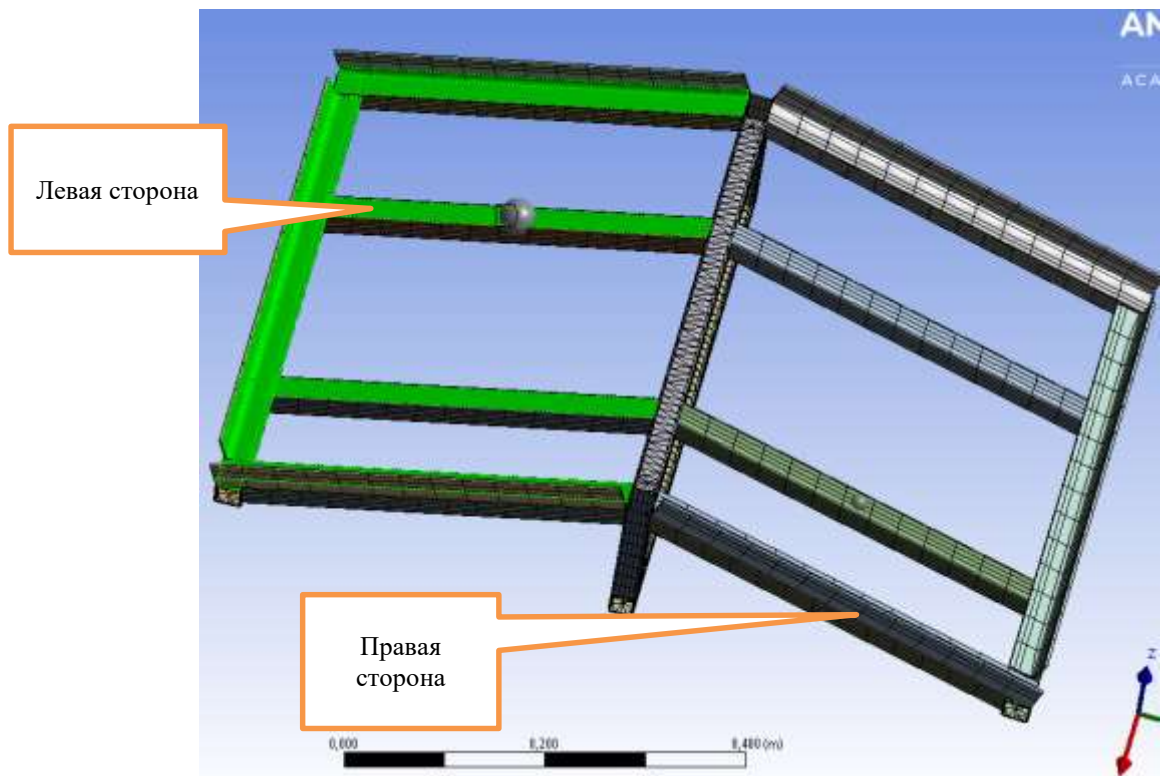


Рисунок 65 - Приложение массы на поверхности конструкции

Определение максимального напряжения на исследуемые объекты в симуляции. Смотреть рисунки 66-69.

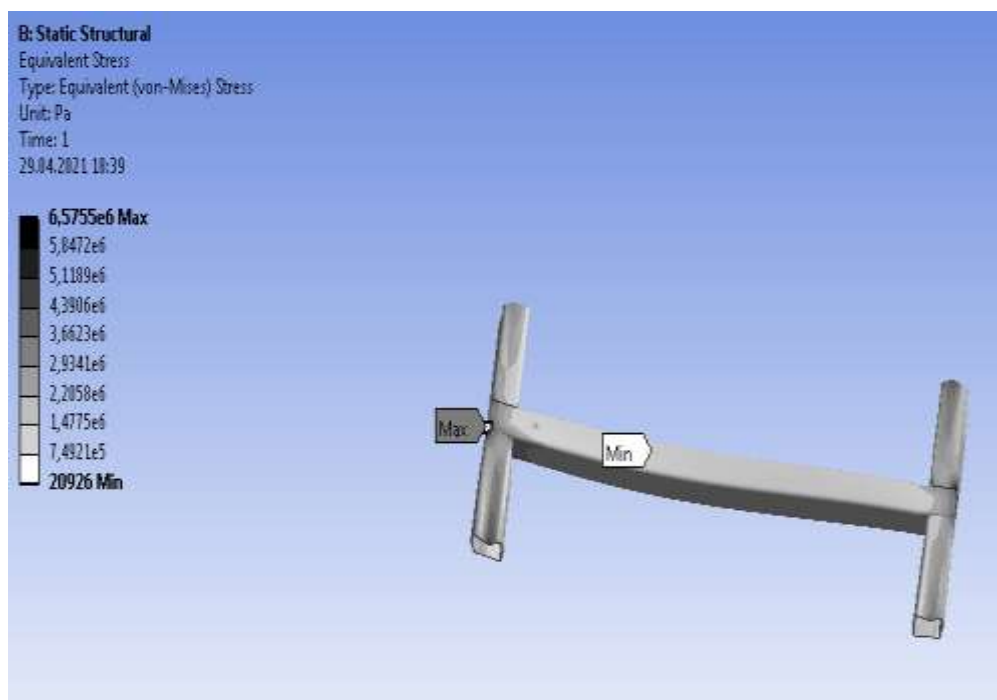


Рисунок 66 - Определение максимального напряжения на верхней полке в симуляции

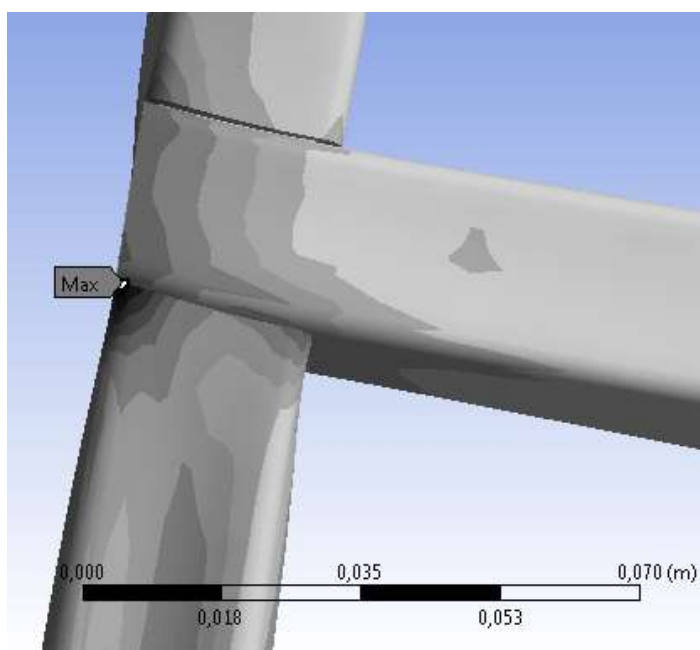


Рисунок 67 - Самый опасный участок напряжения на верхней полке

Как видно из рисунков 66-67, наложенная масса больше всего влияет на боковые трубы, а наиболее опасной зоной является край между боковой и центральной трубой, которые приварены друг к другу и будет иметь максимальное напряжение  $\sigma_{max} = 6,57$  МПа.

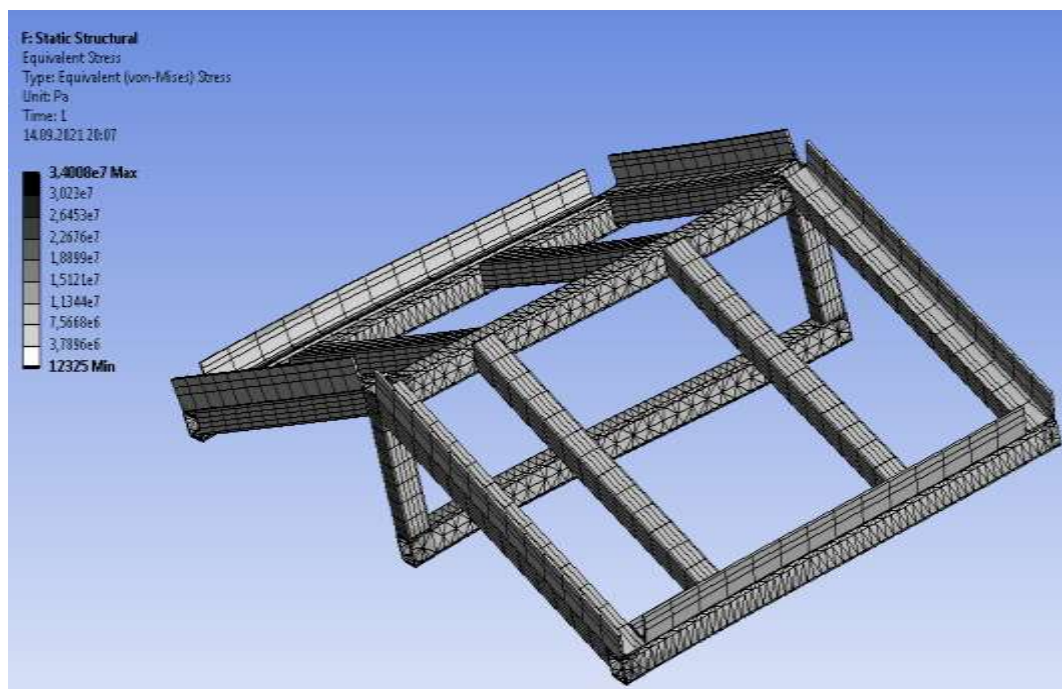


Рисунок 68 - Определение максимального напряжения на центральной полке в симуляции

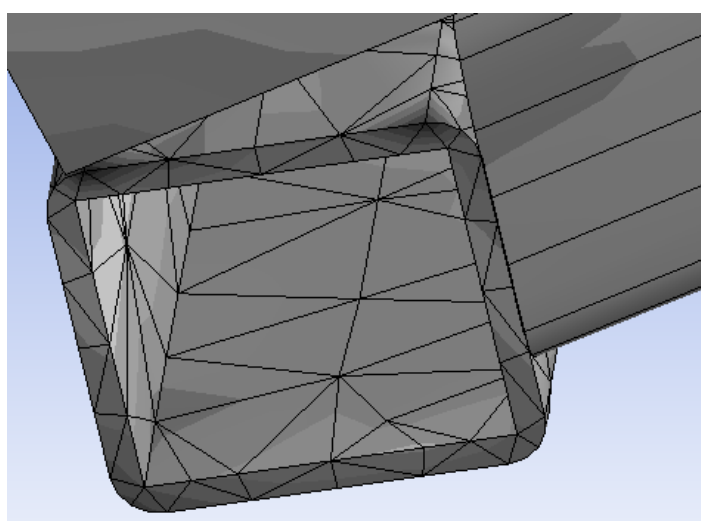


Рисунок 69 - Самый опасный участок напряжения на центральной полке

Из рисунков 68-69, наглядно видно, что наложенная масса больше всего воздействует на крайнюю трубу, а наиболее опасной зоной является край между крайней трубой и уголками, которые приварены друг к другу и будут иметь максимальное напряжение  $\sigma_{max} = 34$  МПа.

Расчет предела текучести для конструкционной стали согласно формуле 1.

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{пред}}{n} = \frac{250}{2,4} = 104,2 \text{ МПа.}$$

Расчет фактического запаса прочности исследуемого объекта по формуле 1.

Для верхней конструкции.

$$n = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{max}} = \frac{250}{6,57} = 38$$

Для центральной конструкции.

$$n = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{max}} = \frac{250}{34} = 7,35$$

По результатам эксперимента, предел текучести не превысил допустимую величину.

Для верхней конструкции.

$$6,57 \text{ МПа} \leq 104,2 \text{ МПа.}$$

Для центральной конструкции.

$$34 \text{ МПа} \leq 104,2 \text{ МПа.}$$

## **4 Практическое применение объекта**

В этом разделе описывается, как собирались двери автомобилей до появления тележки и какие основные преимущества, и недостатки появились после ее внедрения на сборочную линию.

### **4.1 Сборка дверей до нововведения**

До внедрения технологического транспортного средства сборка дверей автомобиля происходила на главном сборочном конвейере и двери уже были прикреплены к кузову, смотреть рисунок 70.



Рисунок 70 - Сборка дверей до нововведения

Основные преимущества и недостатки сборки автомобиля:

Преимущества:

- сборка дверей на основной линии сборки автомобиля;
- двери закреплены к кузову.

Недостатки:

- оператор постоянно находится в движении;
- детали для сборки находятся на стеллажах, которые размещаются на определенном расстоянии от подвески грузонесущего конвейера;
- детали постоянно находятся в руках;
- повышенная интенсивность труда из-за постоянного движения оператора;
- низкая производительность;
- риск дефекта при сборке;
- увеличенное время на сборку.

Во время этой сборки оператору приходилось постоянно перемещаться между автомобилем и стеллажами, где хранились детали для сборки, и перемещать их в руках. Оператору также приходилось регулярно делать дополнительные шаги, чтобы обойти переднюю и заднюю дверь при сборке дверей, соединенных с кузовом. Перемещение приводило к более трудоемкому процессу сборки, что могло привести к снижению производительности, увеличению времени сборки и риску возникновения дефектов.

## **4.2 Сборка дверей после нововведения**

После ввода технологического транспортного средства двери не собираются на главной сборочной линии, а транспортируются отдельно на подвесном грузовом конвейере, смотреть рисунок 71.

В результате внедрения произошли значительные изменения в транспортировке деталей на сборочную линию.

Основные преимущества и недостатки сборки автомобиля:

Недостатки:

- двери автомобиля собираются отдельно от основной линии на отдельном участке;
- необходимо место под линию сборки дверей;
- необходимо иметь AGV для перемещения тележки от склада до сборочной линии.

Преимущества:

- оператор не делает лишних движений;
- сборка дверей идет параллельно основной сборке;
- комплект деталей перемещается в технологическом транспортном средстве, которое пристыковывается к подвеске грузонесущего конвейера;
- в тележке все детали находятся близко к оператору;
- высокая производительность сборки дверей;
- гибкость при запуске новых проектов благодаря разработанным ящикам в тележке с заранее продуманными габаритами;
- снижение риска повреждения при сборке;
- сокращение времени сборки;
- безопасность и эргономика на рабочих местах.



Рисунок 71 - Закрепленная дверь автомобиля на подвеске грузонесущего конвейера

Тележка значительно повышает производительность благодаря различным способам транспортировки: по направляющим; по рельсам; на AGV; в соединении с подвесным грузонесущим конвейером.

На линии тележка, смотрите рисунки 72-73, занимает мало места благодаря своим небольшим габаритам и способна вместить все детали различных моделей благодаря продуманной конструкции ящиков для деталей.





Рисунок 72 - Вид линии сборки дверей автомобиля



Рисунок 73 - Момент стыковки тележки с подвеской грузонесущего конвейера

Детали размещаются в тележке в зоне видимости и рядом с оператором, что способствует повышению производительности.

Изменение процесса сбора дверей позволило значительно улучшить эргономику на рабочих местах.

В результате наблюдения за операторами, смотреть рисунок 74, видно, что время сборки начинает значительно сокращаться, когда в июне начался проект с новшествами. Это изменение хорошо видно на графике соотношения инженерного и фактического времени на общей сборочной линии, смотреть рисунок 75.



Рисунок 74 - Сборка дверей автомобиля

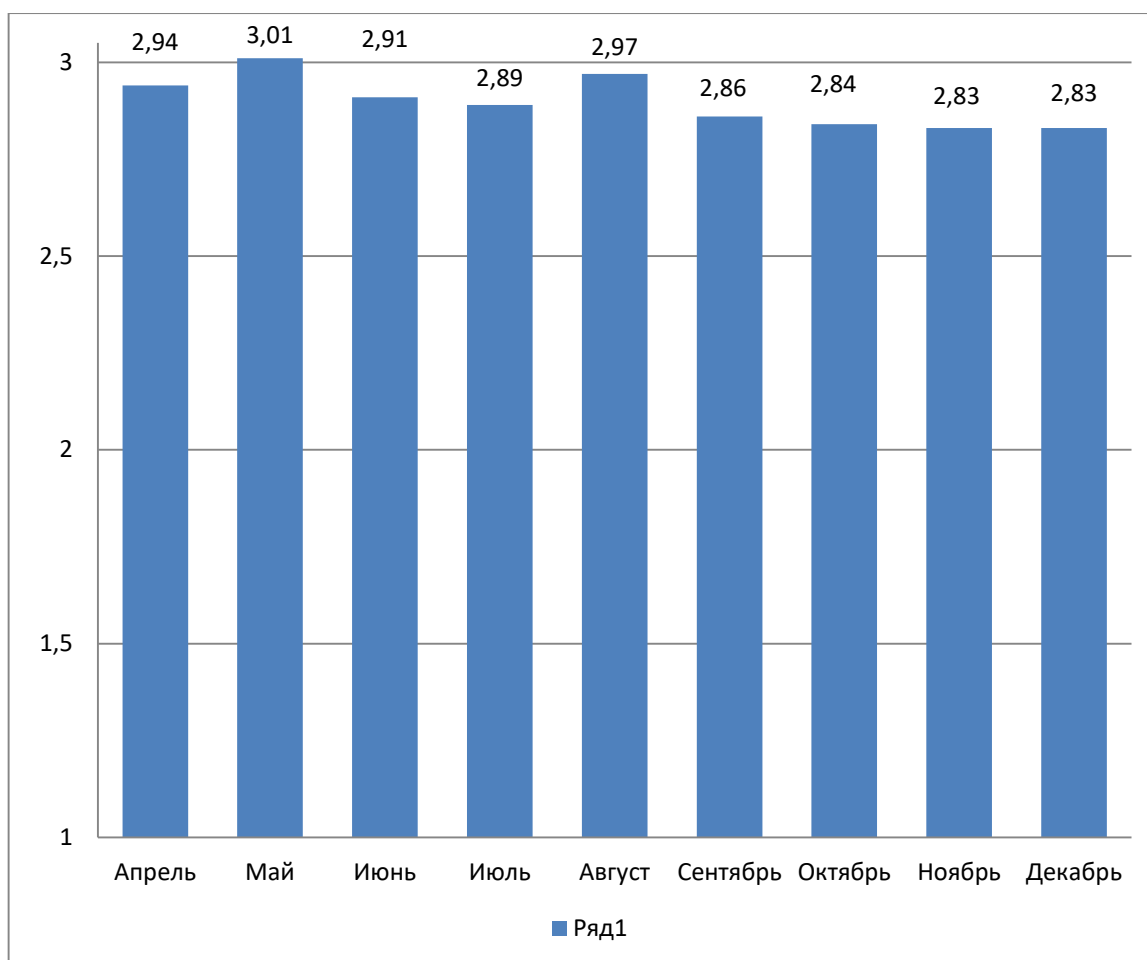


Рисунок 75 - График трудоёмкости общей сборки автомобилей

### 4.3 Экономический эффект нововведения

В результате новшеств было выявлено основные изменения в экономическом плане.

Оператор до изменения тратил 6 шагов, чтобы обойти двери, соединенные с кузовом, что составляет 12 секунд, не считая времени сборки, после изменения оператор тратит 4 секунды, что экономит 8 секунд реального времени, смотреть рисунок 76. Из этого следует, что оператор экономит 2880 секунд или 48 минут за рабочую смену.

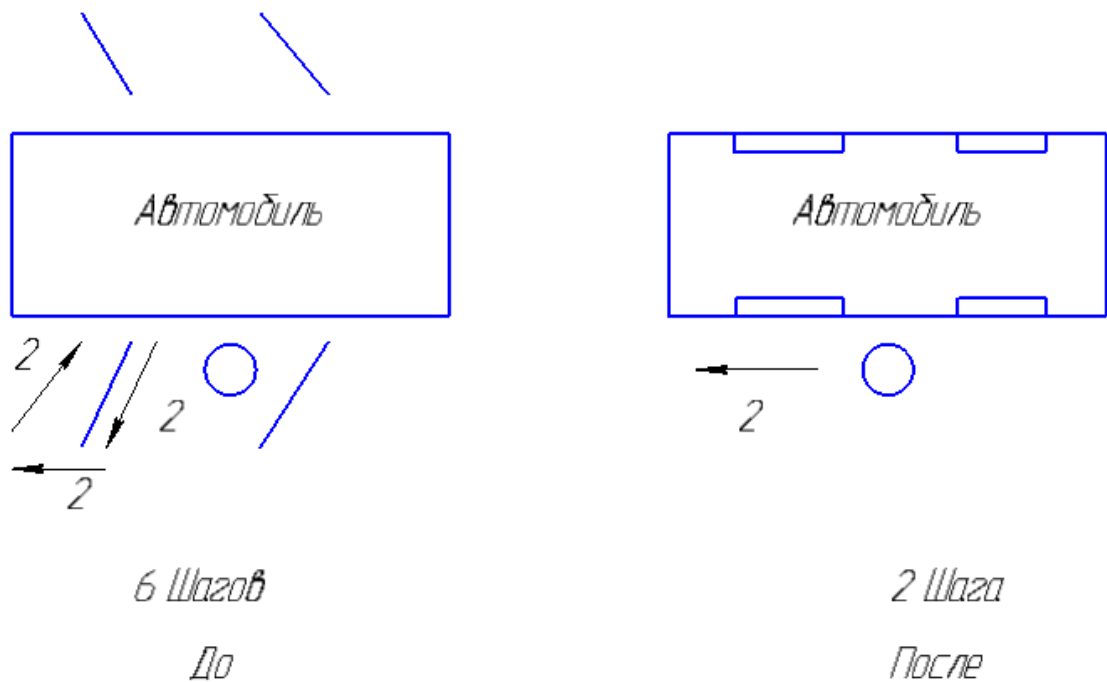


Рисунок 76 - Движение оператора при сборке дверей

Главная конвейерная линия по сборке автомобиля имеет 243 поста.

За одну рабочую смену из сборочного конвейера выходит 360 собранных автомобилей.

Работа одного поста равна 1 минуте и 20 секундам за цикл.

За одну рабочую смену на посту при выпуске 360 автомобилей проходит 432 минуты.

После внедрения проекта в производство один пост сборки дверей для 360 автомобилей сэкономил 9,1 минуты за одну рабочую смену, тем самым сократив количество постов на главной сборочной линии, смотрите рисунок 77.

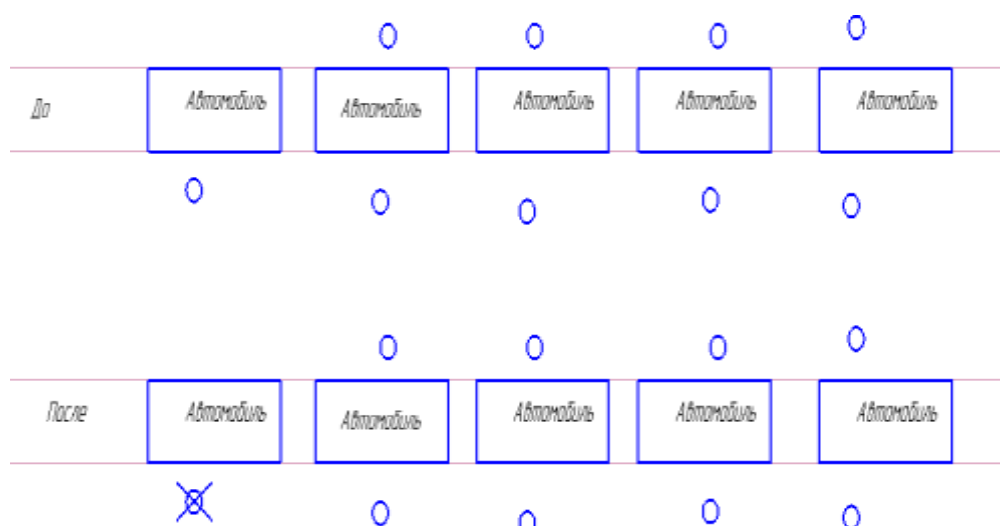


Рисунок 77 - Изменения количество постов на линия сборочного конвейера

На главном сборочном конвейере было сокращено 9 постов по сборке автомобилей и стало 234 поста, что позволило экономить 12150000 рублей в год.

Основные сравнения представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Сравнительный анализ сборки

Назначения	До	После
Количество шагов	6	2
Время на передвижения с учетом шагов, сек.	12	4
Цена одного поста в год, руб.	1350000	1350000
Количество собранных машин за смену, шт.	360	360
Рабочие время в цикле на сборку 360 автомобилей, мин.	432	432
Количество времени на передвижение в смену, сек.	4320	1440
Количество времени на передвижение в смену, мин.	72	24
Количество постов, шт.	243	234
Суммарные затраты за посты в год, руб.	328050000	315900000

## Заключение

Целью данной работы являлось разработкой технологического транспортного средства для перевозки комплекта деталей к месту сборки дверей автомобиля

Для достижения этой цели были выполнены ряд задач:

- на основе изучения тележки для транспортировки деталей были изучены основные компоненты конструкций тележек и их транспортные особенности;

- выбран транспорт, для перевозки технологического транспортного средства. AGV (напольный безрельсовый транспорт), модель ТПНБ - М1;

- материал для производства труб, Сталь 20, из которой сваркой будет получен основание технологического транспортного средства. Ящики будут изготовлены из полипропилена, в них будут уложены детали для сборки дверей;

- были исследованы и выбраны инструмент для резки полипропиленовой пластмассы - циркулярная пила, а также инструмент для пайки пластмассовой пластины - сварочный экструдер;

- определен полный перечень деталей, предназначенных для транспортировки на технологическом транспортном средстве;

- разработано и спроектировано технологическое транспортное средство, для транспортировки комплекта деталей к месту сборки дверей, и описаны все особенности конструкции, месторасположение и размеры;

- определено место нахождения комплекта деталей на технологическом транспортном средстве;

- на основании статического расчета для деформированного напряженного объекта, что приложенные нагрузки к конструкциям равные 4 кг и 20 кг в течение длительного периода времени, конструкции выдержат приложенные нагрузки;

- проведен расчет экономического эффекта после внедрения проекта с разработанной тележкой на главном сборочном конвейере.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Tonja Heinemann, Oliver Riedel, Armin Lechler. Generating Smooth Trajectories in Local Path Planning for Automated Guided Vehicles in Production. ISW University of Stuttgart, Seidenstraße 36, 70174 Stuttgart, Germany. 2019, 2351-9789.
2. O. J. Oyejide, M. O. Okwu, L. K. Taribu, O. I. Oiayode. Development of Sensor Controlled Convertible Cart-Trolley. Published by Elsevier B.V. 2020, 2212-8271.
3. Rundong Yan, Lisa Jackson, Sarah Dunnett. A study for further exploring the advantages of using multi-load automated guided vehicles. Department of Aeronautical and Automotive Engineering, Loughborough University, Loughborough, Leicestershire, LE11 3TU, UK. The Authors. Published by Elsevier Ltd on behalf of The Society of Manufacturing Engineers. 2020, 0278-6125.
4. Hao Hu, Xiaoliang Jia, Qixuan He, Shifeng Fu, Kuo Liu. Deep reinforcement learning based AGVs real-time scheduling with mixed rule for flexible shop floor in industry 4.0. 2020, 0360-8352.
5. Автоматически управляемая тележка [Электронный ресурс]. 2007 – 2021. URL: <http://agvrobot.ru/chtotakoeagv.html> (Дата обращения 20.02.2021).
6. Wolfgang Kerna, Hannes Lämmermannb, Thomas Bauernhansl. An integrated logistics concept for a modular assembly system. Published by Elsevier B.V. 2017, 2351-9789.
7. Aaya Aboelfotoha, Manjeet Singhb, Gursel Suer. Order Batching Optimization for Warehouses with Cluster-Picking. Published by Elsevier Ltd. 2019, 2351-9789.
8. Zhiheng Zhaoa, Mengdi Zhanga, Chen Yangb, Ji Fangb, George Q. Huangb. Distributed and collaborative proactive tandem location tracking of vehicle products for warehouse operations. 2018, 0360-8352.

9. Складские погрузчики: виды, классификация, сравнения [Электронный ресурс]. 2015 – 2021. URL: <https://oxlift.ru/customers/articles/skladskie-pogruzchiki-vidy-klassifikatsiya-sravnenie/> (Дата обращения 15.01.2021).

10. Складские тягачи [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://sean-group.ru/blog/skladskie-tyagachi---kogda-oni-nuzhny> (Дата обращения 20.01.2021).

11. Марки стали 20 [Электронный ресурс]. 2009 - 2019. URL: [http://metallicheskiy-portal.ru/marki\\_metallov/stk/20](http://metallicheskiy-portal.ru/marki_metallov/stk/20) (Дата обращения 20.01.2021).

12. Полипропилен: свойства и применение материал [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://polimerinfo.net/polipropilen/> (Дата обращения 20.01.2021).

13. Полипропилен. Что это? [Электронный ресурс]. 2001 – 2021. URL: <https://upacksnab.ru/articles/polipropilen-chto-eto/> (Дата обращения 20.01.2021).

14. Полипропилен (ПП). Справочник свойств и обзор сфер применения [Электронный ресурс]. 2002 - 2021. URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/618/> (Дата обращения 20.01.2021).

15. Резка листовых пластиков [Электронный ресурс]. 2008 - 2021. URL: <https://liga-proektov.ru/a187765-rezka-listovyh-plastikov.html> (Дата обращения 20.01.2021).

16. Как сваривать листы из полипропилена и трубы из него [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://fgpip.ru/harakteristiki/kak-svarivayut-listy-polipropilena-i-truby-iz-nego.html> (Дата обращения 28.01.2021).

17. Конструкция и применение сварочного экструдера [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://fgpip.ru/pravila-i-bezopasnost/konstruktsiya-i-primeneniye-svarochnogo-ekstrudera.html> (Дата обращения 28.01.2021).

18. Основные принципы и схема работы ручного сварочного экструдера [Электронный ресурс]. 2021. URL: <http://home.nov.ru/osnovnye->



principyu-i-sxema-raboty-ruchnogo-svarochnogo-ekstrudera/ (Дата обращения 28.01.2021).

19. Что такое сварочный фен и для чего его используют [Электронный ресурс]. 2015 - 2021. URL: <https://stroy-podskazka.ru/svarka/fen/> (Дата обращения 15.02.2021).

20. Нюансы при работе со сварочным феном, выбор оптимальной модели, инструкция по сварке [Электронный ресурс]. 2021. URL: <https://prosvarku.info/prisposobleniya-i-detali/svarochnyj-fen> (Дата обращения 15.02.2021).

21. LE-POEV 100K [Электронный ресурс]. 2020. URL: <https://www.blickle.ru/модель/LE-POEV-100K-577338> (Дата обращения 20.02.2021).

22. O. J. Oyejide, M. O. Okwu, L. K. Taribu, O. I. Oiayode. Development of Sensor Controlled Convertible Cart-Trolley. Published by Elsevier B.V. 2020, 2212-8271.

23. Shandong transp vocational college. Automobile glass conveying tool based on automated guided vehicle (AGV) trolley. Патент № CN202010184632 20200317, МПК В62D63/02, В65G49/06; Оpubл. 2020.04.24

24. Suzhou noopsyche intelligent tech co ltd. Ultrathin AGV trolley with lifting structure. Патент № CN202021784714U 20200824, МПК В66F7/14, В66F7/28; Оpubл. 2021.05.25.

25. ГОСТ 9650-80. Оси. Дата введения 01.01.82.

26. ГОСТ 8338-75. Подшипники шариковые радиальные однорядные. Дата введения 01.07.76.

27. ГОСТ 5927-70. Гайки шестигранные класс точности В. Дата введения 01.01.1972.

28. ГОСТ 32931-2015. Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Дата введения 01.09.2016.

29. Dongfeng automobile co ltd. Technical trolley space lengthening device. Патент № CN201020686216U 20101229, МПК B05C21/00, B60D1/14, B60D1/167; Опубл. 2011.09.21.

30. Расчет на прочность при растяжении [Электронный ресурс]. 2015. URL: <http://dx-dy.ru/sopromat/raschet-na-prochnost-pri-rastyazhenii.html> (Дата обращения 16.06.2021).

31. Коэффициент запаса прочности. Выбор допускаемых напряжений. [Электронный ресурс]. 2003 - 2006. URL: [http://mysopromat.ru/uchebnye\\_kursy/sopromat/rastyazhenie\\_szhatie/koeffitsient\\_zapasa\\_prochnosti/](http://mysopromat.ru/uchebnye_kursy/sopromat/rastyazhenie_szhatie/koeffitsient_zapasa_prochnosti/) (Дата обращения 20.02.2021).

Приложение А

Статья

---



**ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ  
И ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ  
НАУК В СВЕТЕ СОВРЕМЕННЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

*Сборник статей по материалам  
XLV международной научно-практической конференции*

№ 11 (37)  
Ноябрь 2021 г.

Издается с августа 2017 года

Новосибирск  
2021

Рисунок А.1 - Титульный лист сборника статей

## Продолжение Приложения А

<b>Секция «Материаловедение и металлургическое оборудование и технологии»</b>	<b>42</b>
РАССЫПАЕМОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО АЛЮМОКАЛЬЦИЕВОГО ШЛАКА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ДОБАВЛЕНИЯ КРАСНОГО ШЛАМА Шуйская Вера Сергеевна Лебедев Андрей Борисович	42
<b>Секция «Машиностроение и машиноведение»</b>	<b>47</b>
ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И КОНСТРУКТОРСКИХ ЗАДАЧ Жуков Евгений Михайлович Ержонкова Ирина Сергеевна	47
РАСЧЕТ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ МЖУ С УЧЕТОМ РАЗМЕРОВ ЕГО КОНСТРУКТИВНЫХ ЧАСТЕЙ Маслов Павел Павлович	54
<b>Секция «Строительство и архитектура»</b>	<b>77</b>
К РАСЧЕТУ СИСТЕМ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ ИЗ ВЕНТБЛОКОВ Сибгатуллин Назир Финатович Сафиуллин Ринат Габдуллович	77
<b>Секция «Транспорт и связь, кораблестроение»</b>	<b>87</b>
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ Санников Леонид Васильевич	87

Рисунок А.2 - Содержание сборника

## СЕКЦИЯ

### «ТРАНСПОРТ И СВЯЗЬ, КОРАБЛЕСТРОЕНИЕ»

#### ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ТРАНСПОРТНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ДЕТАЛЕЙ

*Санников Леонид Васильевич*

*магистрант,  
кафедра оборудование и технологии  
машиностроительного производства,  
Тольяттинский государственный университет,  
РФ, г. Тольятти  
E-mail: [sonik1592@mail.ru](mailto:sonik1592@mail.ru)*

#### TECHNOLOGICAL VEHICLE FOR TRANSPORTATION OF PARTS

*Leonid Sannikov*

*Student,  
department of equipment and technology  
of machine building production,  
Togliatti State University,  
Russia, Togliatti*

#### АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается тележка для перевозки набора деталей, характеризующейся тем, что основание выполнено таким образом, что позволяет использовать AGV (напольный безрельсовый транспорт) с рамой, ограничительную стойку для стекла, ходовые колеса, установленные на четырех пластинах в углах нижней платформы, оси снаружи и внутри для фиксации на рельсах или направляющих во время движения вместе с несущей подвеской конвейера, сбоку имеется стыковочный упор с подвеской несущего конвейера, для перемещения тележки вдоль линии к точке сборки, впереди устройство для увеличения пространства тележки и контроля расстояния между тележками при движении.

Рисунок А.3 – Аннотация статьи

**ABSTRACT**

The article deals with a cart for transporting a set of parts, characterized by the fact that the base is made in such a way that allows the use of AGV (floor-rail-free transport) with a frame, a limiting rack for glass, running wheels mounted on four plates in the corners of the lower platform, axles outside and inside for fixation on rails or rails during movement together with the supporting suspension of the conveyor, on the side there is a docking stop with the suspension of the carrier conveyor, to move the cart along the line to the assembly point, in front of the device to increase the space of the cart and control the distance between the carts in motion.

**Ключевые слова:** Автокар, складское хозяйство, логистика, тележка.

**Keywords:** Autocar, warehousing, logistics, cart.

Целью работы является создание технологического транспортного средства, компактного и удобного в эксплуатации для транспортировки комплекса деталей машин к месту сбора дверей автомобиля без участия человека.

Технологическое транспортное средство (тележка) представляет собой технологический транспортный объект с ходовыми колесами, расположенными по углам нижней поверхности для распределения веса и перемещения или транспортировки тяжелых предметов с одного места на другое внутри цеховой промышленной площади автомобилестроительного предприятия.

Тележка функционирует как вспомогательная система для перемещения набора деталей с одного места на другое, тем самым повышая эффективность работы.

Для обеспечения максимальной эффективности при транспортировке комплектов деталей для сборки автомобильных дверей предлагается технологическое колесное транспортное средство. Тележка специализирована для перемещения полного комплекта деталей с одного места на другое без ручного управления.

Основные отличия и преимущества предлагаемого технологического транспортного средства от аналогичных уже используемых автокаров:

1. Оно предназначено для стыковки и перемещения с AGV к месту сборки дверей.
2. Автокар имеет с каждой стороны оси для координации движения тележки при перемещении с несущим подвесным конвейером вдоль линии к пункту сбора дверей автомобилей по рельсам или направляющим.

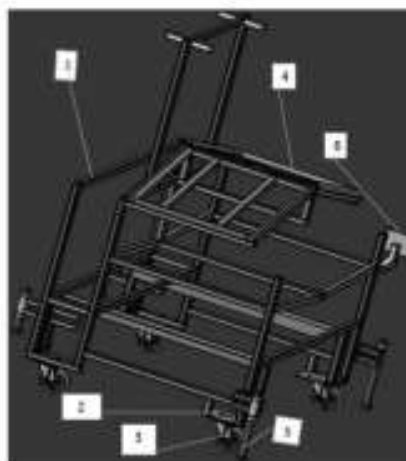
## Продолжение Приложения А

3. Имеется специальный упор, состыкованный с несущим подвесным конвейером, для перемещения тележки вдоль линии к точке сборки.

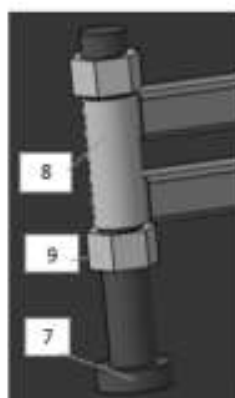
4. На транспорте смонтирована ограничительная стойка для удержания выдвижного ящика под стеклом двери во время движения.

5. Автокар имеет специальное устройство для расширения пространства под тележку и контроля расстояния между тележками при движении.

Конструкция, см. рис. 1-3, имеет размеры без устройства расширения 1048,6x1071,1x1578 мм и с устройством расширения 1533x1071,1x1578 мм, и представляет собой прямоугольную конструкцию с полками под углом и с выступающими за тележку осями, упором и устройством для расширения пространства.

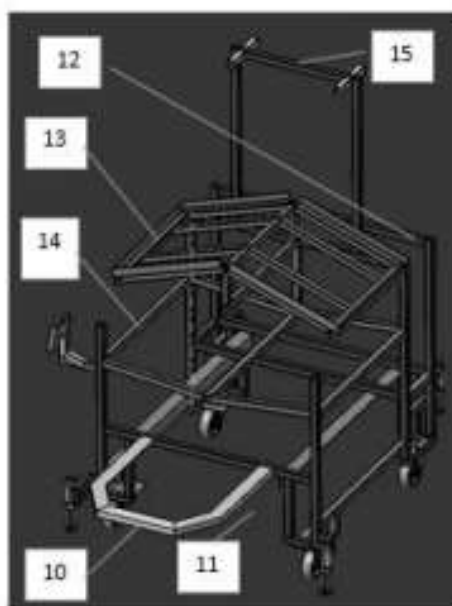


*Рисунок 1. Тележка для транспортировки деталей*



*Рисунок 2. Ось*

Рисунок А.5 – Статья



**Рисунок 3. Технологическое транспортное средство с устройством для удлинения пространства**

Конструкция тележки на рисунках 1 – 3, состоящая из профильной трубы – 1, опорной плиты – 2, ходового колеса – 3, профильного уголка – 4, оси – 5, упора – 6, подшипника – 7, круглой трубы – 8, гайки – 9, устройства для удлинения пространства – 10.

Профильная труба 1 имеет прямоугольную форму размером 25x28 мм и изготовлена из стали 20 ГОСТ 1050-2013. Она является корпусом всей тележки. Опорные плиты 2 имеют прямоугольную форму с четырьмя отверстиями под болты, приваренные к корпусу 1. Ходовые колеса 3 установлены симметрично с четырех сторон нижних опорных плит и закреплены болтами, гайками, шайбами.

Профильные уголки 4 размером 30x30 мм приварены к корпусу 1 и расположены под углом для удержания ящиков с деталями на высоте. Профильные уголки 4 размером 50x50 мм служат опорой для AGV с рамой.

На оси 5 ГОСТ 9650-80 установлен подшипник 7 ГОСТ 8338-75. Ось 5 вкручивается в круглую трубу 8, приваренную к профильной трубе 1. Для удержания оси 5 с подшипником 7 на согласованной высоте используются гайки 9, навинченные на ось 5 и неподвижно закрепленные по краям круглой трубы 8.

Упор 6, который может иметь вид пластины находится сбоку тележки. Он приварен к профильной трубе 1 под углом на согласованной высоте от пола.



Устройство расширения пространства (10), имеющее П-образную форму, состоящую из профильных уголков (4), которые приварены к профильной трубе (1) на передней стороне тележки.

Тележка на рисунке 3 имеет 5 секций с различными функциями. Секция 11 служит для въезда, фиксации AGV с тележкой и перемещения с одного места на другое. Секции 12 – 15 служат для размещения ящиков с деталями, опирающимися на профильную трубу 1 и уголки 4. Секция 12 является ограничительной стойкой для фиксации ящика под стекло двери.

Технологическое транспортное средство имеет ряд характеристик.

Тележка имеет возможность стыковаться и перемещаться вместе с AGV к месту сбора дверей [1-7]. Она не является продолжением самого AGV [5-7] и не имеет возможности поднимать конструкцию [7]. Тележка оснащена пустым пространством 11 (см. рис.3) с ограничительными барьерами, такими как профильные трубы 1 и уголки 4, которые позволяют закрепить AGV с рамой в тележке и удерживать его при фиксации, повороте или перемещении по неровной поверхности для недопущения повреждения тележки.

Спереди и сзади имеются оси 5 для координации и поддержки тележки во время движения по рельсам или по направляющим вместе с несущей подвеской конвейера. Ось 5 соединена с подшипником 7, ввинченным в круглую трубу 8, которая приварена к тележке и закреплена на согласованной высоте гайкой 9.

Сбоку тележки устанавливается упор 6, приваренный к профильной трубе 1 под углом на согласованной высоте, выполненный в виде пластины, которая служит стыком с несущей подвеской конвейера и перемещает тележку вдоль сборочной линии, а оси (5) поддерживают тележку во время движения.

В задней части тележки имеется одно симметричное ограничение 12 [6], [8-9], состоящее из профильных труб 1, расположенных симметрично по боковым сторонам и служащих для удержания стекла, помещенного в коробку во время транспортировки.

Впереди расположено устройство расширения пространства 10 [10], которое имеет упрощенную П-образную форму и состоит из профильных уголков 4, которые приварены к профильной трубе 1. Оно служит для расширения пространства и поддержания расстояния между другими тележками при движении на AGV с рамой и при стыковке с опорным подвесом конвейера (см. рис. 4-5).



*Рисунок 4. Транспортировка на AGV с рамой*



А)



Б)

*Рисунок 5. Стыковка и передвижение тележки с грузонесущей подвеской конвейера: А) сверху, Б) снизу*

**Список литературы:**

1. Автоматически управляемая тележка [Электронный ресурс]. 2007 – 2021. URL: <http://agvrobot.ru/chtotakoeagv.html> (Дата обращения 20.02.2021).
2. Rundong Yan, Lisa Jackson, Sarah Dunnett. Исследование для дальнейшего изучения преимуществ использования многогрузовых автоматизированных управляемых транспортных средств. Факультет авиационной и автомобильной техники, Университет Лафборо, Лафборо, Лестершир, LE11 3TU, Великобритания. Авторы. Опубликовано Elsevier Ltd от имени Общества инженеров-технологов. 2020, 0278-6125.
3. Hao Hu, Xiaoliang Jia, Qixuan He, Shifeng Fu, Kuo Liu. Планирование AGVs в реальном времени на основе глубокого обучения с подкреплением и смешанными правилами для гибкого цеха в индустрии 4.0. 2020, 0360-8352.
4. Тоня Хайнеманн, Оливер Ридель, Армин Лехлер. Генерация гладких траекторий при локальном планировании пути для автоматизированных управляемых транспортных средств в производстве. ISW Университет Штутгарта, Зайденштрассе 36, 70174 Штутгарт, Германия. 2019, 2351-9789.
5. O.J. Oyejide, M.O. Okwu, L.K. Taribu, O.I. Oiyode. Разработка управляемой датчиками комбинированной тележки. Опубликовано Elsevier B.V. 2020, 2212-8271.
6. Шаньдунский транс-профессиональный колледж. Инструмент для транспортировки автомобильного стекла на основе тележки с автоматизированным управлением (AGV). Патент № CN202010184632 20200317, МПК В62D63/02, В65G49/06; Опубл. 2020.04.24
7. Suzhou noopsyche intelligent tech co ltd. Ультратонкая тележка AGV с подъемной конструкцией. Патент № CN202021784714U 20200824, МПК В66F7/14, В66F7/28; Опубл. 2021.05.25.
8. Suzhou quanri storage logistics equipment co ltd. Логистическая тележка. Патент № CN201610977404 20161108, МПК В62В3/00; Опубл. 2018.05.25.
9. Wuhan wuyao safety glass co ltd. Тележка для транспортировки образцов стекла. Патент № CN201922465984U 20191231, МПК В62В3/00, В62В3/04, В65G49/06; Опубл. 2020.12.29.
10. Dongfeng automobile co ltd. Устройство удлинения пространства технической тележки. Патент № CN201020686216U 20101229, МПК В05С21/00, В60D1/14, В60D1/167; Опубл. 2011.09.

Рисунок А.9 – Список литературы