

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Проектирование и эксплуатация автомобилей»

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и автомобильный сервис

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Разработка роботизированного участка складского помещения
станции технического обслуживания для хранения ячеек тяговых батарей электромобилей
различной ёмкости

Обучающийся

А.А. Потапов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

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

Тольятти 2022

Аннотация

Бакалаврская работа посвящена теме «Разработка роботизированного участка складского помещения станции технического обслуживания для хранения ячеек тяговых батарей электромобилей различной ёмкости»

Работа включает в себя симуляционную модель роботизированного участка складирования, включающую промышленного робота с линейной осью расширения; металлоконструкцию стеллажа хранения на 60 ячеек тяговых батарей; оборудование для транспортировки ячеек; расчёт прижимного усилия пневматических зажимов транспортирующего устройства; программирование траектории движения промышленного робота; концепт безопасности роботизированного участка.

Бакалаврская работа включает в себе 51 страницу, рисунков - 29.

Содержание

Введение.....	4
1 Стартовые данные	9
1.1 Обзор ячейки тяговой батареи	9
1.2 Последовательность выполнения операций.....	13
1.3 Линейная система промышленного робота.....	14
2 Разработка транспортирующего устройства	20
2.1 Расчёт усилия прижима пневматических зажимов	20
2.2 Разработка и проектирование транспортирующего устройства	22
2.3 Расчёт осевой нагрузки промышленного робота.....	27
3 Разработка стеллажа хранения ячеек тяговых батарей.....	29
4 Калибрование и обслуживание транспортирующего устройства.....	35
5 Безопасность роботизированного участка.....	39
5.1 Правила безопасности обслуживающего персонала	39
5.2 Правила безопасности промышленного робота.....	41
6 Программирование траектории движения робота.....	44
Заключение	48
Список используемых источников.....	49

Введение

Применение роботов в промышленности началось, по историческим меркам, не так давно — чуть больше, чем полвека назад, но сейчас уже мало какое производство можно представить себе без автоматических линий, без стальных манипуляторов и зорких стеклянных зрачков роботов — эти железные ребята прочно вошли в большинство производственных процессов и уходить не собираются [2].

Промышленная робототехника является одним из новых направлений автоматизации производственных процессов, начало развития, которого в нашей стране относится к последнему десятилетию. «Комплексный подход к решению технико-экономических и социальных задач, связанных с внедрением их промышленных роботов (ПР), позволил высвободить около 2000 рабочих. В процессе создания, производства и внедрения ПР приходилось сталкиваться с решением ряда сложных научно-технических проблем. Получен большой, опыт по разработке робототехнических комплексов (РТК) и организации автоматизированного производства на базе ПР. Все эти вопросы, получившие отражение в предлагаемой книге, представляют, по нашему мнению, значительный интерес как для широкого круга специалистов, конструкторов и производственников различных отраслей, которые заняты в настоящее время работой по увеличению производства и широкому применению ПР [5] во всех отраслях народного хозяйства, так и для всех специалистов, работающих в области автоматизации производственных процессов.

Современный этап научно-технической революции характеризуется комплексной автоматизацией производства на базе систем машин-автоматов. До недавних пор в основном применяли специализированные автоматы и автоматические линии, незаменимые в массовом производстве, но нерентабельные в условиях серийного и мелкосерийного производства из-за высокой стоимости, а также длительности разработки, внедрения и

переналадки их на новую продукцию. Традиционное управляемое вручную оборудование обеспечивает достаточную гибкость производства, но требует применения квалифицированного труда рабочих и имеет низкую производительность.

За последние десятилетия автоматизация основных технологических операций (формообразование и изменение физических свойств деталей) достигла такого уровня, что вспомогательные операции, связанные с транспортировкой и складированием деталей, разгрузкой и загрузкой технологического оборудования, выполняемых вручную либо с помощью существующих средств механизации и автоматизации, являются тормозом как в повышении производительности труда, так и в дальнейшем совершенствовании технологии [6]. Обычными методами с помощью существующих технических средств невозможно автоматизировать сборочные, сварочные, окрасочные и многие другие операции. Все это привело к острым противоречиям между совершенством промышленной техники и характером труда при ее использовании, потребностью в трудовых ресурсах и их фактическим наличием, требованиями интенсификации производственных процессов и ограниченными психофизиологическими возможностями человека. Эти причины социального, экономического и технического характера, ставшие основными сдерживающими факторами в развитии производства и дальнейшем повышении производительности труда, а также современные достижения в создании орудий производства, вычислительной техники и электроники привели к бурному развитию робототехники - отрасли, создавшей и производящей новую разновидность автоматических машин - промышленные роботы» [1]. По замыслу разработчиков эти машины предназначены для замены человека на опасных для здоровья, физически тяжелых и утомительно однообразных ручных работах. Свое название они получили благодаря реализованной в них идеи моделирования двигательных, управляющих и, в некоторой степени, приспособительных функций рабочих, занятых на повторяющихся трудовых

операциях по разгрузке-загрузке технологического оборудования, управлению работой этого оборудования, межоперационному перемещению и складированию деталей, а также на различных сборочных, сварочных, окрасочных и других операциях, выполняемых с применением переносных орудий труда.

Промышленные роботы (ПР) оказались тем недостающим звеном, появление которого позволило решать задачи комплексной автоматизации на более высоком уровне, объединяя средства производства предприятия в единый автоматизированный комплекс.

Цель работы является разработка роботизированного участка хранения ячеек тяговых батарей различной ёмкости для электромобилей. Объектом является тяговая батарея автомобиля, представляющий собой прямоугольный ящик, весом до 300кг. Количество мест для хранения ячеек тяговых батарей составляет 60. На рассматриваемом участке хранения предусмотрены следующие технологические операции: съём ячейки тяговой батареи с транспортировочного конвейера, определение свободной места загрузки, установка ячейки тяговой батареи в свободную ячейку.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

- Оценка стартовых данных участка хранения
- Определение необходимого оборудования и проработка плоского макета расположения оборудования для построения технологического процесса (основного и вспомогательного)
- Конструирование основного оборудования для технологических операций
- Анализ сконструированного оборудования для расчёта нагрузочных характеристик на оси промышленного робота
- Определение местоположения основного и вспомогательного оборудования в пространстве сборочного участка

- Создание траекторий движения промышленного робота и его программирование

- Формирование зон безопасности путём программирования контроллера безопасности для промышленных роботов

Предметом исследования является виртуальная модель участка хранения тяговых батарей.

Применяемый метод исследования – компьютерное моделирование в системах автоматизированного проектирования.

Основные положения, выносимые на защиту:

- Одностороннее захватное устройство для транспортировки батареи;
- Металлический пятиэтажный стеллаж для хранения ячеек тяговых батарей;

- Пространственное положение оборудования для организации циклической работы участка хранения;

- Концепт безопасности, обеспечивающий защиту обслуживающего персонала в процессе работы сборочного участка;

- Параметры программирования и траектории движения промышленного робота.

Научной новизной работы являются устройства, спроектированные для проведения технологических операций в рамках заданной автодетали, их взаимное расположение и безаварийное взаимодействие в ходе выполнения технологических операций.

Практическая значимость проекта заключается в возможности применения полученных цифровых данных в виде компьютерной модели участка хранения батарей для организации складского помещения. Использование координат расположения оборудования относительно цехового начала координат позволит расположить оборудование в пределах досягаемости промышленного робота и сформировать непрерывную циклическую работу участка; изготовление оборудования по спроектированным компьютерным моделям гарантирует безаварийную

совместимость взаимодействующих устройств, а также избавит подвижные единицы оборудования от повреждений в результате взаимодействия; применяемое программное обеспечение позволяет симулировать движения промышленного робота и подготовить программные данные для реализации движения промышленного робота, это позволяет исключить программирование движений промышленных роботов на производстве, что значительно снижает экономические затраты на реализацию проекта; разработка системы безопасности позволяет исключить несчастные случаи на производстве, что также снижает экономическую нагрузку.

1 Стартовые данные

Исходные данные для проектирования включают в себя общее описание процесса транспортирования и хранения, последовательность необходимых манипуляций с графическим представлением основных элементов.

1.1 Обзор ячейки тяговой батареи

Ячейка тяговой батареи представляет собой прямоугольный блок, оснащённый специальными контактами для подключения. На рисунке 1 представлен внешний вид ячейки:

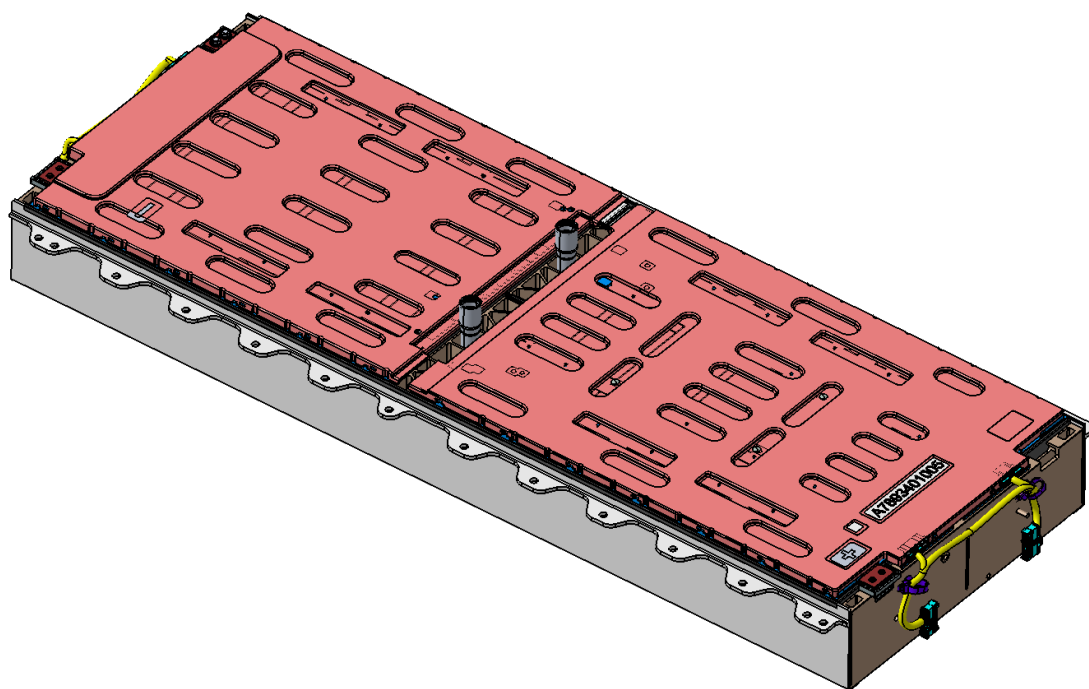


Рисунок 1 – Внешний вид ячейки аккумуляторной батареи

Рабочий размер ячейки составляет 1022x371x112мм, по бокам имеются специальные уступы с монтажными отверстиями. Специальные уступы служат не только для монтажа ячейки в кузов электромобиля, но и для транспортировки и хранения ячейки на складе. Поскольку тяговая батарея

состоит из набора опасных химических элементов, вырабатывающих электрический заряд, соответственно условия для транспортировки и хранения батареи имеют ряд ограничений и особенностей:

- нельзя прилагать физическое воздействие на верхнюю и нижнюю плоскость ячейки;

- нельзя использовать верхнюю и нижнюю плоскость ячейки для транспортировки и хранения;

Таким образом, специальные уступы, находящиеся по бокам ячейки тяговой батареи являются единственным опорным элементом, который можно использовать в процессе транспортировки и хранения. Данный факт лежит в основе проектирования и разработки металлоконструкции стеллажа для хранения ячеек, а также учитывается при проектировании транспортирующего устройства промышленного робота.

При сборке электромобиля на производстве, в зависимости от комплектации варьируется ёмкость тяговой батареи, которая зависит от количества установленных ячеек, представленных на рисунке 1. Средний вес ячейки тяговой батареи составляет 300кг. Высокий вес ячейки предполагает, что для её транспортировки необходимо будет использование тяжёлых промышленных роботов с грузоподъёмностью не ниже 420кг.

Для того, чтобы не нарушить герметичность корпуса, содержащего химический состав тяговой батареи, транспортирующее устройство промышленного робота должно содержать пневматический зажим бокового крепления. Поскольку ячейка представляет собой прямоугольный ящик, то для центрирования его положения можно использовать опоры транспортирующего устройства промышленного робота [1, 10]. Отслеживание наличия ячейки в транспортирующем устройстве осуществляется посредством установленных индуктивных датчиков, срабатывающих на малом расстоянии 3-5мм.

На первом этапе было определено количество и места прижима ячейки тяговой батареи, рисунок 2. С учётом длины ячейки, которая составляет

1022мм весом 300кг, необходимо не менее шести точек фиксации для транспортирующего устройства и столько же для стеллажа хранения.

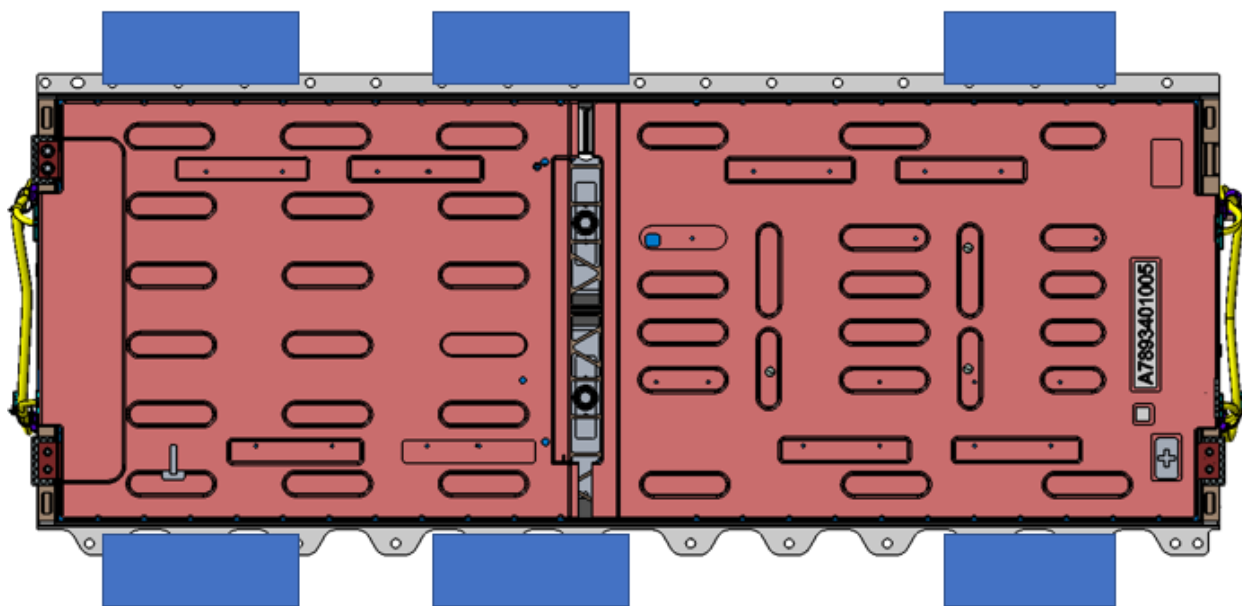


Рисунок 2 – Места прижима ячейки

Из рисунка 2 видно, что области фиксации транспортирующим устройством необходимо оптимизировать для того, чтобы расположить опоры стеллажа для хранения. Определение точек прижима было проведено на основании технологического процесса и занимаемой этим процессом области ячейки тяговой батареи [16, 20].

Соответственно для выравнивания ячейки необходимо с торца предусмотреть направляющие, которые исключать смещение ячейки в продольном направлении. В то время как пневматические параллельные зажимы исключают смещение ячейки в поперечном направлении.

На случай выхода из строя магистрали сжатого воздуха или повреждении шланга на транспортировочном устройстве может произойти размыкание пневматических зажимов и ячейка батареи может упасть. Для предотвращения подобного развития событий необходимо также

предусмотреть механические стопоры пневматических зажимов в закрытом положении.

На склад хранения могут поступать ячейки тяговой батареи электромобиля двух типов: малая и большая. В связи с этим необходимо также предусмотреть возможность продольной фиксации малой ячейки батареи на транспортировочном устройстве промышленного робота. На рисунке 3 представлена малая ячейка тяговой батареи:

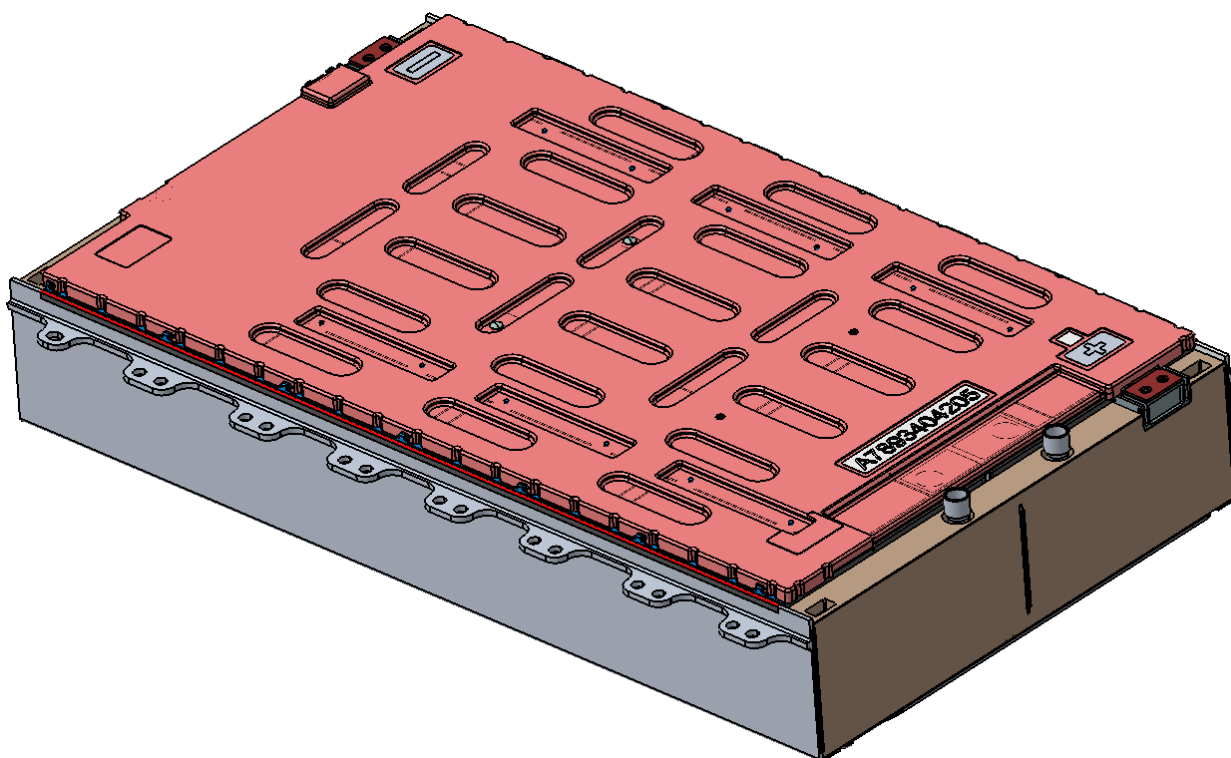


Рисунок 3 – Малая ячейка тяговой батареи электромобиля

Отличие малой ячейки от большой заключается в длине и составляет 642мм весом 195кг, остальные размеры идентичны большой ячейке.

1.2 Последовательность выполнения операций

Можно выделить следующие этапы [2] транспортировки ячеек:

а) для случая поступления ячейки на хранение:

1) ячейка тяговой батареи поступает по конвейерной ленте на участок хранения;

2) блок управления сообщает промышленному роботу о наличие ячейки в зоне загрузки;

3) промышленный робот перемещается в зону загрузки ячейки, после чего фиксирует ячейку в транспортирующем устройстве;

4) блок управления проверяет наличие свободных ячеек в зоне хранения и сообщает промышленному роботу куда можно поставить ячейку;

5) промышленный робот перемещается к области разгрузки ячейки и устанавливает её на место хранения;

б) для случая необходимости изъятия ячейки из зоны хранения:

1) получение блоком управления сигнала о необходимости изъятия ячейки из зоны хранения;

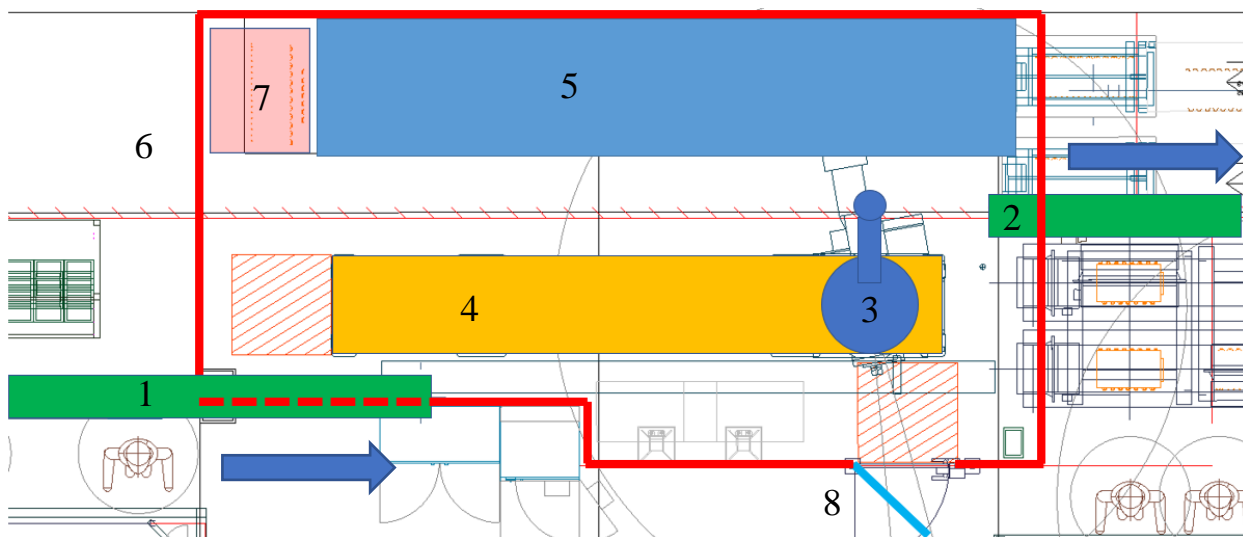
2) блок управления определяет место хранения ячейки, удовлетворяющая условиям запроса;

3) блок управления сообщает роботу место положения ячейки;

4) робот перемещается в область хранения ячеек и фиксирует в транспортирующем устройстве ячейку батареи;

5) робот перемещается в зону отгрузки ячеек и устанавливает ячейку на ленточный конвейер;

На рисунке 4 представлена схема расположения оборудования:



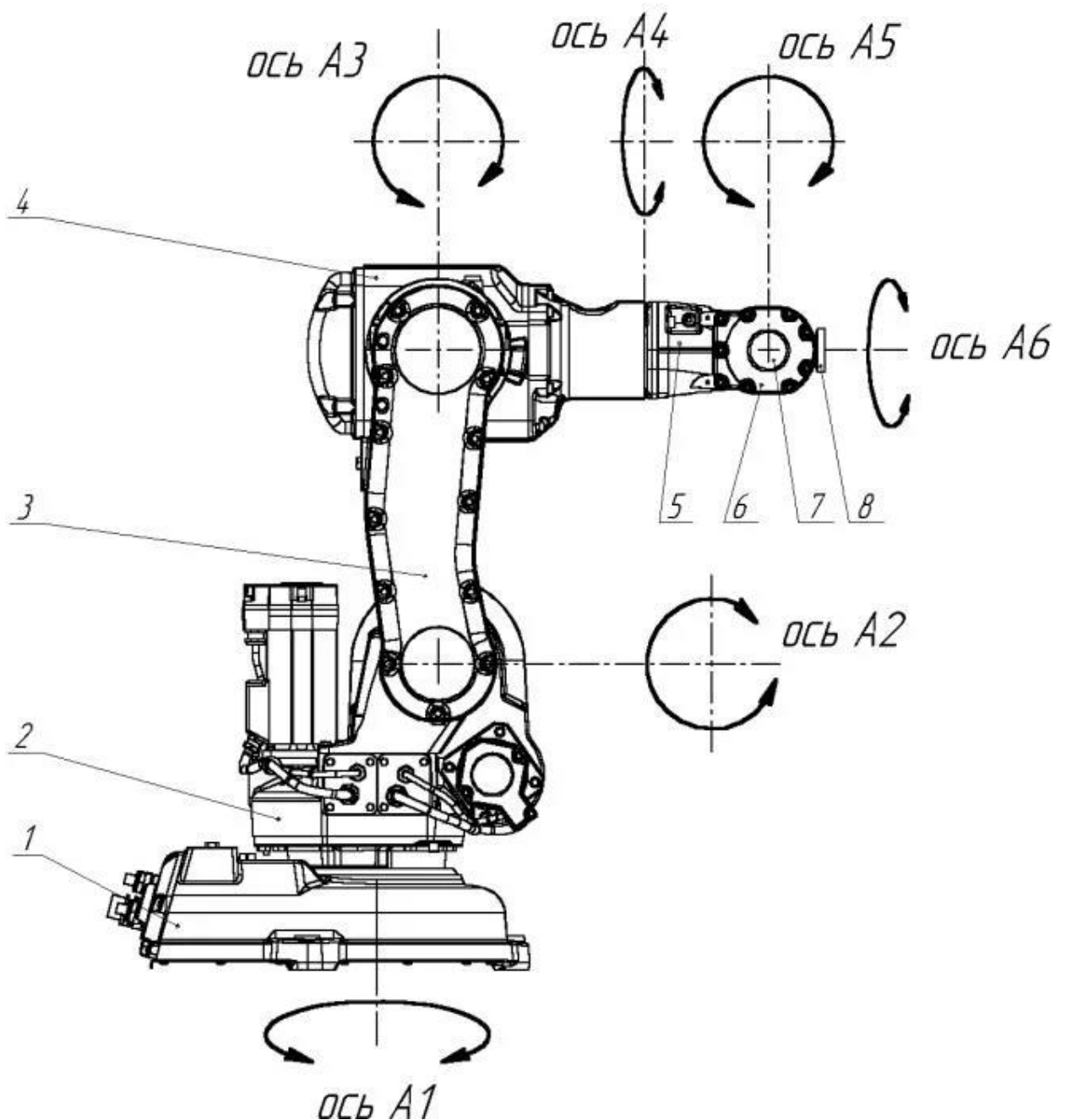
1, 2 – Ленточный конвейер; 3 – Промышленный робот с транспортирующим устройством; 4 – Линейная ось перемещения для промышленного робота; 5 – Стеллаж для хранения ячеек; 6 – Защитное ограждение; 7 – Зона для обслуживания стеллажа хранения ячеек; 8 – входная дверь для обслуживающего персонала

Рисунок 4 – Схема расположения оборудования:

По конвейерной ленте 1 ячейка тяговой батареи поступает в область хранения, где её забирает робот 3. Перемещаясь по линейной оси [3] робот подъезжает к свободной области стеллажа хранения и загружает ячейку. Если требуется выгрузить ячейку, то робот забирает требуемую ячейку батареи со стеллажа и устанавливает её на конвейере 2.

1.3 Линейная система промышленного робота

Промышленный робот фирмы KUKA Robotics обладает 6-ю степенями свободы [7], рисунок 5. Однако, поскольку робот стационарный и не имеет возможности перемещаться в пространстве относительно базы, его применение ограничено.

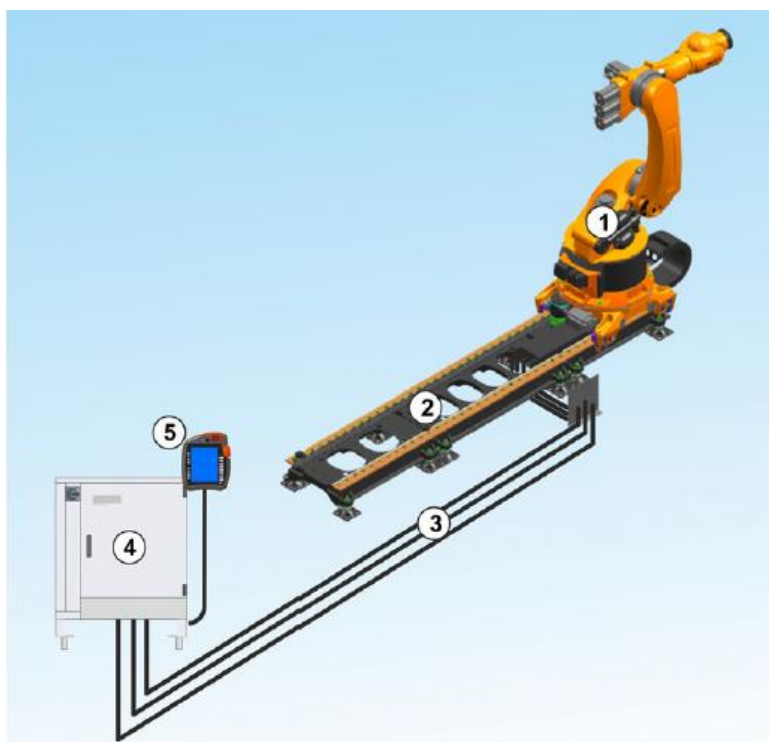


1 – Основание промышленного робота; 2 – Первая ось вращения; 3 – Вторая ось вращения; 4 – Третья ось вращения; 5 – Четвёртая ось вращения; 6 – Опора пятой оси вращения; 7 – Пятая ось вращения; 8 – Шестая ось вращения (Фланец робота)

Рисунок 5 – Оси вращения промышленного робота:

Для обеспечения достижимости промышленного робота и обеспечения своевременного подхода к требуемому оборудованию, промышленный робот был оснащён расширением в виде дополнительной оси движения [9, 15].

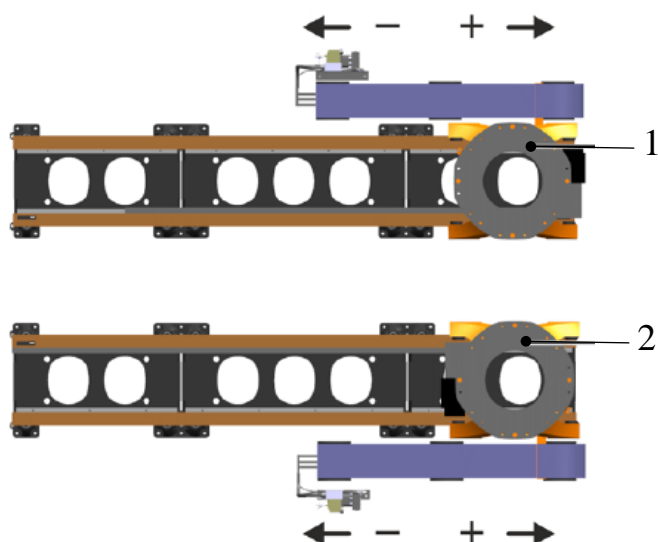
Дополнительная ось представляет собой линейную систему, рисунок 6, включающую рельсу, каретку, на которую монтируется промышленный робот, соединительные кабели, программное обеспечение, блок управления. По сигналу от контроллера, робот перемещается вдоль направляющей рельсы на заданное расстояние.



1 – Промышленный робот; 2 – Секции линейной оси; 3 – Соединительные кабели;
4 – Контроллер управления; 5 – Пульт программирования и управления;

Рисунок 6 – Линейная система промышленного робота:

В зависимости от необходимости предусмотрено несколько вариантов расположения кабель-каналов линейной оси: стандартное расположение и зеркальное расположение, рисунок 7.



- 1 – Зеркальное расположение кабель-канала
- 2 – Стандартное расположение кабель-канала

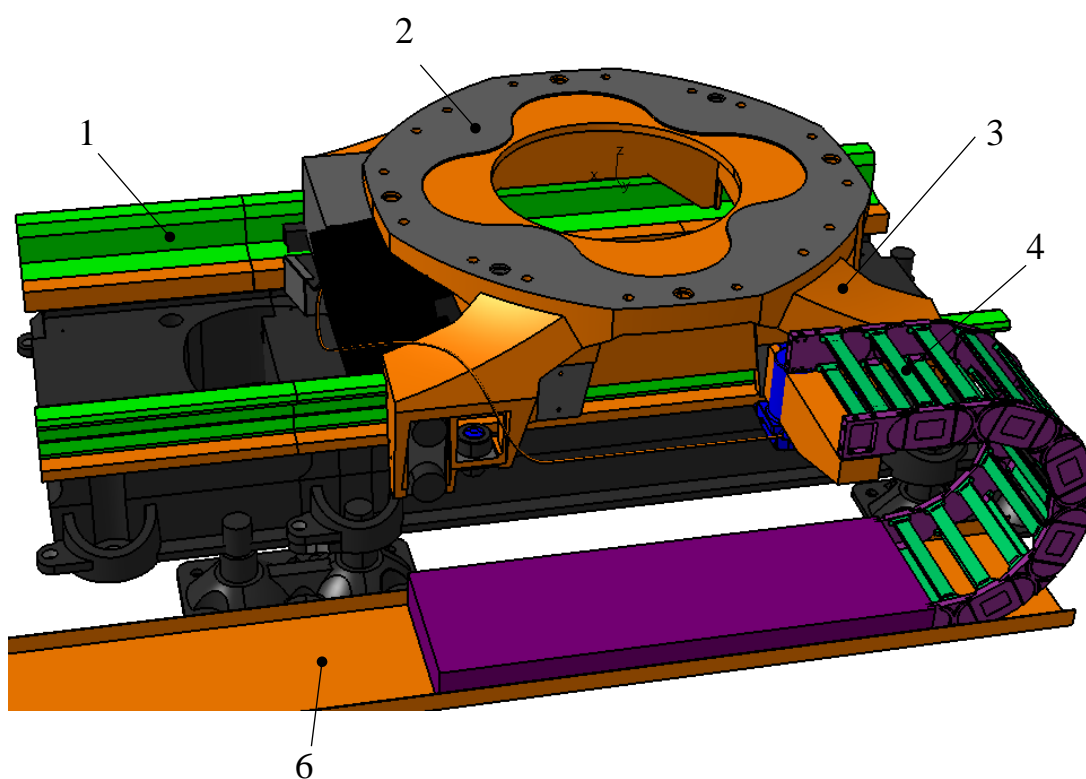
Рисунок 7 – Расположение кабель-каналов линейной оси

Длина линейной оси складывается из сегментов длиной 1,5м и 2м, которые соединяются между собой. Монтаж линейной оси осуществляется на пол, либо на специально подготовленную поверхность [5, 10, 13]. Робот крепится к каретке, для этого предусмотрена специальная монтажная поверхность, рассверленные отверстия позволяют установить как маленькие, так и большие роботы, а также предусмотрен монтаж консоли для увеличения высоты промышленного робота. Для центрирования используются два штифта. Привод расположен сбоку под кареткой. Система энергоснабжения крепится к каретке через привод [5, 13]. Каретка движется по гусеницам на четырех группах роликов. Диапазон движения каретки ограничивается программными концевыми выключателями. Если превышен допустимый ход, упор на конце балки останавливает перемещение каретки [5].

Приводной узел состоит из серводвигателя, редуктора и крепежных элементов. Шестерня на редукторе входит в зацепление со рейкой на балке и перемещает каретку. Рейка и шестерня имеют винтовые зубья. Скорость двигателя снижается редуктором и передается шестерней на рейку. Редуктор

смазывается маслом. Кабели двигателя и управления подключаются к серводвигателю с посредством специальных разъёмов [7, 18].

Система энергоснабжения необходима для питания и управления линейной осью и роботом. Линии питания для робота и линейной оси и подача энергии и жидкости находится в кабель-канале энергоснабжения. Кабель-канал расположен в боковой системе направляющих и крепится к каретке через привод, таким образом, движется вместе с ней. Другой конец кабель-канала привинчен к модулю фиксированной точки в направляющей системы [7, 17], рисунок 8.



1 – Секция линейной оси, длина 2 м; 2 – Монтажная поверхность для промышленного робота; 3 – Каретка; 4 – Кабель-канал снабжения линейной оси; 5 – Направляющая кабель-канала

Рисунок 8 – Расположение элементов линейной оси промышленного робота:

- далее представлены технические данные линейной оси KL4000:
- количество осей: 1;
- предел линейного перемещения: 400мм – 30400мм
- градация линейного перемещения: 500мм
- скорость движения каретки: 1,89м/с
- повторяемость: $\pm 0,02$ мм
- масса каретки в сборке: 51кг
- масса линейного участка: 210кг/м
- максимальная нагрузка на каретку: 4000кг
- уровень защиты: IP65
- уровень шума: <75dB
- максимально количество кареток на одну линейную ось: 4
- высота консоли, устанавливаемой на каретке: 200мм – 1000мм (шаг 200мм)
- температура эксплуатации: +5⁰С ... +45⁰С

В результате анализа исходных данных сформулированы условия, ограничения и особенности процесса транспортировки ячеек тяговых батарей электромобиля. Обозначены основные моменты проектирования транспортировочного устройства, обосновано применение линейной системы для обеспечения достижимости промышленного робота. Разработана схема расположения оборудования и рассмотрена последовательность выполнения технологических операций. Сформированы рекомендации по проектированию транспортировочного устройства

2 Разработка транспортирующего устройства

2.1 Расчёт усилия прижима пневматических зажимов

«Для определения конкретного типа зажима необходимо определить требуемую силу зажима (F). Требуемое усилие деформации было установлено опытным путём и по результатам опыта была выведена упрощённая формула силы зажима» [27, 29]:

$$F = 300 \cdot s^3, \quad (1)$$

где s – толщина листа в месте прижима.

Все зажимы с поворотным расположением рычага обеспечивают определённый крутящий момент на приводной оси. Формула 2 показывает уменьшение действующей силы зажима в зависимости от длины рычага, рисунок 9:

$$M = F_s \cdot l \rightarrow F_s = \frac{M_{max}}{l}, \quad (2)$$

где l – длина рычага;

F_s – сила зажима;

M – крутящий момент

После определения необходимой силы зажима в зависимости от положения изготовленной детали, необходимо определить момент зажима:

$$M_s = F_s \cdot l \quad (3)$$

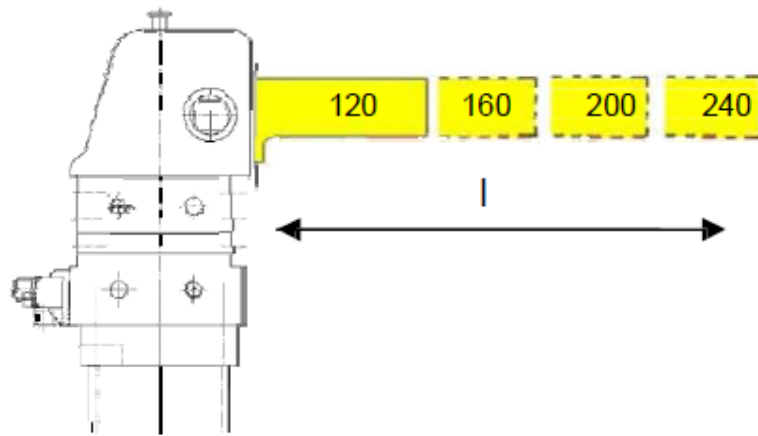


Рисунок 9 – Определение длины зажимного рычага

Для исходной автодетали места зажима имеют толщину металла 3мм.
По формуле (1) рассчитаем требуемое усилие зажима:

$$F = 300 \cdot (3)^3 = 8100\text{Н}$$

По формуле (3) определим момента зажима:

$$M_s = 8100 \cdot 150 \cdot 10^{-3} = 1215\text{Нм}$$

По причине того, что ячейка тяговой батареи обладает повышенными требованиями к условиям транспортировки, то в качестве пневматических зажимов были выбраны параллельные захваты с длинным ходом. По полученному значению определяем из каталога тип применяемого зажима с длинным ходом: PSH 52-1 (рисунок 10).



Рисунок 10 – Зажим с длинным ходом PSH 52-1

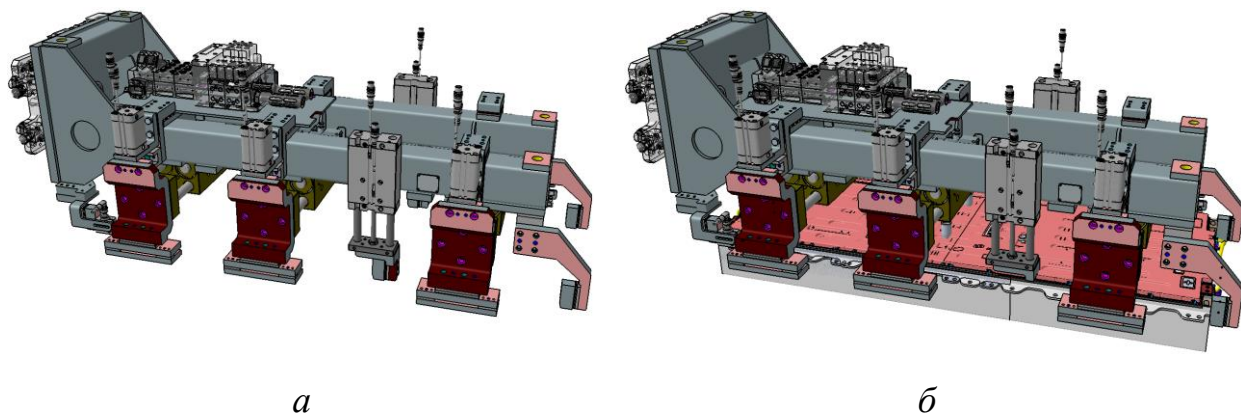
- характеристики выбранного зажимного механизма:
- ход на одну створку: 64 мм
- закрывающее усилие: 1760 Н
- сила открывания: 1760 Н
- максимальная температура окружающей среды: 90 °С.

Исходя из исходных данных и количества мест прижима ячейки, необходимо применение 3-х параллельных зажимных механизмов.

2.2 Разработка и проектирование транспортирующего устройства

Во второй главе описаны основные элементы, входящие в состав транспортирующего устройства: плата крепления к фланцу 6-й оси робота, применение параллельных захватов с длинным ходом в размере 3 штук и расположение опор позиционирования с торцов устройства [11].

На рисунке 11 представлен внешний вид проектируемого транспортирующего устройства без ячейки (а) и с ячейкой (б).



а – без ячейки; *б* – с установленной ячейкой

Рисунок 11 – Транспортирующее устройство

Как видно из рисунка 11 *б* фиксация ячейки происходит по специальной площадке с опорами. Ход поршня для одной стороны составляет 31мм, этого расстояния достаточно для того, чтобы обеспечить безколлизийный заход и выход в ячейку. По обоим сторонам устройства расположены стопоры [26], блокирующие и позиционирующие ячейку по одной оси, рисунок 12.

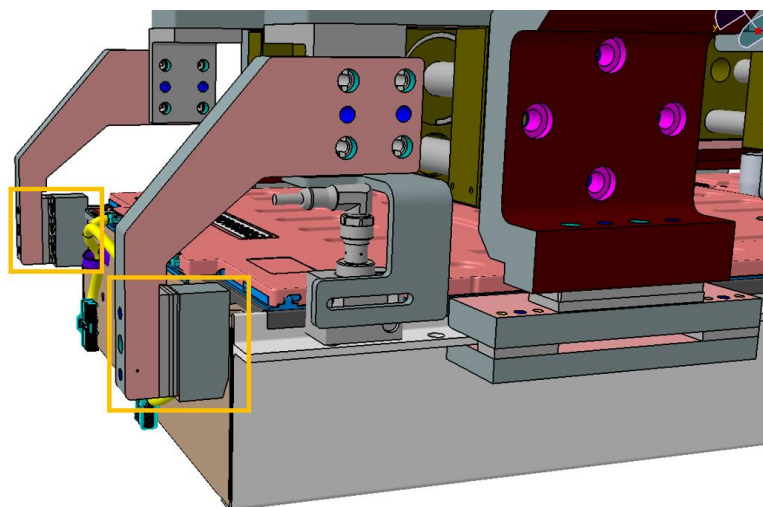
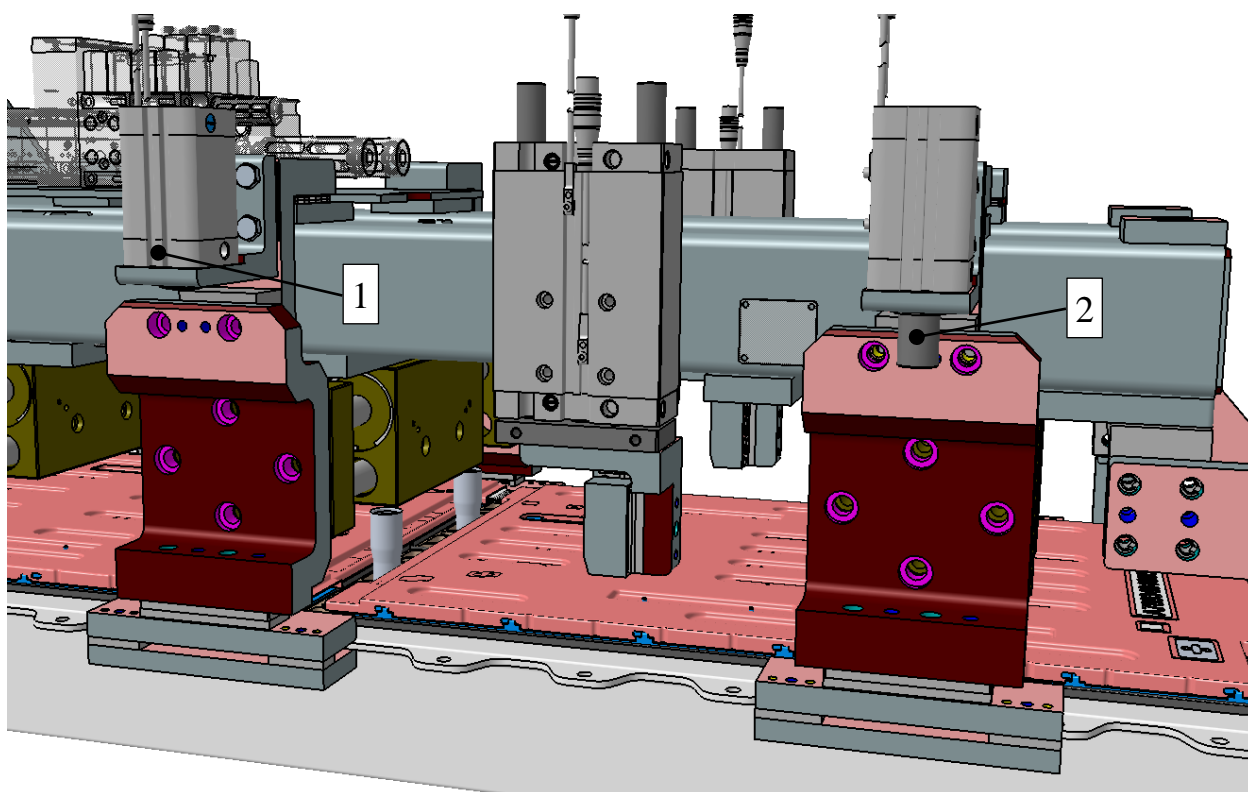


Рисунок 12 – Позиционирующие стопоры транспортирующего устройства

Устройство оснащено тремя индуктивными датчиками присутствия, по одной на каждый вид ячейки тяговой батарей и один датчик общий, дублирующий. Для фиксации закрытого положения устройства использованы фиксирующие цилиндры на случай неполадок в магистрали подачи сжатого воздуха, ход поршня составляет 25мм. На рисунке 13 показаны положения фиксирующих цилиндров в открытом (1) и закрытом (2) положениях.

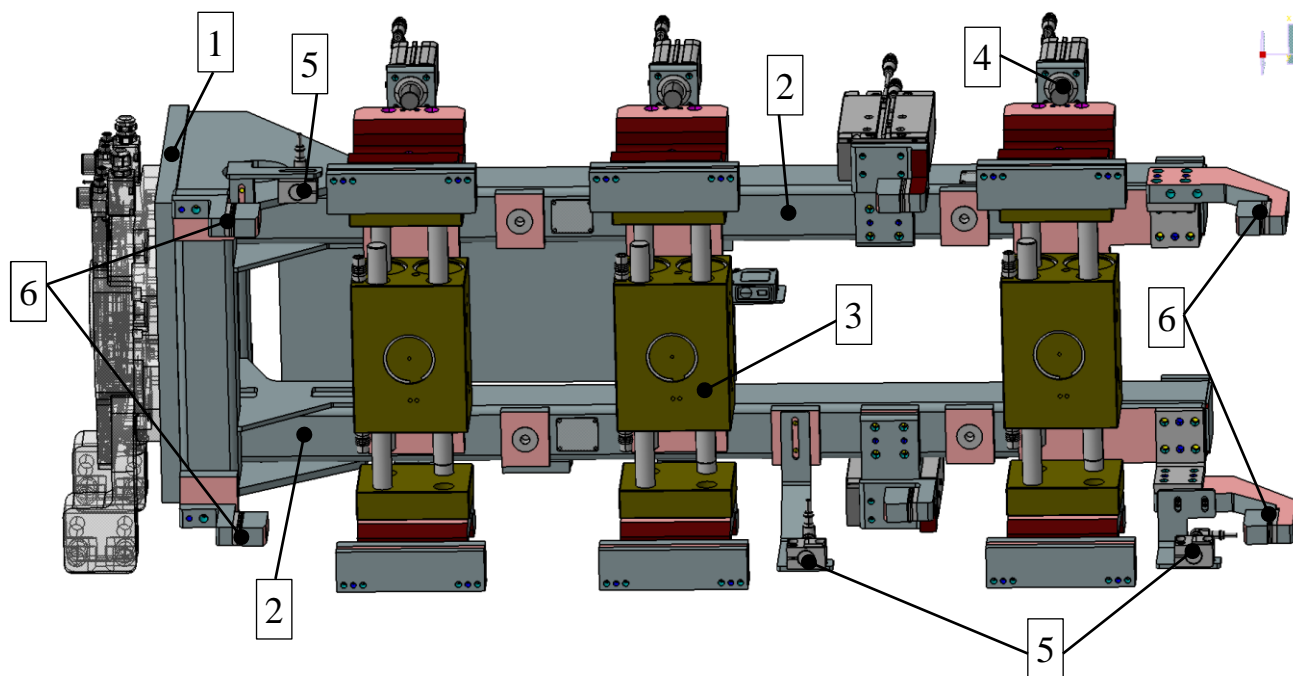


- 1 – Фиксирующий цилиндр в открытом состоянии;
- 2 – Фиксирующий цилиндр в закрытом состоянии;

Рисунок 13 – Положение фиксирующих цилиндров

К фланцу 6-й оси робота устройство крепится посредством специальной платы с приваренными рёбрами жёсткости, к которыми крепятся два металлических профиля размером 80x60мм. На металлические профили крепится оснастка и датчики [22, 28]. Крепление к несущей раме

осуществлялось посредством приварных пластин с рассверленными отверстиями для болтового соединения оснастки. На рисунке 14 представлены основные элементы транспортирующего устройства:

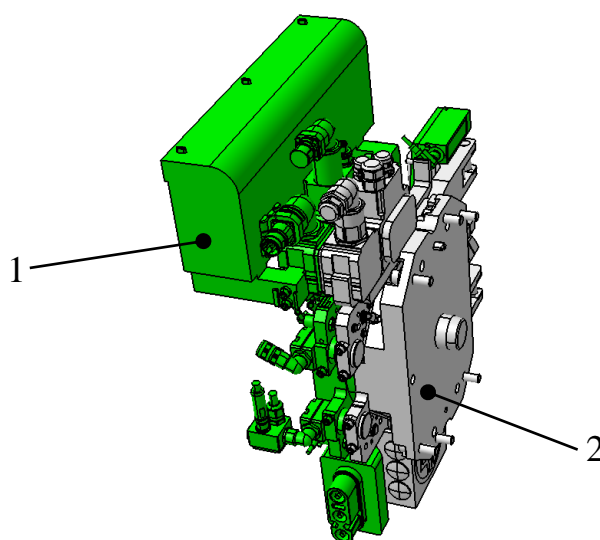


- 1 – Пластина крепления к фланцу робота; 2 – Металлический профиль 80x60мм; 3 – Параллельные пневматические зажимы 3шт.; 4 – Фиксирующие цилиндры для пневматических зажимов; 5 – Индуктивные датчики присутствия;

Рисунок 14 – Основные элементы транспортирующего устройства

Текущее применение транспортирующего устройства возможно для двух видов ячеек тяговых батарей, условно их можно разделить на большая и маленькая. Подробно они были описаны в главе 1. Данное количество и габаритные размеры ячеек не являются стабильными и с расширением производства, могут быть использованы и другие ячейки, с иными габаритными и весовыми размерами. Для того, чтобы предусмотреть подобный вариант развития событий между монтажной платой транспортирующего устройства 1 (рисунок 14) и фланцем 6-й оси робота была установлена быстросменная плата. Быстросменная плата представляет собой две половинки соединённые между собой посредством прижимных

механизмов, управление которыми осуществляется контроллером. То есть у контроллера промышленного робота есть возможность соединить и разъединить половинки [23]. Таким образом промышленный робот может без вмешательства обслуживающего персонала произвести съём инструмента и установку нового инструмента. При этом инструмент устанавливается на специальную стойку хранения, позволяющую фиксировать и позиционировать инструмент. На рисунке 15 представлен внешний вид быстросменной платы:



1 – Роботная часть;
2 – Инструментальная часть;

Рисунок 15 – Быстросменная плата

Поскольку быстросменная плата разъединяет инструмент и 6-ю ось робота, то и плата делится на две составляющие: 1 – роботная часть, которая крепится к фланцу 6-й оси робота и использует специальные зажимные механизмы для крепления с ответной частью; 2 – инструментальная часть. Инструментальная часть крепится на инструменте и не имеет никаких механизмов крепления. В рассматриваемом проекте использовалась быстросменная плата «Walther тип 91495 грузоподъемностью до 1000кг».

2.3 Расчёт осевой нагрузки промышленного робота

Определение типа промышленного робота, подходящего для выполнения требуемого технологического процесса происходило с учётом параметров транспортирующего устройства, полученных в ходе моделирования [21, 3]. На рисунке 16 представлены параметры 3-х мерной модели устройства: масса устройства составляет 54,776кг; центр масс находится по координатам: X: 12,041мм; Y: -18,297мм; Z: 514,653мм.

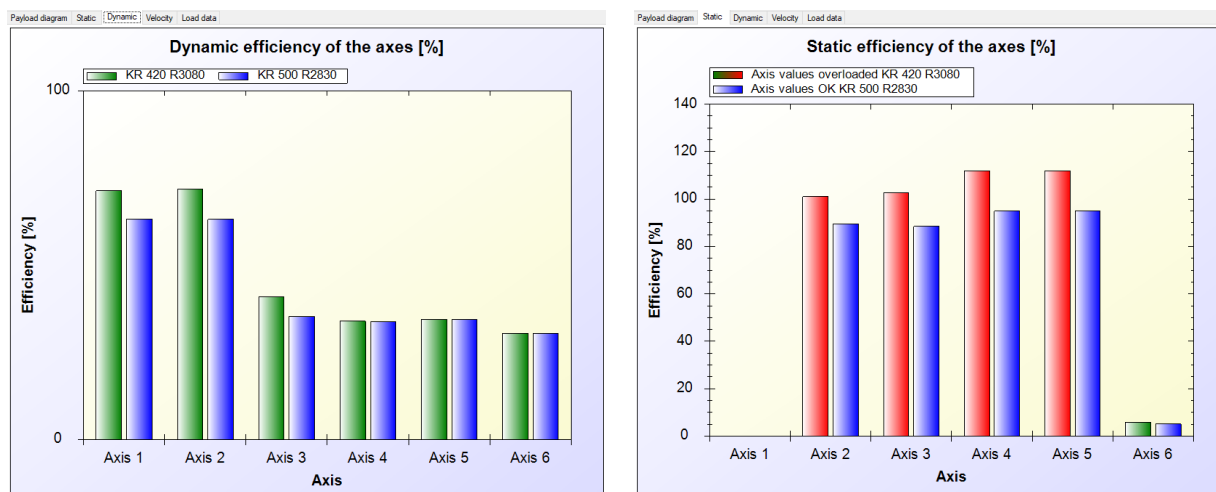
Characteristics		Center Of Gravity (G)	
Volume	0,055m ³	Gx	12,041mm
Area	7,747m ²	Gy	-18,297mm
Mass	54,776kg	Gz	514,653mm
Density	1000kg_m ³		

Inertia Matrix / G					
IxxG	5,407kgxm ²	IyyG	5,31kgxm ²	IzzG	1,505kgxm ²
IxyG	0,078kgxm ²	IxzG	-0,077kgxm ²	IyzG	-0,543kgxm ²

Principal Moments / G					
M1	1,428kgxm ²	M2	5,308kgxm ²	M3	5,485kgxm ²

Рисунок 16 – Параметры трёхмерной модели транспортирующего устройства

Для расчёта осевой нагрузки на оси промышленного робота была использовано специализированное программное обеспечение Kuka.Load v5.0. Данное программное обеспечение находится в свободном доступе на сайте производителя. С учётом веса ячейки тяговой батареи 300кг, был получен результат осевой статической и динамической нагрузки на оси промышленного робота, представленный на рисунке 17. Главным критерием подбора робота является предел осевой нагрузки не более 90%.



a

б

Рисунок 17 – Динамическая и статическая нагрузка на оси промышленного робота

Для сравнения произведён анализ двух соседних по грузоподъёмности робота: KR420 и KR500. Из рисунка 17 б видно, что в статическом режиме работы промышленный робот грузоподъёмностью 420кг не сможет выдержать нагрузки, поскольку она превысит 100%. В то время как для робота 500кг максимальная нагрузка составит 84,98%.

В результате проведения работ по проектированию и разработке транспортирующего устройства была получена конструкция, элементы сборки в соответствии с требованиями системы EGT, был проведён расчёт прижимного усилия для пневматических зажимов, проведён расчёт осевой нагрузки на оси промышленного робота и подобрана модель робота подходящей грузоподъёмности [4, 14].

3 Разработка стеллажа хранения ячеек тяговых батарей

Для удобства сборки и транспортировки металлоконструкции стеллажа на производстве, принято решение сделать сборную конструкцию, состоящую из трёх секций шириной 2200мм каждая. Глубина одной секции составляет 1160мм. Основной каркас состоит из металлического профиля размером 120x100мм, рёбра жёсткости и промежуточные профили размером 100x60мм.

На рисунке 18 представлена одна секция стеллажа хранения:

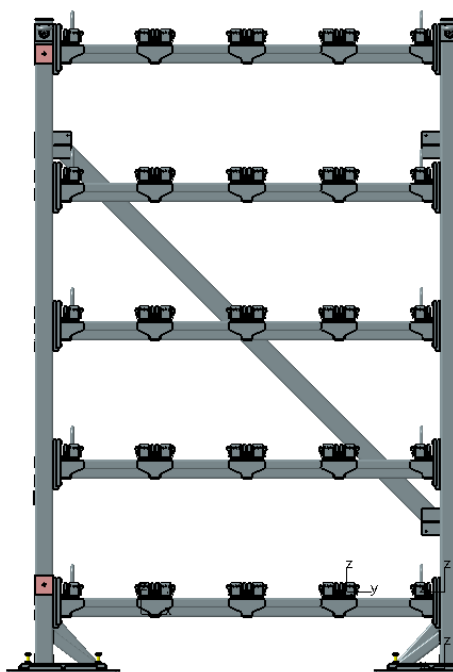
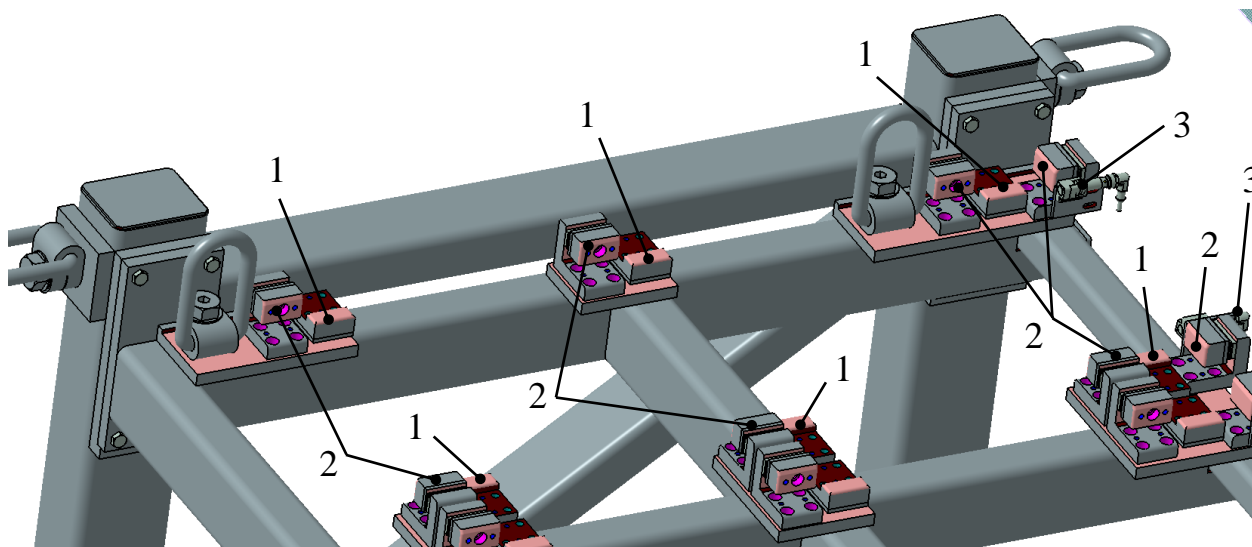


Рисунок 18 – Секция стеллажа хранения ячеек тяговых батарей

На одной полке стеллажа помещается 4 ячейки, всего 5 полок, таким образом всего одна секция может вместить 20 ячеек, расположив рядом три подобные секции со смежными металлоконструкциями получим необходимое количество мест для хранения. Каждое место хранения имеет шесть опор для поддержания и восемь упоров для позиционирования ячеек, а также два индуктивных датчика, работающих по принципу логического элемента «И»,

рисунок 19. То есть сигнал считается засчитанным, если оба датчика сработали и показали наличие ячейки в поле зрения.



1 – Опоры поддержания ячейки; 2 – Упоры позиционирования; 3 – Индуктивные датчики

Рисунок 19 – Место для хранения на стеллаже

На рисунке видно также расположение рым-болтов для транспортировки собранной рамы. После сборки и установки металлоконструкции стеллажа рым-болты выкручиваются, чтобы не мешать работе транспортировочного устройства. Оснастка в виде упоров и опор устанавливаются на сварные пластины, монтированные на металлический профиль. Сама оснастка собирается по принципу транспортирующего устройства из EGT компонентов, позволяющая по схеме сборки собрать устройство по принципу конструктора [10]. Полностью сформированная металлоконструкция стеллажа представлена на рисунке 20.

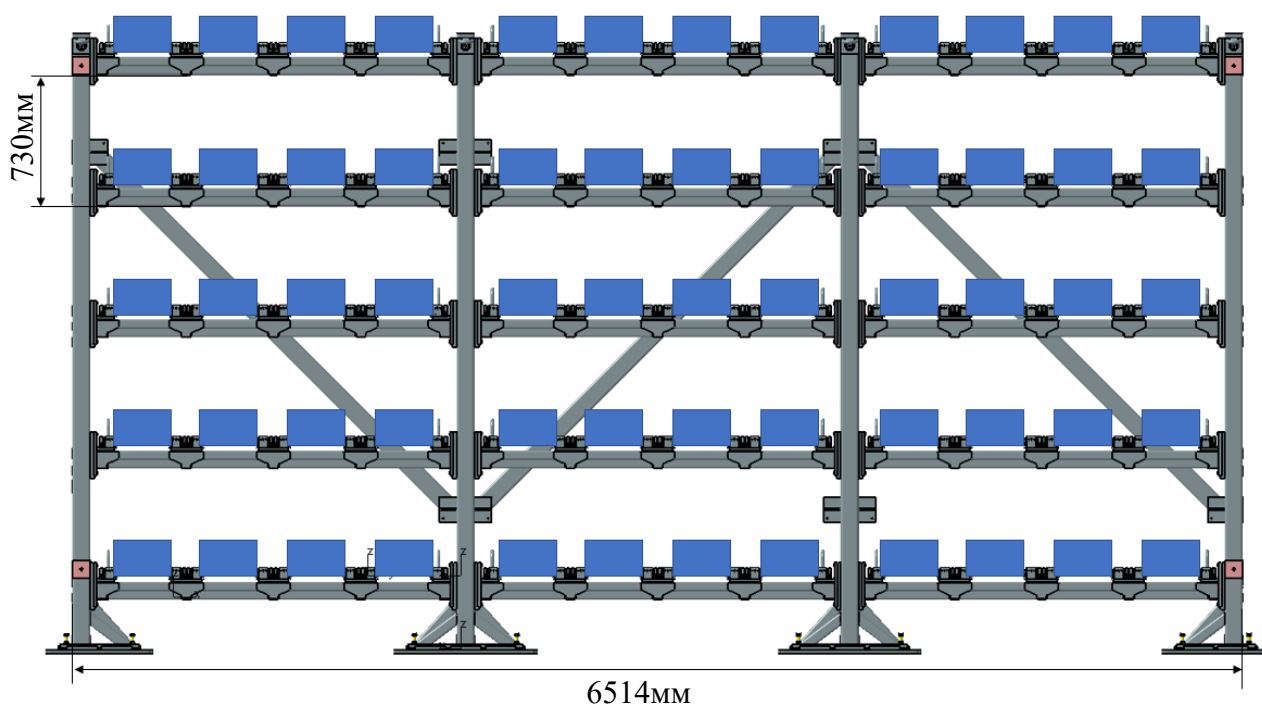


Рисунок 20 – Металлоконструкция стеллажа на 60 мест

Расчётный вес сборной конструкции составляет 707,414кг без учёта ячеек тяговых батарей. Дополнительные рёбра жёсткости введены для усиления прочности конструкции, в том числе и для крепления на пластины у основания. Для перемещения промышленного робота вдоль металлоконструкции стеллажа требуется дополнительная линейная ось длиной не менее длины стеллажа.

К фундаменту одна опора металлоконструкции крепится 8 болтами диаметром 16мм. По углам металлоконструкции расположены технологические отверстия для калибровки инструмента с применением измерительных спиц [25].

Для удобства монтажа стеллажа на производстве каждая полка всех трёх секций оснащена рым-болтами для транспортировки. Это позволит организовать сборку полок отдельно от каркаса металлоконструкции. После сбора основного каркаса устанавливаются полки. После монтажа полок рым-болты выкручиваются.

На рисунке 21 представлен стеллаж с несколькими ячейками тяговых батарей:

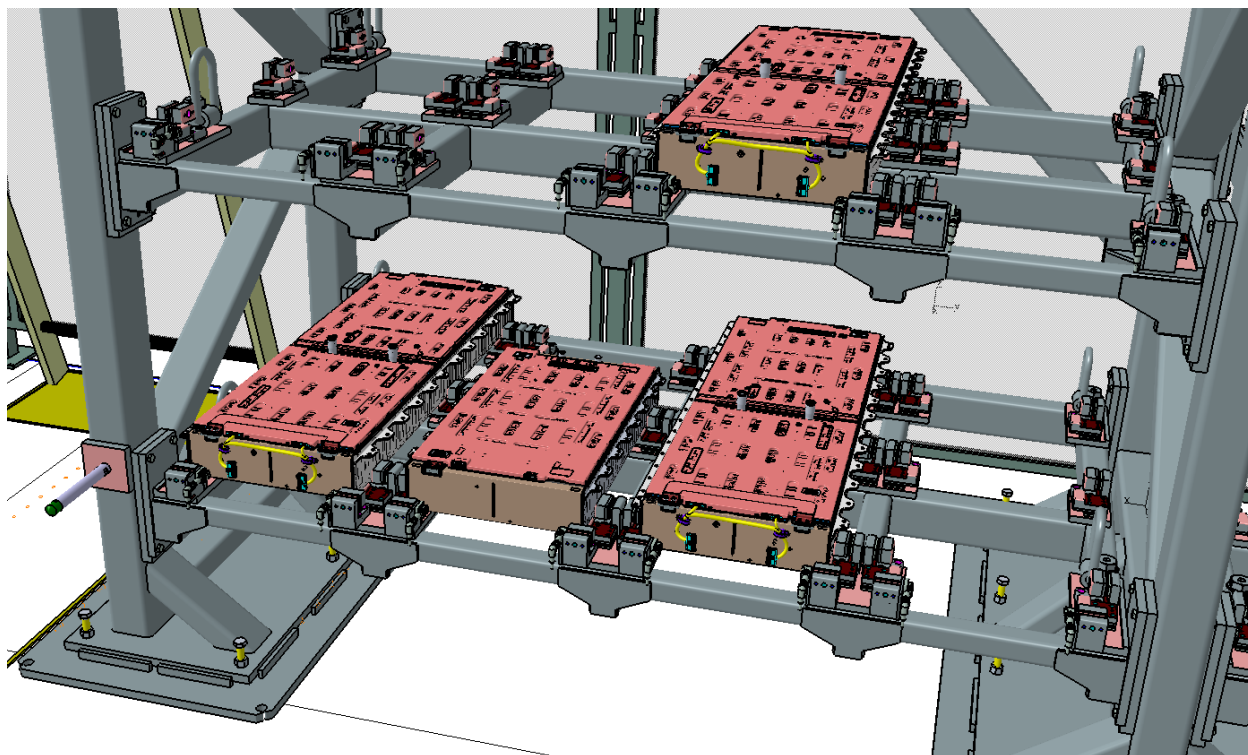


Рисунок 21 – Стеллаж хранения с установленными ячейками тяговых батарей

Ширина места хранения ячеек тяговых батарей представлена на рисунке 22 и была определена исходя из ширины батареи и минимально необходимого расстояния для ввода/вывода транспортирующего устройства в/из стеллажа хранения. Как видно из рисунка расстояние между соседними ячейками будет составлять 65мм, из них 44мм будет занимать прижимной механизм транспортирующего устройства. Таким образом будет выдержан требуемый минимальный запас между соседними единицами подвижных частей оборудования, который составляет 10мм, рисунок 22.

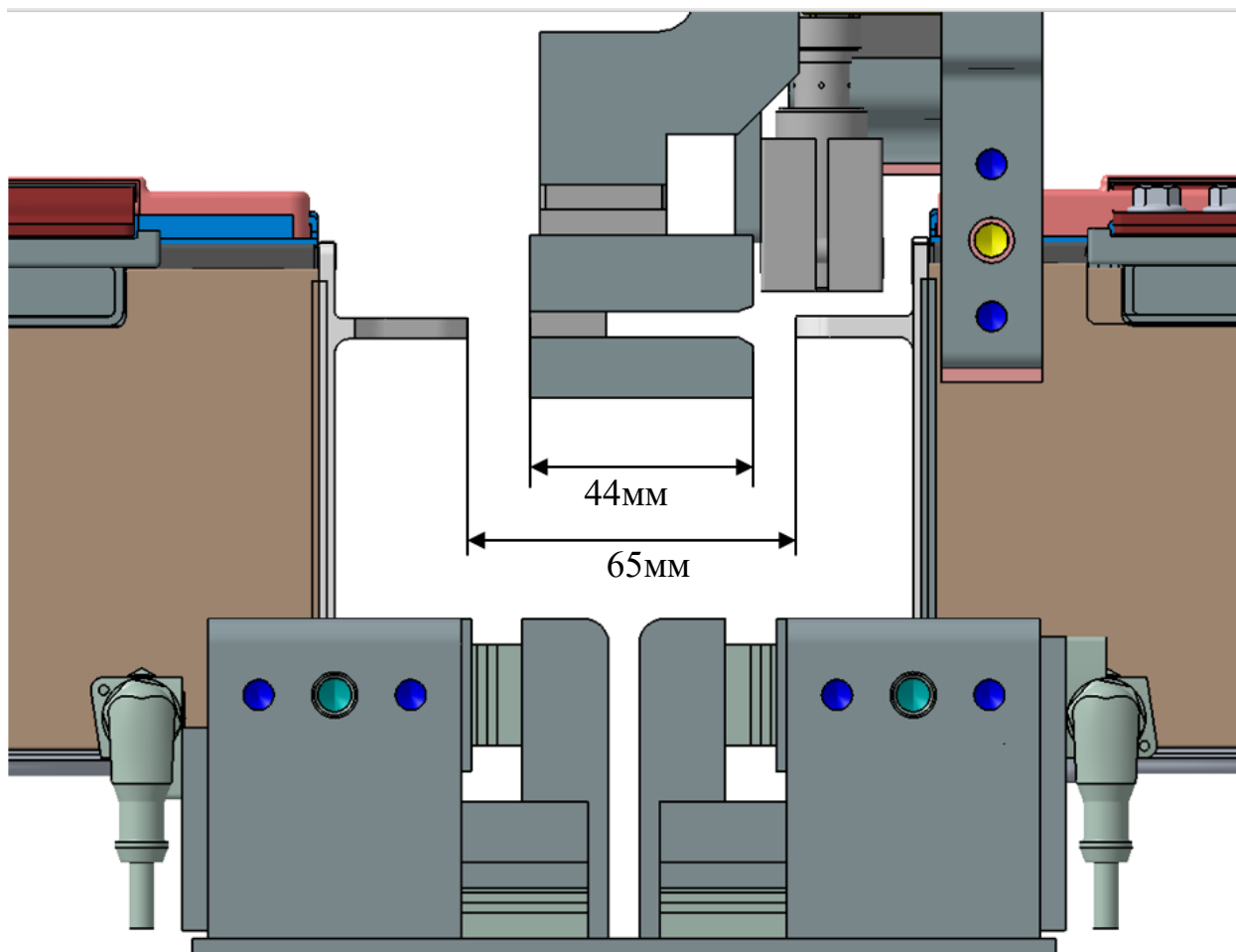


Рисунок 22 – Зазоры между соседними ячейками и транспортирующим устройством

Процесс установки ячейки тяговой батареи выглядит следующим образом:

- робот из стартового положения поворачивается и перемещается к ленточному конвейеру;
- робот позиционирует ячейку в транспортирующем устройстве и фиксирует её пневматическими параллельными зажимами;
- робот перемещается к свободной зоне хранения ячеек на высоте 65мм от уровня поддерживающих опор до основания ячейки;
- робот линейным движением заводит ячейку на позицию хранения;

- робот линейным движением опускается вниз на 65мм и устанавливает ячейку на поддерживающие опоры;
- пневматические параллельные зажимы «отпускают» ячейку;
- робот линейным движением поднимается вертикально вверх на высоту 65мм от предыдущего положения;
- робот линейным движением выходит из зоны хранения и перемещается в стартовую позицию.

Высота 65мм является достаточной для обеспечения минимальных зазоров между всеми подвижными частями устройства и стеллажа, а также это минимально расстояние необходимое для того, чтобы вывести боковые упоры позиционирования из контакта с ячейкой. На рисунке 23 представлено положение устройств в процессе установки ячейки в позицию хранения:

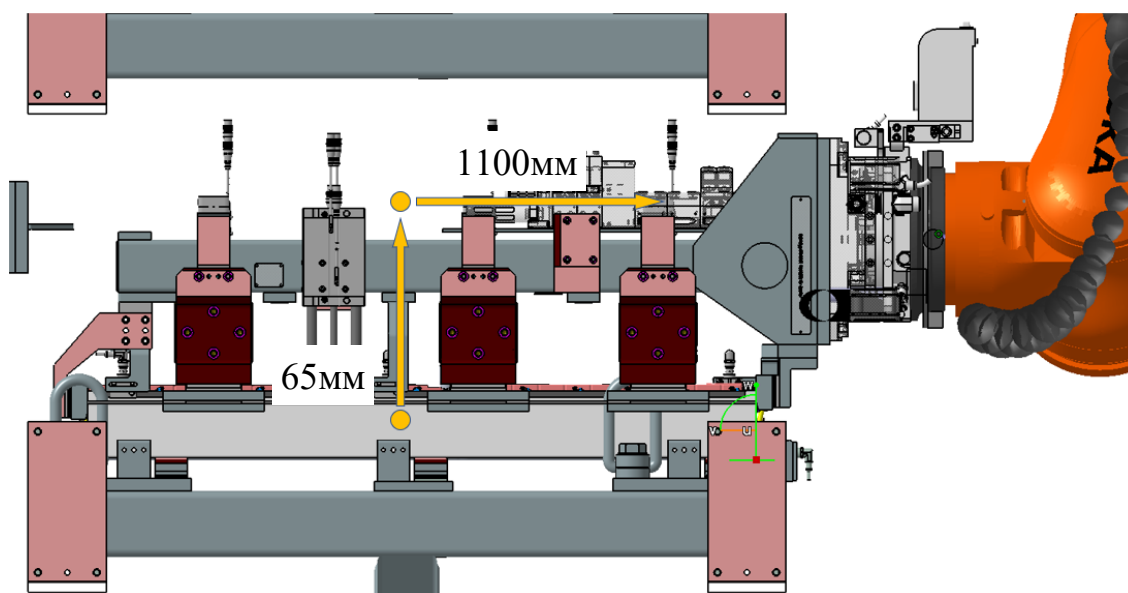


Рисунок 23 – Положение транспортирующего устройства

В результате разработки стеллажа была получена конструкция и габаритные размеры позиции хранения ячеек, траектория движения робота для установки и съёма ячеек, определены минимальные расстояния, позволяющие исключить столкновения в процессе работы.

4 Калибрование и обслуживание транспортирующего устройства

Точное позиционирование инструмента возможно только в случае, если контроллер промышленного робота обладает информацией о том, каковы габаритные размеры инструмента, правильно ли он смонтирован и не имеется ли отклонений в конструкции инструмента в следствии соударений или ненадлежащей эксплуатации [6]. Описанные проблемы решает процедура калибрования инструмента, которую необходимо проводить в зависимости от выполняемых технологических операций. При первой установке инструмента калибрование осуществляется одновременно вручную, в дальнейшем эта процедура может быть автоматизирована посредством датчиков слежения и фиксации. Наиболее простой и эффективный способ калибрования инструмента, обладающий высокой степенью гибкости и манёвренности, является способ совмещения [8, 24]. Данный способ подразумевает совмещение двух элементов, один из которых обладает базовыми статичными координатами, не меняющиеся с течением времени. В то время как второй элемент должен быть совмещён с первым по заданным координатам для того, чтобы подтвердить правильность установки. В случае если робот приводит второй элемент, и он не стыкуется с первым элементом, то значит, что в координатах инструмента есть ошибка и рассогласование устраняется посредством вычисления разницы между текущей и желаемой координатой инструмента. После этого контроллер робота вычисляет траекторию движения робота с привязкой к системе координат инструмента.

Фирмой KUKA Robotics разработаны специальные инструменты, позволяющие произвести калибровку любого инструмента с применением специальных устройств, именуемых спицами. Одна спица монтируется на заранее рассверленное отверстие транспортирующего устройства или платы крепления к фланцу робота, а вторая спица устанавливается в устройство, с которым робот будет иметь взаимодействие. Принцип калибровки заключается в том, что контроллер обладает информацией о том, где и как

установлена спица на быстросменной плате (заводские установки). Обладая данной информацией, робот проверяет смежные устройства на предмет корректной установки.

В нашем случае первая спица установлена на быстросменной плате роботной части, а ответные спицы смонтированы на металлическом каркасе стеллажа по углам. Это сделано для того, чтобы после монтажа стеллажа и установки робота нивелировать погрешность установки. Точность установки стеллажа можно определить по 4-м угловым точкам. На рисунке 24 представлено калибровочное положение для одной угловой спицы металлоконструкции стеллажа:

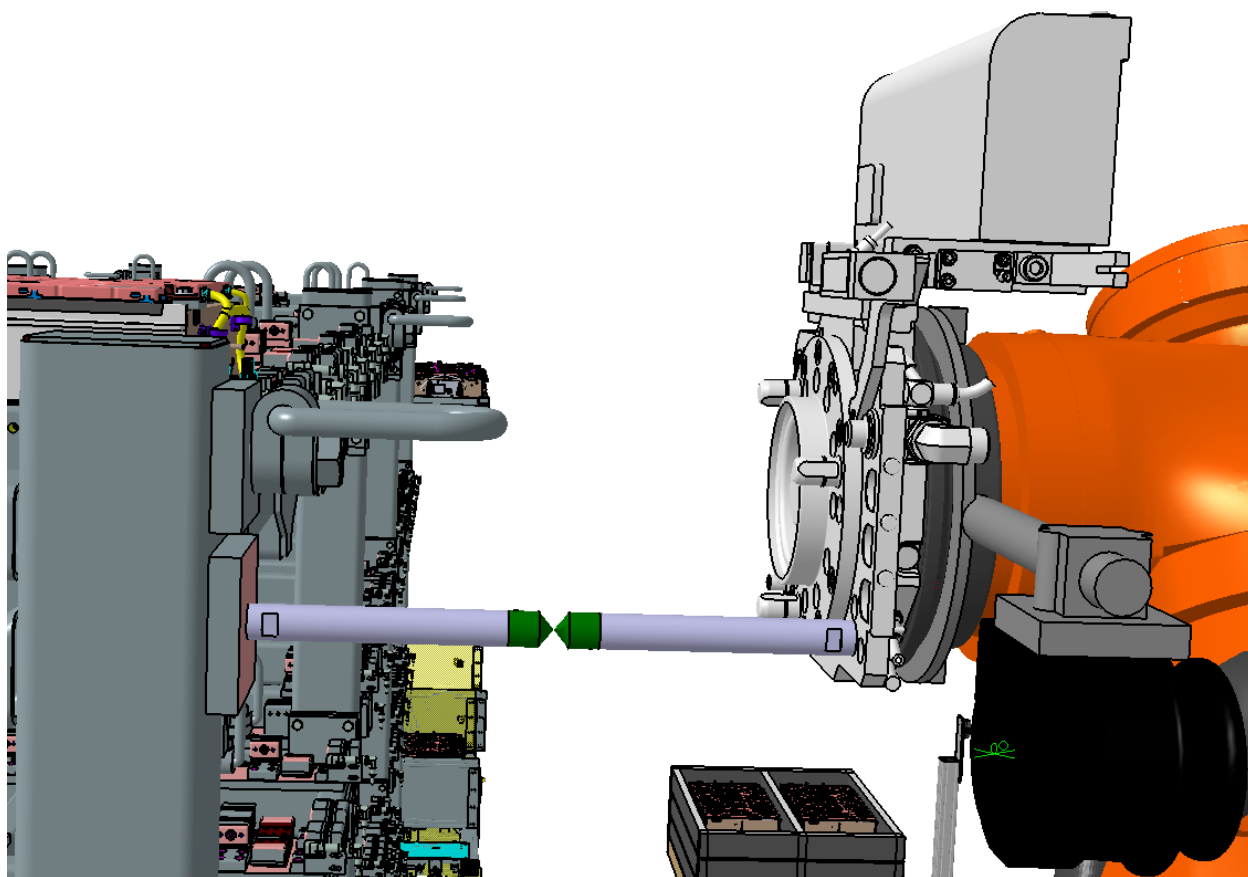


Рисунок 24 – Калибрование инструмента и металлоконструкции

Как видно из рисунка точность положения определяется полной соосностью двух спиц. В случае, если по техническим причинам соосность невозможна, то допускается позиционирование по принципу точка-в-точку, когда конец одной спицы указывает на конец другой спицы, под углом не более 150 градусов. Такая же стыковка производится для всех 4-х углов металлоконструкции, что позволяет однозначно сориентировать металлоконструкцию стеллажа по отношению к роботу и его линейной оси.

Для калибровки транспортирующего устройства применяется схожий принцип. После завершения калибровки металлоконструкции и определения её точного положения, спица из быстросменной платы снимается и устанавливается транспортирующее устройство. После этого по заранее оговорённым местам контроля транспортирующее устройство должно подойти к статично установленной спице. Например, при заранее запрограммированном положении контроля технологического отверстия на устройстве, конец статичной спицы должен указать на отверстие как показано на рисунке 25.

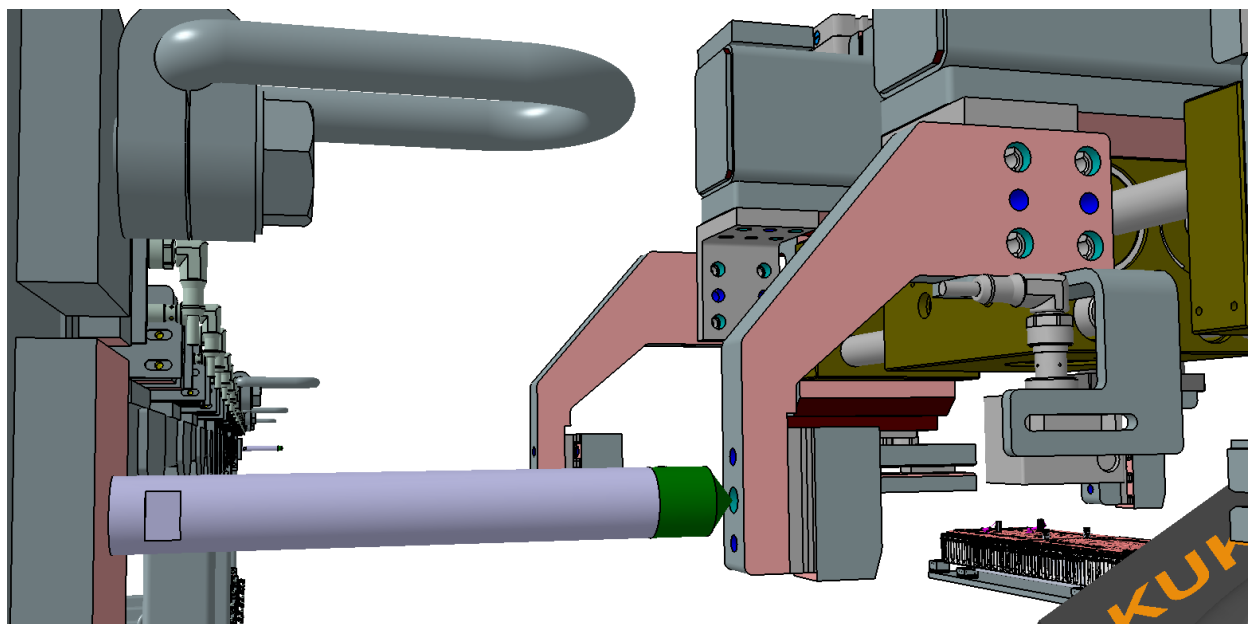


Рисунок 25 – Положение калибровки транспортирующего устройства

Минимальное количество точек калибрования выбирается в зависимости от сложности геометрии [30,31]. В случае с разрабатываемым транспортирующим устройством трёх точек проверки достаточно для однозначного определения положения инструмента в пространстве и контроллер управления получает полную информацию о том, где и как устройство находится в процессе движения робота.

По завершению калибровочных работ все спицы демонтируются. В случае необходимости процесс калибрования может быть повторён. Для определения положения ленточных конвейеров используется тот же принцип соединения спиц. Спица на плате робота должна указать на угол паллеты ленточного конвейера.

В результате проведения калибровочных работ были определены положения измерительных спиц для проверки правильности монтажа металлоконструкции стеллажа хранения ячеек тяговых батарей для электромобилей; размечены отверстия для установки измерительных спиц на металлоконструкции; указаны точки проверки транспортирующего устройства посредством измерительной спицы, установленной на металлоконструкции стеллажа.

5 Безопасность роботизированного участка

Обеспечение безопасности обслуживающего персонала является очень важной и приоритетной задачей на любом производстве, включая зону складирования и хранения СТО. В первую очередь правила безопасности относятся к организации участка хранения. Выделяют ряд правил для обслуживающего персонала в условиях хранения автокомпонентов на станции технического обслуживания.

5.1 Правила безопасности обслуживающего персонала

«Первое, что необходимо сделать при приеме нового складского работника, это четко обозначить зону ответственности и разметить складские помещения. Когда рабочие будут видеть зону, где ездит погрузочный транспорт, это внесет дисциплину, но главное, позволит избежать производственных травм или снизить их число. Размечать лучше всего краской или лентами контрастного цвета, который будет хорошо виден при разной освещенности. Оптимальными являются яркие цвета, например, желтый, оранжевый или красный. Также для разметки может использоваться двухцветное окрашивание – в частности, бело-красные полосы.

Следует проверить проходы между стеллажами. Они должны быть безопасны и просторными. Не стоит оставлять проход менее 1 метра между стеллажами. О том, каким должно быть расстояние между стеллажами по правилам техники безопасности на складе, вы можете прочитать в нашей статье.

Пожарная безопасность на складе. Складское помещение обязано отвечать всем требованиям пожарной безопасности во избежание возникновения чрезвычайных ситуаций. Это важный этап приведения складского помещения в соответствие правилам техники безопасности.

Не стоит забывать о регулировании. Нужно регулярно проверять сроки эксплуатации всей техники, используемой на складе, а также стеллажей и прочего оборудования. Также нужно осмотреть все оборудование на наличие неисправностей. Имейте в виду, что даже маленькая вмятина на полу или стойке стеллажа может сильно ухудшить работу склада, к примеру, стеллаж с повреждением не выдержит предусмотренных нагрузок, что непременно приведет к катастрофе на складе, которая в худшем случае оборачивается гибелью рабочих [25].

При эксплуатации в зимний период необходимо делать перерывы на обогрев помещения.

Нужно периодически проводить инструктаж и разъяснять работникам правила техники безопасности на складе, в том числе объяснить правила подъема тяжестей. Рабочие должны знать, что запрещается толкать, тянуть и поднимать тяжеловесные предметы, находящиеся выше плеч.

Следует обеспечить работников необходимыми вещами для выполнения разгрузочных работ такими, как наплечники, брезентовые куртки, обувь с металлическими вставками и плотные рукавицы.

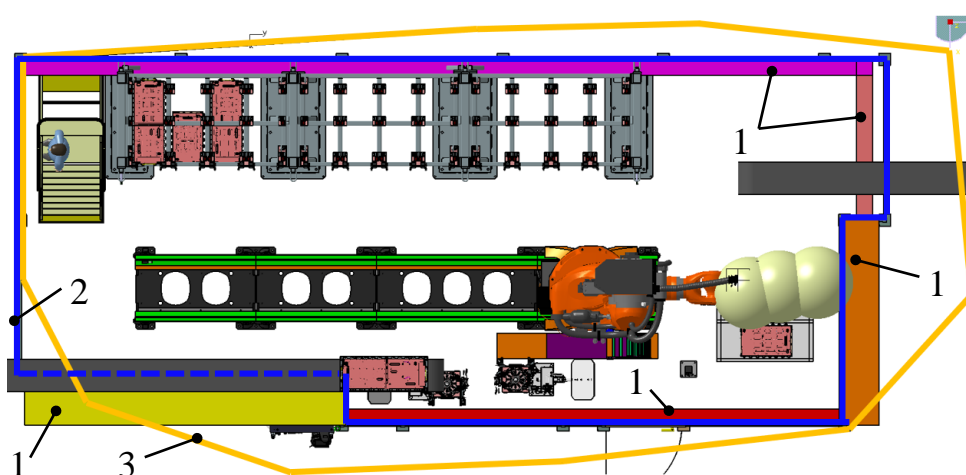
При нахождении в складском помещении обязательно запретить подключать электроприборы.

Для контроля за соблюдением техники безопасности при работе на складе нужно назначить ответственного за безопасность. Мотивирующим и действующим средством является премиальное награждение сотрудников за смены без аварий.

Необходимо контролировать работников и проверять их на соответствие рабочему состоянию. Недопустимо нахождение персонала в состоянии алкогольного или наркотического опьянения. Также нельзя допускать посторонних лиц на территорию склада» [34].

5.2 Правила безопасности промышленного робота

Система безопасности промышленного робота контролируется специальным контроллером безопасности, которые отслеживает положение подвижных частей робота и предотвращает потенциально опасные манёвры робота путём отключения питания. Для реализации такой системы безопасности создана технология программирования рабочих зон промышленного робота, координаты которой загружаются контроллеру безопасности для отслеживания границ рабочей зоны. Рабочая зона робота представляет собой многоугольник, имеющий до 12 углов, главное условие корректного программирования заключается в том, что все каждый угол должен быть больше 100 градусов. То есть в геометрии рабочего пространства не должно быть острых углов. Как правило рабочая зона робота формируется в соответствии с забором ограждения. Забор служит для ограничения доступа человека по периметру занимаемой зоны хранения. На рисунке 26 представлен план расположения оборудования и отмечена рабочая зона промышленного робота.



1 – Зона блокировки промышленного робота; 2 – Забор Makrolon высотой 2300мм; 3 – Рабочая зона робота;

Рисунок 26 – Рабочая зона промышленного робота

На рисунке 26 синей линией представлен забор высотой 2300мм для защиты обслуживающего персонала от несанкционированного доступа в область повышенной опасности. Оранжевой линией отображена рабочая зона промышленного робота, то есть зона внутри которой робот может двигаться свободно. Как видно из рисунка рабочая зона робота выходит за пределы забора, данный факт объясняется тем, что зона не должна иметь углов менее 100 градусов. Забор, которым огорожен периметр области хранения выполнен из Makrolon, он служит только для того, чтобы препятствовать появлению человека в рабочей зоне робота. Данный вид ограждения не защищает человека от физического воздействия промышленного робота. В случае, если произойдёт сбой программного управления робота и робот начнёт двигаться хаотично, ограждение не выдержит воздействия и не сможет уберечь человека от травм. Для защиты человека от физического воздействия со стороны робота рабочая зона робота была ограничена зонами блокировки 1, рисунок 26.

Контроллер безопасности оснащён автономным питанием для того, чтобы иметь возможность отключения питания робота в случае чрезвычайной ситуации. Чрезвычайной ситуацией для робота является выход его инструмента за пределы рабочей зоны. Для того чтобы контроллер имел возможность вычислить положение инструмента в любой момент времени с минимальными затратами вычислительной мощности была применена система позиционирования инструмента. Система заключается в том, что инструмент окружается сферами определённого радиуса таким образом, что все подвижные и не подвижные части находятся внутри сферы. В зависимости от версии контроллера поддерживается до 12 сфер на один инструмент. В контроллер безопасности передаётся информация о центре координат сферы и её диаметре. Этой информации достаточно, чтобы вычислить положение всех точек на поверхности сферы и соотнести эти координаты с зонам блокировок. В случае если сфера безопасности приближается к зоне блокировки или к границе рабочей зоны робота ближе чем на 50мм, срабатывает система ограничения максимальной скорости движения робота. В случае если

движение робота не прекращается и сфера безопасности пересекает границу зоны блокировки, тогда контроллер безопасности отключает сеть питания промышленного робота и без присутствия обслуживающего персонала питание не подаётся.

На рисунке 27 представлена расстановка сфер безопасности на транспортирующем устройстве с учётом установленной ячейке тяговой батареи.

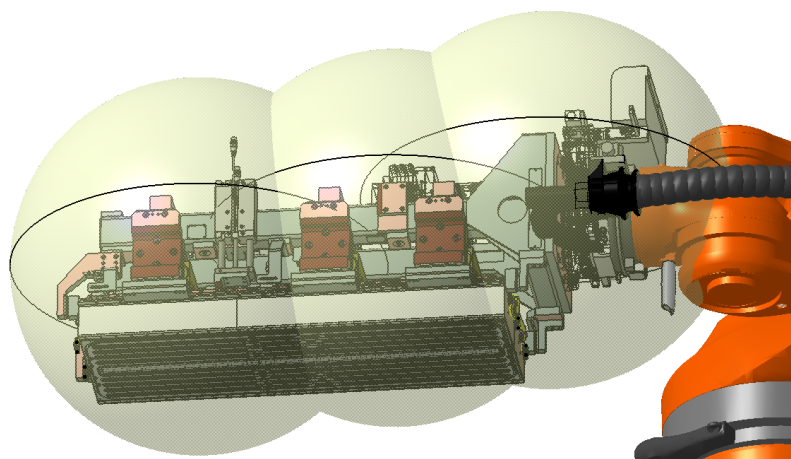


Рисунок 27 – Сферы безопасности для транспортирующего устройства

В результате проектирования и программирования контроллера безопасности промышленного робота были сформированы зоны блокировок и рабочая зона робота; обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала, сформированы сферы безопасности для отслеживания положения рабочего инструмента в пространстве во время движения робота; проведено программирование контроллера на отключение питания на приводы промышленного робота в случае если сферы безопасности пересекут зону блокировки или выйдут за пределы рабочей зоны робота.

6 Программирование траектории движения робота

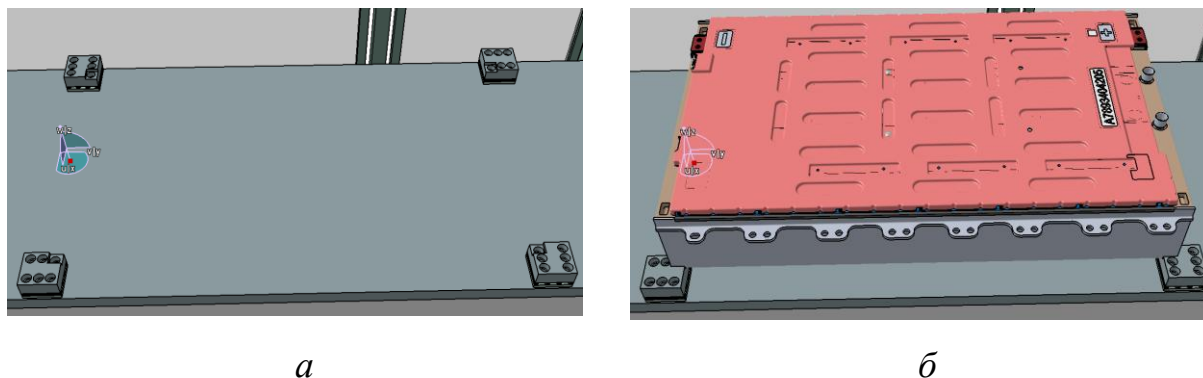
Для организации циклической работы участка хранения необходимо для робота создать управляющие программы на все случаи, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации. В первую очередь необходимы основные управляющие программы, которые выполняют основные действия, требуемые технологическим процессом [12]. Основная управляющая программа для загрузки/выгрузки ячеек тяговых батарей в/из металлоконструкции стеллажа состоит из следующей последовательности операций:

- из позиции Старт робот перемещается в позицию снятия ячейки из паллеты ленточного конвейера;
- перемещение транспортирующего устройства к ячейке тяговой батареи;
- позиционирование транспортирующего устройства и фиксация пневматическими параллельными зажимами ячейки тяговой батареи;
- изъятие ячейки из паллеты ленточного конвейера и перемещение робота в позицию Старт;
- из позиции Старт робот перемещается к свободному месту хранения ячеек металлического стеллажа (информацию о свободных местах робот получает от контроллера управления, который в свою очередь анализирует датчики присутствия на металлоконструкции стеллажа);
- перемещение транспортирующего устройства к свободному месту стеллажа;
- позиционирование транспортирующего устройства в области опор металлоконструкции и установка ячейки на опоры хранения;
- вывод транспортирующего устройства из области хранения и перемещение робота в позицию Старт.

Описанная процедура позволяет установить ячейку тяговой батареи на свободное место стеллажа хранения. Для описания процедуры изъятия ячейки

из стеллажа хранения и отправки её на выдачу, робот проделывает те же операции только в обратном направлении.

Ленточный конвейер, транспортирующий ячейки тяговых батарей расположены на высоте 2800мм, сама ячейка устанавливается на специальную паллету, ограничивающую перемещение ячейки посредством опор. На рисунке 28 представлена паллета без ячейки и с установленной ячейкой.



а – без ячейки тяговой батареи;
б – с установленной ячейкой тяговой батареи;

Рисунок 28 – Паллета ленточного конвейера:

Для удобства программирования и модернизации траекторий основная программа разбита на отдельные процедуры. В зависимости от требуемой операции управляющий контроллер запускает на исполнение требуемую процедуру. Однако, подобный подход к организации движений робота имеет недостаток в том, что конец процедуры и начало новой процедуры должны быть одинаковы как по положению робота в пространстве, так и по его конфигурации. Именно поэтому после выполнения каждого действия роботу необходимо возвращаться в позицию Старт.

На рисунке 29 представлена конфигурация траектории движения для установки ячейки на свободное место стеллажа. Для повышения точности установки ячейки движение в области установки должно быть линейным.

BA_788MO_190_ND_5_01_190_drop_bt_to

Activities

VN	Op	Target	Status	Type	Op Type	M...	Orie...	Motion Profile	Accuracy Profile	Tool Profile	Object Profile	InterpolationMode	Config	Joint 1	Joint 4	Joint 5	Joint 6	KL4000
1	Operation.17	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint18		Tag	Via	JNT		100%	Off	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	-	+	+	+	Nullpos
2	Operation.14	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint15		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	-	+	+	+	Nullpos
3	Operation.12	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint13		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
4	Operation.10	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint9		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
5	Operation.8	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint7		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
6	Operation.6	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint5		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
7	Operation.3	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint2		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
8	Operation.2	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint1		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
9	Operation.1	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/take_out_1		Tag	Process	LIN	1_Axis	100%	Off	tcp	Default*	KeepConfig SetT...	S2*	+	+	+	+	100mm
10	Operation.4	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint3		Tag	Via	LIN	1_Axis	100%	Off	tcp	Default*	KeepConfig SetT...	S2*	+	+	+	+	100mm
11	Operation.5	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint4		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
12	Operation.7	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint6		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
13	Operation.9	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint8		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
14	Operation.11	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint10		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
15	Operation.13	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint14		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	+	+	+	+	100mm
16	Operation.15	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint16		Tag	Via	JNT		100%	100%	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	-	+	+	+	Nullpos
17	Operation.16	190RB_100_BA_788MO_190_bt_drop_to1/ViaPoint17		Tag	Via	JNT		100%	Off	tcp	Default*	SetConfig SetTurn	S2	-	+	+	+	Nullpos

Рисунок 29 – Конфигурация движений робота

На рисунке 29, колонка под номером 1 указывает на тип движения робота. Для движения с повышенной точностью используется линейное движение LIN. Вторым столбцом Assigasy отвечает за точность прихода робота в программируемую точку. Если этот параметр равен 100% это значит, что робот проходя от точки 1 к точке 2 и 3 не будет обеспечивать точность прохождения точки, а построит аппроксимирующую кривую между тремя точками. Данная функция позволяет увеличить скорость движения робота и сглаживать путь там, где нет необходимости в высокой точности. Если этот параметр равен Off, это значит, что робот должен прийти в указанную точку с максимальной точностью и остановиться на ней в течение 1с. Как видно из рисунка 29 высокая точность включена только для начала движения, конца движения и для момента, когда робот устанавливает ячейку на опоры хранения.

В результате конфигурации и формирования траекторий движения промышленного робота были разработаны основные управляющие программы, разделённые на процедуры. Были определены и запрограммированы основные настройки движения для всех мест хранения стеллажа. Также были сформированы и настроены сервисные траектории движения робота для обслуживания рабочего инструмента.

Заключение

В результате разработки зоны хранения ячеек тяговых батарей для электромобилей были получены следующие результаты:

- в ходе проектирования и расчёта прижимного усилия пневматических параллельных зажимов транспортирующего устройства было разработано устройство, обеспечивающее надёжную фиксацию и позиционирование ячеек тяговых батарей для их дальнейшего транспортирования;

- представлено обоснование, что для транспортировки указанной ячейки тяговой батареи необходимо применение тяжёлого промышленного робота грузоподъёмностью 500кг;

- разработана специальная металлоконструкция для хранения ячеек тяговых батарей с учётом особенностей самого изделия и условий его хранения;

- конфигурация и настройка оси линейного расширения для промышленного робота позволяет повысить достижимость робота до всех элементов конструкции, участвующих в технологическом процессе;

- разработана схема калибрования инструмента и металлоконструкции стеллажа хранения, позволяющая произвести высокоточную калибровку оборудования с минимальными затратами;

- разработана схема организации безопасности для промышленного робота; выделены основные зоны блокировки движения и рабочая зона робота;

- разработаны и разделены на отдельные процедуры управляющие программы для всех технологических операций, выполняемых промышленным роботом; разработаны траектории движения для обслуживающих операций, таких как ремонт, обслуживание, контроль и диагностика транспортирующего устройства.

Список используемых источников

1. Белов М.П. Технические средства автоматизации и управления / М.П. Белов. - С-Пб.: Северо-западный государственный заочный технический университет, 2006. - 184 с.
2. Бородин, И.Ф. Автоматизация технологических процессов / И.Ф. Бородин, Ю.А. Судник. - М.: КолоС, 2005. - 344 с.
3. Брюханов В.Н. Автоматизация производства. / В.Н. Брюханов. — М.: Высшая школа, 2016. — 367 с.
4. Денисенко, В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. - М.: Горячая линия - Телеком, 2009. - 608 с.
5. ГОСТ 34.003-90 «Автоматизированные системы. Термины и определения». - М.: Стандартинформ, 2009. - 15 с.
6. Евтушенко, С.И. Автоматизация и роботизация строительства: Учебное пособие / С.И. Евтушенко, А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев, Д.Я. Паршин. — М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2017. — 452 с.
7. Зубарев, Ю.М. Автоматизация координатных измерений в машиностроении: Учебное пособие. 2-е изд., пер. и доп. / Ю.М. Зубарев, С.В. Косаревский. — СПб.: Лань, 2016. — 160 с.
8. Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. — М.: Форум, 2016. — 224 с.
9. Кангин В.В. Аппаратные и программные средства систем управления. Промышленные сети и контроллеры / В.В. Кангин, В.Н. Козлов. -М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. - 418 с.
10. Капустин, Н.М. Автоматизация производственных процессов в машиностроении. 2-е изд., стер. / Н.М. Капустин, П.М. Кузнецов. — М.: Высшая школа, 2017. — 415 с.
11. Клюев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / А.С. Клюев, В.Я. Ротач, В.Ф. Кузицин. — М.: Альянс, 2015. — 272 с.

12. Кукуй, Д.М. Автоматизация литейного производства / Д.М. Кукуй, В.Ф. Одинокко. — Минск: Новое знание, 2018. — 240 с.
13. Латышенко, К.П. Автоматизация измерений, испытаний и контроля / К.П. Латышенко. — М.: МГУИЭ, 2016. — 312 с.
14. Мауэргауз, Ю.Е. Автоматизация оперативного планирования в машиностроительном производстве / Ю.Е. Мауэргауз. — М.: Экономика, 2017. — 287 с.
15. Новиков Ю.В. Основы микропроцессорной техники / Ю.В. Новиков, П.К. Скоробогатов. - М.: Интернет-Университет информационных технологий; БИНОМ Лаборатория знаний, 2009. - 357 с.
16. Овчинников, В.В. Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов: Практикум: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования / В.В. Овчинников. — М.: ИЦ Академия, 2016. — 128 с.
17. Овчинников В.В. Плакаты: Оборудование, механизация и автоматизация сварочных процессов / В.В. Овчинников. - М.: Academia, 2017. - 256 с.
18. Пиляев, С.Н. Основы построения автоматизированных систем управления технологическими процессами / С.Н. Пиляев, П.О. Гуков, Д.Н. Афоничев, Р.М. Панов. - Воронеж: Воронежский ГАУ, 2013. - 187 с.
19. Пиляев, С.Н. Применение программируемых логических контроллеров для автоматизации технологических процессов / С.Н. Пиляев, П.О. Гуков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 2008. - № 10.-С. 34-35.
20. Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов. Издание 3-е / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. — Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. — 352 с.
21. Скворцов, А.В. Автоматизация управления жизненным циклом продукции: Учебник для студентов учреждений высшего профессионального

образования / А.В. Скворцов, А.Г. Схиртладзе, Д.А. Чмырь.— М.: ИЦ Академия, 2016. — 320 с.

22. Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. — Ст. Оскол: ТНТ, 2016. — 524 с.

23. Фельдштейн, Е.Э. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебное пособие / Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. — М.: НИЦ ИНФРА-М, Нов. знание, 2016. — 264 с.40. Фельдштейн, Е.Э.

24. Шишмарев В.Ю. Автоматизация технологических процессов / В.Ю. Шишмарев. - М.: ИЦ «Академия», 2005. - 352 с.

25. Шишмарев В.Ю. Автоматизация производственных процессов в машиностроении: Учебник / В.Ю. Шишмарев. - Рн/Д: Феникс, 2018. - 64 с.

26. Jazar R.N. Theory of Applied Robotics: Kinematics, Dynamics, and Control // Springer, 2007.693 pp.

27. Lewis F. Robot Manipulator Control Theory and Practice / F. Lewis, D.M.Dawson, C.T.Abdallah. // New York, Marcel Dekker, 2004 , 614 pp. ISBN 0-8247-4072-6.

28. Low K.H.(ed.) Industrial Robotics. Programming, Simulation and Applications // First published February 2007. Printed in Croatia 700 pp. ISBN 3-86611-286-6.

29. Murray R.M. A Mathematical Introduction to Robotic Manipulation / Murray R.M., Li Z., Sastry S. // CRC Press, 1st edition, 1994, 480 pp.

30. Siciliano B. Robotics: Modelling, Planning and Control / Siciliano B., Sciavicco L., Villani L., Oriolo G. // Springer, 2009, 644 pp. ISBN 978-1-84628-641-4

31. Техническая энциклопедия. Том 8 [Электронный ресурс] : URL: <https://azbukametalla.ru/entsiklopediya/z/zaklepki.html> (дата обращения 10.10.2022).