

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

На тему: «Разработка роботизированного комплекса для процесса в  
машиностроительном производстве»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Выполнил

Кенжигалиев С.С.,

Рецензент

Научный руководитель

Доктор PhD, доцент  
кафедры IT-Инжиниринг

Д.т.н., асоц. профессор

 Иманбекова Ұ.Н.

 Байбатшаев М.Ш.

«27» мае 2023 г.

«26» мае 2023 г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный  
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация



**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломного проекта**

Обучающемуся Кенжигалиеву С.С.

Тема: «Разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве»

Утверждена приказом Б. Жаутикова № 408-П/Ө от «23» ноября 2022 г.

Срок сдачи законченной работы

«15» мая 2023 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Роботизированная сварка автомобильных кузовов.

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) анализ технического процесса;
- б) выбор технологического оборудования;
- в) разработка роботизированного комплекса.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Рекомендуемая основная литература:

- 1 «Робототехнические системы» - А.А. Лазарев, В.М. Матюшкин, В.А. Соловьёв
- 2 «Робототехнические системы и комплексы» - В.В. Родионов, Ю.А. Кирпенко

**ГРАФИК**  
подготовки дипломного проекта

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологический раздел	26.05.2023	
Специальный раздел	26.05.2023	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Технологический раздел	М.Ш. Байбатшаев д.т.н., ассоц. профессор	27.05.2023	
Специальный раздел	М.Ш. Байбатшаев д.т.н., ассоц. профессор	27.05.2023	
Нормоконтролер	А.Б. Женис ассистент	31.05.2023	

Научный руководитель



Байбатшаев М.Ш.

Задание принял к исполнению обучающийся



Кенжигалиев С.С.

Дата

«01» июня 2023 г.

## **АНДАТПА**

Бұл жұмыс машина жасау өндірісіндегі дәнекерлеу процесіне арналған роботты технологиялық кешенді (РТК) әзірлеуге арналған. Зерттеудің негізгі мақсаты өндіріс тиімділігі мен сапасын арттыру үшін дәнекерлеу процестерін автоматтандыру және оңтайландыру болып табылады. Зерттеу барысында дәнекерлеу процесінің талаптары мен ерекшеліктеріне, соның ішінде дәнекерлеу түрлеріне, материалдарға, шанақтардың өлшемдері мен пішіндеріне, сондай-ақ дәнекерлеу қосылысының сапасына қойылатын талаптарға талдау жасалады. Бұл дәнекерлеу жабдықтары мен қосалқы құрылғылардың роботтарын таңдауды қоса алғанда, РТК-ның оңтайлы параметрлері мен сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік береді. Жұмыстың келесі кезеңі-роботтарды, конвейерлерді, дәнекерлеу жабдықтарын және басқа компоненттерді орналастыруды қоса алғанда, РТК орналасуын жобалау. Бұл жұмыстың нәтижесі машина жасау өндірісінде дәнекерлеу процесіне арналған роботты технологиялық кешенді әзірлеу және енгізу болып табылады. Бұл қол еңбегін азайтуға, өнімділік пен өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді.

## **АННОТАЦИЯ**

Данная работа посвящена разработке роботизированного технологического комплекса (РТК) для сварочного процесса в машиностроительном производстве. Главная цель исследования заключается в автоматизации и оптимизации процессов сварки для повышения эффективности и качества производства. В ходе исследования осуществляется анализ требований и особенностей сварочного процесса, включая типы сварки, материалы, размеры и формы кузовов, а также требования к качеству сварного соединения. Это позволяет определить оптимальные параметры и характеристики РТК, включая выбор роботов сварочного оборудования и вспомогательных устройств. Следующим этапом работы является проектирование планировки РТК, включая размещение роботов, конвейеров, сварочного оборудования и других компонентов. Итогом данной работы является разработка и внедрение роботизированного технологического комплекса для сварочного процесса в машиностроительном производстве.

## **ANNOTATION**

This work is devoted to the development of a robotic technological complex (RTK) for the welding process in machine-building production. The main purpose of the study is to automate and optimize welding processes to improve the efficiency and quality of production. In the course of the study, the requirements and features of the welding process are analyzed, including welding types, materials, sizes and shapes of bodies, as well as requirements for the quality of the welded joint. This makes it possible to determine the optimal parameters and characteristics of the RTK, including the choice of welding equipment robots and auxiliary devices. The next stage of the work is the design of the RTC layout, including the placement of robots, conveyors, welding equipment and other components. The result of this work is the development and implementation of a robotic technological complex for the welding process in machine-building production. This makes it possible to reduce manual labor, increase productivity and improve the quality of welded joints, which in turn contributes to increasing the competitiveness of the enterprise and improving production results.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Цели и задачи	8
2 Актуальность темы	12
3 Разработка роботизированного процесса	13
3.1 Обзор технологий сварки в автомобильной промышленности	13
3.2 Анализ требований и особенностей сварки	15
4 Планировка РТК	17
5 Выбор технологического и вспомогательного оборудования	18
5.1 Выбор манипулятора	19
5.2 Выбор конвейера	28
5.3 Выбор системы управления	31
6 Результаты внедрения	36
Заключение	37
Список использованной литературы	38
Приложение А	
Приложение Б	

## ВВЕДЕНИЕ

В данном курсовом проекте необходимо разработать РТК сварки автомобильных кузовов.

Цель данной работы заключается в изучении и анализе разработки роботизированного технологического комплекса. Роботизированные технологические комплексы представляют собой интеграцию различных робототехнических систем и технологий с целью автоматизации и оптимизации производственных процессов. Они способны выполнять разнообразные задачи, такие как сборка, обработка материалов, перемещение и многое другое, с минимальным вмешательством человека.

Развитие роботизированных технологических комплексов обусловлено несколькими факторами. Во-первых, автоматизация процессов позволяет повысить производительность, качество и эффективность производства. Во-вторых, робототехника способна справиться с задачами, которые для человека являются опасными или трудоемкими. В-третьих, современные технологии в области искусственного интеллекта и машинного обучения делают роботизированные технологические комплексы более гибкими и адаптивными к различным условиям и требованиям.

В работе будут рассмотрены основные этапы разработки роботизированного технологического комплекса, включая проектирование, выбор и интеграцию робототехнических систем, разработку программного обеспечения и создание необходимой инфраструктуры. Также будет проведен анализ преимуществ и ограничений использования роботизированных технологических комплексов, а также рассмотрены возможности и перспективы их применения в различных отраслях, таких как промышленность, медицина, сельское хозяйство и другие.

Исследование в области разработки роботизированных технологических комплексов имеет важное значение для прогресса и развития современной промышленности. Результаты данной работы могут быть полезными для специалистов в области робототехники, инженерии и менеджмента, а также для предприятий, стремящихся внедрить автоматизированные системы в свою деятельность.

Также разработка технологического процесса и вспомогательного оборудования, планировка РТК является одной из важнейших составляющих при планировке рабочей зоны робота. При проектировании робота также важной составляющей является калибровка и юстировка осей робота, которая в дальнейшем позволит работать роботу с заданной точностью позиционирования.

## 1 Цели и задачи

Цель работы: целью данной дипломной работы является разработка роботизированного технологического комплекса сварочного процесса в машиностроительном производстве. Главной целью является создание специализированного роботизированного комплекса, который будет автоматизировать и улучшать сварочные операции, применяемые в процессе производства машиностроительных изделий.

Задачи работы:

- Изучение существующих технологий и методов роботизированной сварки в машиностроительстве. В ходе исследования будет проведен обзор литературы и изучение существующих решений в области роботизированной сварки. Будут проанализированы различные методы сварки, применяемые в машиностроительстве, и изучены их особенности и преимущества;

- Анализ требований и особенностей сварочного процесса в машиностроительном производстве. Определение основных требований к сварочным соединениям, включая прочность, герметичность и эстетический вид. Также будет проведен анализ особенностей и специфики сварочных операций, используемых в машиностроительстве, с целью определения требований к разрабатываемому роботизированному комплексу;

- Выбор оптимальных аппаратных и программных компонентов для разработки роботизированного комплекса сварочного процесса. Будет проведен анализ и выбор робота-манипулятора, наиболее подходящего для выполнения сварочных операций в машиностроительном производстве. Также будет проведен выбор и интеграция необходимого программного обеспечения для управления роботом и программирования сварочных операций;

- Разработка архитектуры и структуры роботизированного технологического комплекса. На основе проведенного анализа и выбора компонентов будет разработана логическая и физическая структура комплекса, включая систему управления роботом, программное обеспечение и сварочный инструмент. Будут разработаны алгоритмы и программное обеспечение для управления роботом и выполнения сварочных операций;

- Интеграция датчиков и систем контроля качества в разработанный комплекс. Будет проведена интеграция необходимых датчиков для контроля положения, напряжения, температуры и других параметров сварочных соединений. Также будет разработано программное обеспечение для обработки данных с датчиков и контроля качества сварочных операций;

- Проведение испытаний и оценка разработанного роботизированного комплекса. Разработанный комплекс будет реализован и протестирован в реальных условиях машиностроительного производства. Будут проведены испытания, направленные на оценку эффективности, точности и надежности сварочных операций, выполненных с помощью разработанного комплекса;

- Анализ результатов и обсуждение преимуществ и ограничений разработанного решения. Будут проанализированы результаты испытаний и

сравнены существующие методы сварки с результатами, полученными с использованием разработанного роботизированного комплекса. Будут выявлены достоинства, ограничения и потенциал дальнейшего развития разработанного решения;

- Разработка рекомендаций для дальнейшего совершенствования и применения роботизированного технологического комплекса в машиностроительном производстве. На основе полученных результатов будут сформулированы рекомендации по оптимизации и улучшению сварочного процесса с использованием разработанного комплекса. Также будут идентифицированы возможности для расширения применения роботизированной сварки в машиностроительном производстве.

Промышленный робот представляет собой автоматически управляемый, перепрограммируемый, многоцелевой манипулятор, программируемый по трем и более осям. ПР может быть либо зафиксирован в заданном месте, либо может иметь возможность передвижения для выполнения промышленных задач по автоматизации. ПР включает: манипулятор, включая исполнительные механизмы; контроллер, включая подвесной пульт обучения и интерфейс связи.

Робототехническая система – система, включающая роботов, рабочие органы роботов, а также машины, оборудование, устройства и датчики, поддерживающие роботов во время работы. Возможно объединение нескольких робототехнических систем в промышленный робототехнический модуль (технологический робототехнический модуль), а модули объединяются в роботизированную линию.

Объединение робототехнической системы с технологическим оборудованием позволяет получить роботизированный технологический комплекс, показан на рисунке 1.



Рисунок 1 – Роботизированный технологический комплекс

Главная идея роботизированного технологического комплекса заключается в том, что промышленный робот должен использоваться в сочетании с определенным технологическим оборудованием, как, например, пресс, металлорежущий станок, сварочная установка, установка для нанесения покрытий и т.д., и предназначен для выполнения одной или нескольких конкретных технологических операций.

Применение промышленных роботов можно подразделить на выполнение роботами непосредственно основных технологических операций, и выполнение вспомогательных операций по обслуживанию основного технологического оборудования. К первым относится автоматическое выполнение роботами процессов сварки, сборки, окраски, нанесения покрытий, пайки, проведение контрольных операций, упаковки, транспортирования и складирования. Ко второй категории относится автоматизация с помощью роботов процессов механической обработки (обслуживания различных металлорежущих станков, шлифовальных и протяжных станков), прессов холодной и горячей штамповки, кузнечного и литейного оборудования, установок для термообработки, а также загрузки-разгрузки полуавтоматов дуговой сварки и контактных сварочных машин, при автоматизации операций сборки.

Задача роботизированного технологического комплекса (РТК) заключается в автоматизации и оптимизации технологических процессов в промышленном производстве. Основные цели и задачи, которые ставятся перед РТК.

Повышение производительности РТК позволяет увеличить скорость выполнения операций, сократить время цикла производства и повысить общую производительность предприятия. Роботы в РТК могут работать непрерывно без необходимости в отдыхе или перерывах, что увеличивает производительность и снижает время простоя.

Улучшение качества продукции РТК обеспечивает высокую точность и повторяемость выполнения операций, что ведет к улучшению качества выпускаемой продукции. Роботы в РТК выполняют операции с высокой степенью точности, минимизируя ошибки и дефекты.

Снижение затрат РТК позволяет сократить затраты на рабочую силу и уменьшить потребность в ручном труде. Автоматизация операций с помощью роботов позволяет снизить количество работников, а также сократить затраты на их обучение и поддержку.

Повышение безопасности РТК способствует повышению безопасности на производстве. Роботы могут выполнять опасные и трудоемкие операции, освобождая работников от потенциально опасных ситуаций. Кроме того, РТК может быть оснащен системами безопасности, такими как датчики и системы контроля, чтобы предотвращать возможные аварийные ситуации.

Гибкость и адаптивность РТК обладает высокой гибкостью и адаптивностью, позволяя настраивать и перенастраивать систему под различные типы продукции и изменения в производственных процессах. Роботы в РТК могут легко переключаться между разными операциями и задачами, обеспечивая

гибкость производств.

Классификация РТК по типу управления:

- Централизованное;
- Децентрализованное;
- Комбинированное.

Централизованное управление может осуществляться от стандартной ЭВМ или от специального устройства управления.

Децентрализованное управление осуществляется с помощью совокупности местных устройств управления, которые связаны друг с другом с целью взаимной координации.

Комбинированное управление предполагает наряду с централизованным управлением наличие местных устройств управления. Такая система управления может быть одноуровневой, когда сигналы управления, поступающие из центра, и сигналы, вырабатываемые местными устройствами управления. На рисунке 2 представлена применение роботов в машиностроении.



Рисунок 2 – Применение роботов в машиностроении

Применение роботов в машиностроительстве имеет значительное влияние на производительность, качество и эффективность процессов. Роботы выполняют разнообразные задачи в различных областях машиностроения, включая сборку, сварку, обработку поверхности и покраску, обработку материалов и многое другое.

## 2 Актуальность темы

Во-первых, автомобильная промышленность постоянно развивается и стремится к повышению эффективности производства. Внедрение роботизированных систем сварки позволяет сократить время и затраты на процесс сварки кузовов, улучшить качество сварных соединений и повысить производительность. Такие системы обладают высокой точностью и повторяемостью операций, что позволяет достичь высокого уровня автоматизации и стабильного качества производства.

Во-вторых, использование роботизированных систем сварки в машиностроительном производстве позволяет улучшить условия работы для операторов, снизить риски травм и повысить безопасность на производстве. Роботы могут выполнять сложные и монотонные операции, освобождая человека от рутинных задач и позволяя им сконцентрироваться на более творческих и интеллектуальных задачах.

В-третьих, роботизированные системы сварки способны выполнять сварочные операции с высокой точностью и повторяемостью, что особенно важно для автомобильных кузовов, требующих высокого качества сварных соединений. Точная и надежная сварка кузовов обеспечивает их прочность, долговечность и безопасность в эксплуатации.

На рисунке 3 представлен сварочный процесс в машиностроительном производстве.



Рисунок 3 – Сварочный процесс машиностроительном производстве

Таким образом, разработка роботизированного технологического комплекса сварочного процесса автомобильных кузовов является актуальной темой, вносящей значительный вклад в современную автомобильную промышленность. Она способствует повышению производительности, качества и безопасности производства, а также обеспечивает экономическую эффективность и конкурентоспособность предприятий машиностроительного сектора.

### **3 Разработка роботизированного процесса**

#### **3.1 Обзор технологий сварки в автомобильной промышленности**

В автомобильной промышленности существует несколько технологий сварки, которые применяются для соединения кузовных элементов и других компонентов автомобилей. Каждая из этих технологий имеет свои особенности, преимущества и ограничения. Вот обзор некоторых из них:

Дуговая сварка метод MMA (Manual Metal Arc Welding) или сварка с покрытым электродом. Этот метод сварки основан на использовании электрической дуги, создаваемой между покрытым электродом и свариваемым металлом. Он широко применяется для сварки стальных кузовных элементов. Метод МИГ (Metal Inert Gas) или полуавтоматическая дуговая сварка: Этот метод сварки использует непрерывный проволоочный электрод и инертный газ для защиты сварочной зоны от воздействия окружающей атмосферы. Он обеспечивает быструю сварку и широкий диапазон применения для различных металлических материалов.

Точечная сварка используется для соединения металлических листов, особенно в кузовах автомобилей. Этот метод сварки основан на создании точечных контактов и пропуске высокого электрического тока через них. Точечная сварка обеспечивает прочные и надежные сварные соединения.

Лазерная сварка использует лазерный луч для точного и мощного плавления металла. Этот метод обеспечивает высокую точность и контроль, а также минимальные деформации сварных соединений. Лазерная сварка широко применяется в автомобильной промышленности для сварки тонких и сложных деталей.

Плазменная сварка использует плазменную дугу для плавления металла и создания сварных соединений. Этот метод обеспечивает высокую скорость сварки и возможность работы с различными металлическими материалами.

Электронно-лучевая сварка использует электронный луч для плавления и соединения металлических элементов. Она обладает высокой энергией и позволяет проводить сварку с высокой точностью и малыми тепловыми воздействиями.

Каждая из этих технологий имеет свои преимущества и ограничения, и выбор конкретной технологии зависит от требований производства, типа металла, толщины материала и требуемого качества сварного соединения. Важно также учитывать производительность, стоимость оборудования и обучение персонала для каждой из технологий.

Точечная сварка является одной из основных технологий сварки, широко применяемой в автомобильной промышленности для соединения металлических листов, особенно в кузовах автомобилей. Она основана на применении высокого тока через точечные электроды, что позволяет быстро создавать сварные соединения. Точечная сварка обеспечивает прочные и надежные соединения, а также имеет ряд преимуществ и особенностей, которые делают ее популярной в

автомобильной промышленности.

Принцип работы точечной сварки заключается в следующем: между свариваемыми металлическими листами создается точечный контакт, а затем через этот контакт пропускается высокий электрический ток. Ток приводит к нагреванию металла и его плавлению, а также к формированию сварного соединения. Сварочный процесс происходит очень быстро - обычно в пределах нескольких миллисекунд. На рисунке 4 приведена иллюстрация использования РТК в машиностроительном производстве.

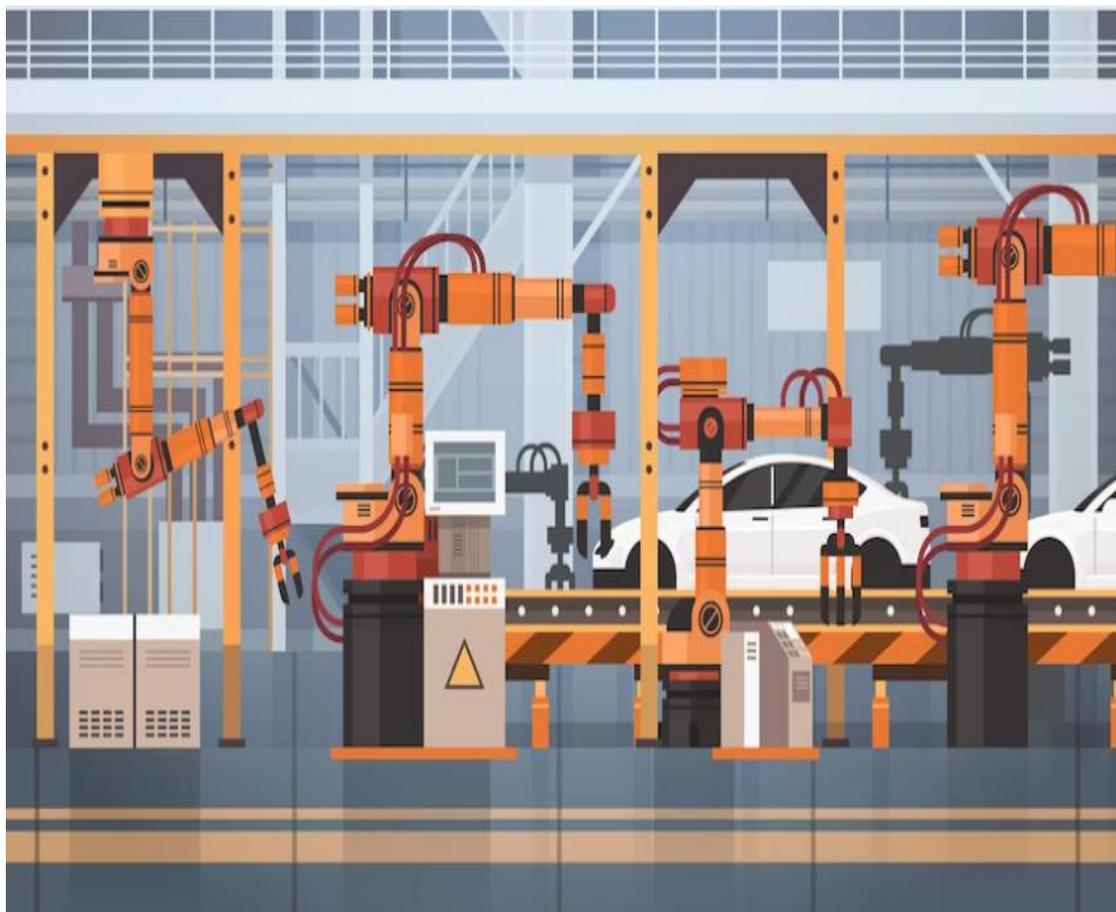


Рисунок 4 – Иллюстрация РТК в машиностроительном производстве

Одной из основных преимуществ точечной сварки является ее высокая производительность. Быстрая скорость сварки позволяет выполнить большое количество сварных соединений за короткое время, что особенно важно в массовом производстве автомобилей. Кроме того, точечная сварка требует минимальной подготовки поверхностей перед сваркой, так как сварка осуществляется через точечные контакты.

Еще одним преимуществом точечной сварки является возможность сварки различных металлических материалов. Она может быть применена для сварки стальных, алюминиевых и нержавеющей стальных листов, что делает ее универсальным методом сварки в автомобильной промышленности.

Однако, помимо преимуществ, у точечной сварки есть и некоторые

ограничения. Она подходит для соединения только тонких металлических листов, обычно толщиной до 3 мм. Также точечная сварка может вызвать деформацию металла в зоне сварного соединения, что требует дополнительных процессов коррекции и отделки.

### **3.2 Анализ требований и особенностей сварки**

Анализ требований и особенностей сварки автомобильных кузовов является важным этапом при разработке сварочных процессов в автомобильной промышленности. Автомобильные кузова представляют собой сложные конструкции, которые требуют высокого качества сварных соединений, прочности и эстетического вида. Понимание требований и особенностей сварки позволяет оптимизировать процесс, выбрать подходящую технологию и параметры сварки, а также обеспечить соответствие высоким стандартам автомобильной промышленности.

Одним из основных требований сварки автомобильных кузовов является прочность сварных соединений. Кузов является структурно важной частью автомобиля и должен обеспечивать безопасность пассажиров. Поэтому сварные соединения должны быть высокопрочными и надежными. В процессе анализа требований необходимо учитывать требуемую прочность сварных соединений и выбирать соответствующие методы и материалы, обеспечивающие необходимую прочность.

Кроме прочности, качество поверхности сварных соединений также играет важную роль в автомобильной промышленности. Внешний вид и гладкость поверхности имеют большое значение для эстетического вида автомобиля. В процессе сварки могут возникать швы, неровности и деформации, которые могут негативно сказаться на внешнем виде и качестве кузова. Поэтому важно выбирать технологии сварки и параметры, которые минимизируют дефекты и обеспечивают высокое качество поверхности сварных соединений.

Еще одной особенностью сварки автомобильных кузовов является необходимость минимизации тепловых деформаций. В процессе сварки возникают высокие температуры, которые могут привести к искажениям формы кузова и снижению его прочности. Поэтому важно разрабатывать методы и параметры сварки, которые позволяют контролировать тепловые воздействия и минимизировать деформации. Это может включать использование специальных сварочных технологий, применение специальных методов охлаждения или предварительного нагрева материала.

Еще одним важным аспектом при анализе требований является совместимость различных материалов, используемых в автомобильных кузовах. Кузова могут быть изготовлены из различных материалов, таких как сталь, алюминий или нержавеющая сталь. Каждый из этих материалов имеет свои особенности и требует определенного подхода к сварке. Поэтому необходимо учитывать совместимость материалов при выборе методов и параметров сварки,

чтобы обеспечить качественное и надежное соединение между различными материалами.

Наконец, в современной автомобильной промышленности все большее внимание уделяется автоматизации и роботизации процессов сварки. Роботизированные сварочные системы позволяют достичь высокой точности, повторяемости и эффективности сварочного процесса. При анализе требований необходимо учитывать возможность внедрения роботизированных систем сварки, а также требования к обучению персонала и безопасности работы с автоматизированными системами.

Роботизированная сварка автомобильных кузовов имеет ряд особенностей, которые делают ее предпочтительным методом в производстве. Высокая точность - роботы, оснащенные сварочными манипуляторами, обеспечивают высокую точность и повторяемость при выполнении сварочных операций. Это позволяет достичь высокого качества сварных соединений и точности посадки деталей кузова. Роботы способны выполнять сложные и точные сварочные швы с минимальными отклонениями.

Повышенная производительность – роботизированная сварка обладает высокой скоростью выполнения операций, что позволяет сократить время цикла производства. Роботы могут работать непрерывно и выполнять сварочные операции с высокой скоростью и эффективностью. Это приводит к увеличению общей производительности и сокращению времени производства автомобилей.

Гибкость и адаптивность – роботы могут быть запрограммированы для выполнения различных сварочных операций и адаптироваться под различные типы автомобильных кузовов. Они могут быстро менять свои настройки и положение, что делает их гибкими и способными работать с различными моделями и размерами кузовов. Роботы могут также работать в совместной системе с другими роботами или операторами, обеспечивая оптимальную гибкость и координацию.

Безопасность – роботизированные системы сварки автомобильных кузовов обеспечивают высокий уровень безопасности. Они могут быть оснащены датчиками и системами контроля, которые обнаруживают присутствие людей или препятствий и автоматически останавливают операцию, чтобы предотвратить возможные аварии или травмы. Роботы также могут быть размещены в защищенных и ограниченных зонах, минимизируя риски для операторов.

Анализ требований и особенностей сварки автомобильных кузовов позволяет определить оптимальные методы, параметры и оборудование для сварочных процессов. Прочность, качество поверхности, минимизация тепловых деформаций, совместимость материалов и возможность автоматизации являются ключевыми факторами, которые необходимо учитывать при разработке сварочных процессов для автомобильных кузовов

## 4 Планировка РТК

Начало заключается в последовательности действий всех операций, исходя из всего этого можно сделать дальнейший анализ размещения роботов-манипуляторов. Последовательность действий манипулятора, приведена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Последовательность действий

Последовательность	Действие
Номер 1	Подача кузова автомобиля на конвейер, роботом манипулятором
Номер 2	Движение кузова по манипулятору, до сварочного робота
Номер 3	Процесс сварки автомобильного кузова
Номер 4	Движение кузова по манипулятору, до робота перекладчика

Размещение роботов будет происходить с учетом анализа их характеристик, это нужно для того, чтобы обеспечить оптимальную доступность кузовов для сварочных операций. Роботы должны иметь достаточное пространство для маневрирования и области охвата, чтобы выполнять сварку в необходимых точках кузова. На рисунке 5 приведена компоновочная схема планировки РТК, где 1 – сварочный робот; 2 – автомобильный кузов; 3 – ленточный конвейер; 5 – устройство управления; 6 – пульт управления роботом.

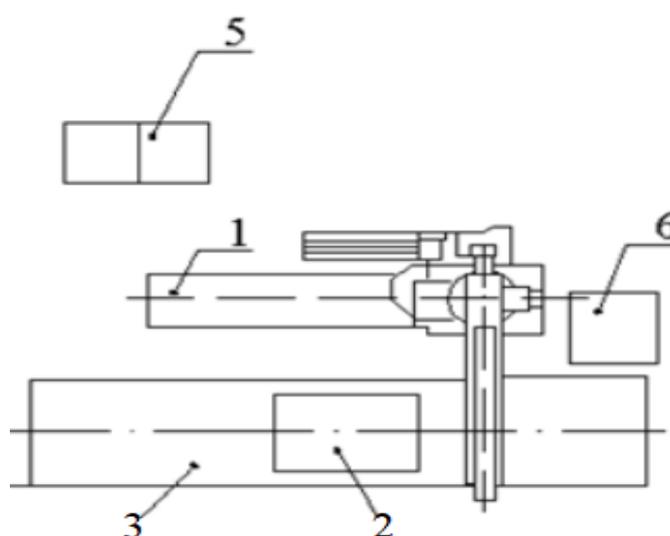


Рисунок 5 – Компоновочная схема планировки РТК

## **5 Выбор технологического и вспомогательного оборудования**

В данном курсовом проекте необходимо выбрать подходящий манипулятор для точечной сварки. Важно учитывать не только способность оснащать манипулятор сварочным устройством. Необходимо выбрать манипулятор, который будет осуществлять достижимость и доступность отдельных точек сварного шва.

Точечная сварка является одной из основных технологий сварки, широко применяемой в автомобильной промышленности для соединения металлических листов, особенно в кузовах автомобилей. Она основана на применении высокого тока через точечные электроды, что позволяет быстро создавать сварные соединения. Точечная сварка обеспечивает прочные и надежные соединения, а также имеет ряд преимуществ и особенностей, которые делают ее популярной в автомобильной промышленности.

Принцип работы точечной сварки заключается в следующем: между свариваемыми металлическими листами создается точечный контакт, а затем через этот контакт пропускается высокий электрический ток. Ток приводит к нагреванию металла и его плавлению, а также к формированию сварного соединения. Сварочный процесс происходит очень быстро - обычно в пределах нескольких миллисекунд.

Одной из основных преимуществ точечной сварки является ее высокая производительность. Быстрая скорость сварки позволяет выполнить большое количество сварных соединений за короткое время, что особенно важно в массовом производстве автомобилей. Кроме того, точечная сварка требует минимальной подготовки поверхностей перед сваркой, так как сварка осуществляется через точечные контакты.

Еще одним преимуществом точечной сварки является возможность сварки различных металлических материалов. Она может быть применена для сварки стальных, алюминиевых и нержавеющей стальных листов, что делает ее универсальным методом сварки в автомобильной промышленности.

Однако, помимо преимуществ, у точечной сварки есть и некоторые ограничения. Она подходит для соединения только тонких металлических листов, обычно толщиной до 3 мм. Также точечная сварка может вызвать деформацию металла в зоне сварного соединения, что требует дополнительных процессов коррекции и отделки.

В заключение, точечная сварка является важным методом сварки в автомобильной промышленности. Ее высокая производительность, возможность сварки различных металлов и прочные соединения делают ее предпочтительным выбором для многих сварочных операций. Главным преимуществом является использование в сварочном процессе автомобильной промышленности, в следствии чего и была рассмотрена данная технология.

## 5.1 Выбор манипулятора

Для выбора манипулятора нужно четкое понимание требований в данном производстве. Основой нашего комплекса будет два робота перекладчика, которые начинают и заканчивают весь процесс в нашем роботизированном технологическом комплексе. Отличным решением стал робот KUKA KR 1000 titan.

KUKA KR 1000 titan – это высокопроизводительный промышленный робот-перекладчик с впечатляющей грузоподъемностью до 1000 кг. Он обладает большим радиусом действия, что обеспечивает гибкость и мобильность в рабочей среде. Робот обеспечивает высокую точность позиционирования и повторяемость, что гарантирует выполнение задач с высокой степенью точности.

Он обладает высокой скоростью движения и производительностью, что способствует ускорению процессов производства. Быстрые циклы работы и плавные движения робота повышают общую производительность системы. Робот также гибко адаптируется к различным задачам и требованиям производства и может быть интегрирован с другими системами автоматизации и оборудованием.

Важной характеристикой робота является безопасность. Робот оснащен передовыми системами безопасности, включая датчики столкновений и системы предотвращения аварий, чтобы обеспечить безопасную работу в окружающей среде и защиту операторов от возможных опасностей.

Данный манипулятор представляет собой мощное и надежное решение для перемещения и перекладки тяжелых грузов в промышленных условиях. Его высокая грузоподъемность, гибкость, точность, производительность и безопасность делают его идеальным выбором для различных отраслей, где требуется эффективное управление и перемещение грузов. Характеристика робота KUKA KR 1000 titan приведены в таблице 5.1.

Таблица – 5.1 Характеристика KUKA KR 1000 titan

Максимальный вылет	3601мм
Номинальная полезная нагрузка	750 кг
Максимальная полезная нагрузка	750 кг
Количество осей	6
Грузоподъемность	1000 кг
Радиус действия	3500 мм

Робот KUKA KR 1000 titan обладает шестью основными осями движения,

которые обеспечивают его маневренность и гибкость в рабочей среде. Они обозначаются как оси А, В, С, Х, Y и Z. Вот описание каждой оси движения:

- Ось А - это ось поворота базы робота вокруг вертикальной оси. Она позволяет роботу вращаться по часовой стрелке и против часовой стрелки;

- Ось В- ось В отвечает за наклон вертикального столба робота. Она позволяет роботу наклоняться вперед и назад;

- Ось С - это ось поворота рабочего инструмента робота вокруг вертикальной оси. Она позволяет роботу вращать инструмент вокруг оси, перпендикулярной к рабочей поверхности;

- Ось Х отвечает за горизонтальное перемещение робота вдоль оси Х. Она позволяет роботу двигаться влево и вправо;

- Ось Y отвечает за горизонтальное перемещение робота вдоль оси Y. Она позволяет роботу двигаться вперед и назад;

- Ось Z отвечает за вертикальное перемещение рабочего инструмента робота вдоль оси Z. Она позволяет роботу подниматься вверх и опускаться вниз.

Рабочее пространство манипулятора, показана на рисунке 6.

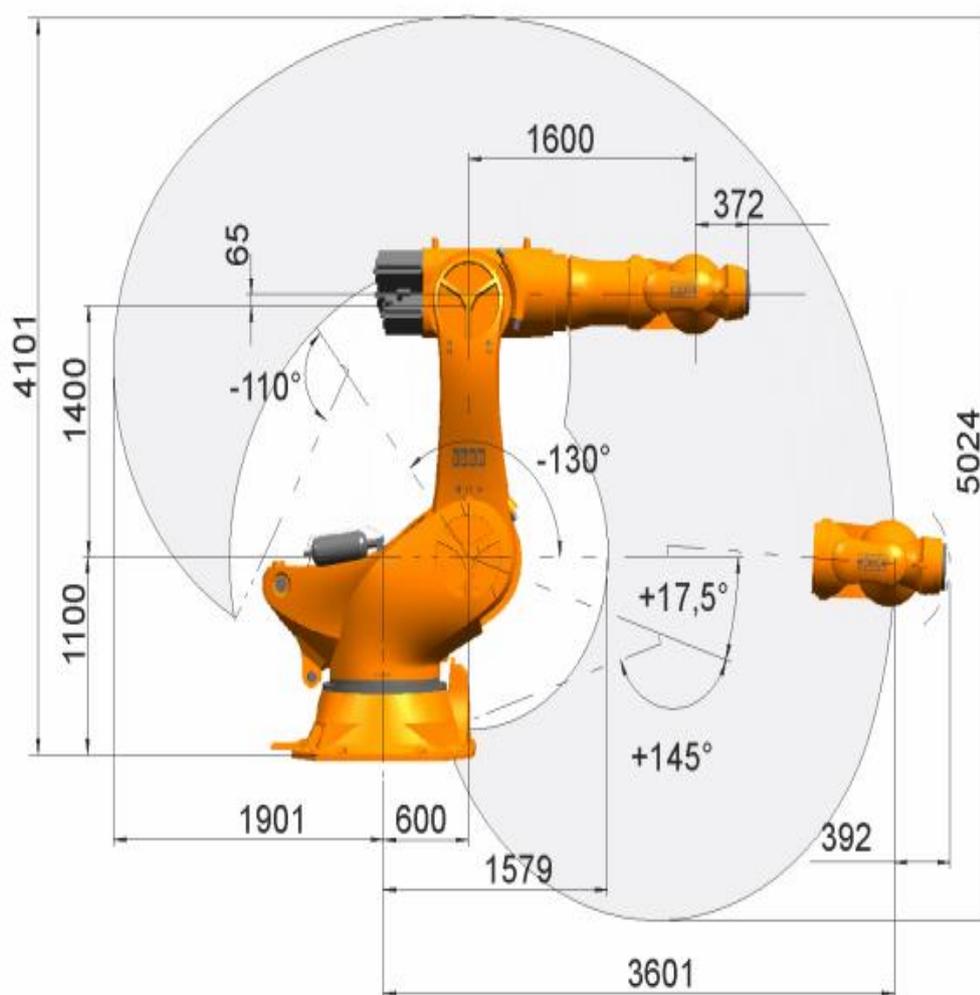


Рисунок 6 – Графическое изображение рабочего пространства

Данный манипулятор будет установлен на нашей РТК на двух позициях, тем самым начиная операцию подачи автомобильного кузова на наш конвейер и дальнейшее завершение всех операций выгрузки автомобильного кузова с конвейера. Сварочный робот Kuka KR 120 R2700 extra F представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Kuka KR 120 R2700

Kuka KR 120 R2700 extra F – это шестиосевой промышленный робот, который используется для автоматизации различных производственных процессов, который состоит из нескольких компонентов:

- Основание – это основа робота, которая крепится к полу и служит для поддержки всех остальных компонентов.

- Шесть осей – каждая ось отвечает за движение робота в определенном направлении. Эти оси позволяют роботу перемещаться по трехмерному пространству.

- Контроллер – это устройство, которое управляет работой робота и обрабатывает информацию от датчиков. Он устанавливается на основание робота.

- Манипулятор – это механическая конструкция, которая крепится к основанию и к которой крепятся инструменты, необходимые для выполнения задач.

- Инструмент – это конечный эффектор, который крепится к манипулятору и используется для выполнения различных задач. В зависимости от конкретной задачи робот может быть оснащен различными инструментами, такими как сварочные горелки, захваты, фрезерные головки и т.д.

- Датчики – робот оснащен различными датчиками, которые позволяют ему определять положение и ориентацию в пространстве, а также контролировать силу, применяемую к инструменту. Эти датчики помогают роботу выполнить задачу с высокой точностью и безопасностью.

Отличительные особенности:

- Высокая точность. Робот Kuka KR 120 R2700 extra F обладает высокой точностью позиционирования и повторяемостью, что позволяет ему выполнить задачу с высокой точностью;

- Большая грузоподъемность. Робот может поднимать и перемещать тяжелые предметы, весом до 120 кг;

- Большой радиус действия. Робот имеет большой рабочий объем и может перемещаться в пространстве на большом расстоянии;

- Быстрая скорость. Робот обладает высокой скоростью перемещения и выполнения задач, что позволяет ему эффективно использоваться в производственной среде;

- Гибкость. Робот может легко настраиваться на различные задачи и инструменты, благодаря своей гибкости и наличию различных программных настроек;

- Безопасность. Робот Kuka KR 120 R2700 extra F оборудован множеством датчиков, которые позволяют ему оперировать с большой безопасностью в присутствии людей и других объектов.

Обладая вышеперечисленными особенностями, выбранный робот является одним из универсальных роботов, который соответствует всем заданным требованиям технологического процесса. Применение робота Kuka KR 120 R2700 extra F широко распространено не только в машиностроительном производстве, но и во многих отраслях промышленности.

Одним из удобств представленного робота является оснащение датчиками, системами компьютерного зрения в заводской комплектации,

Датчики используемые в работе Kuka KR 120 R2700 extra F, показано на рисунке 8.

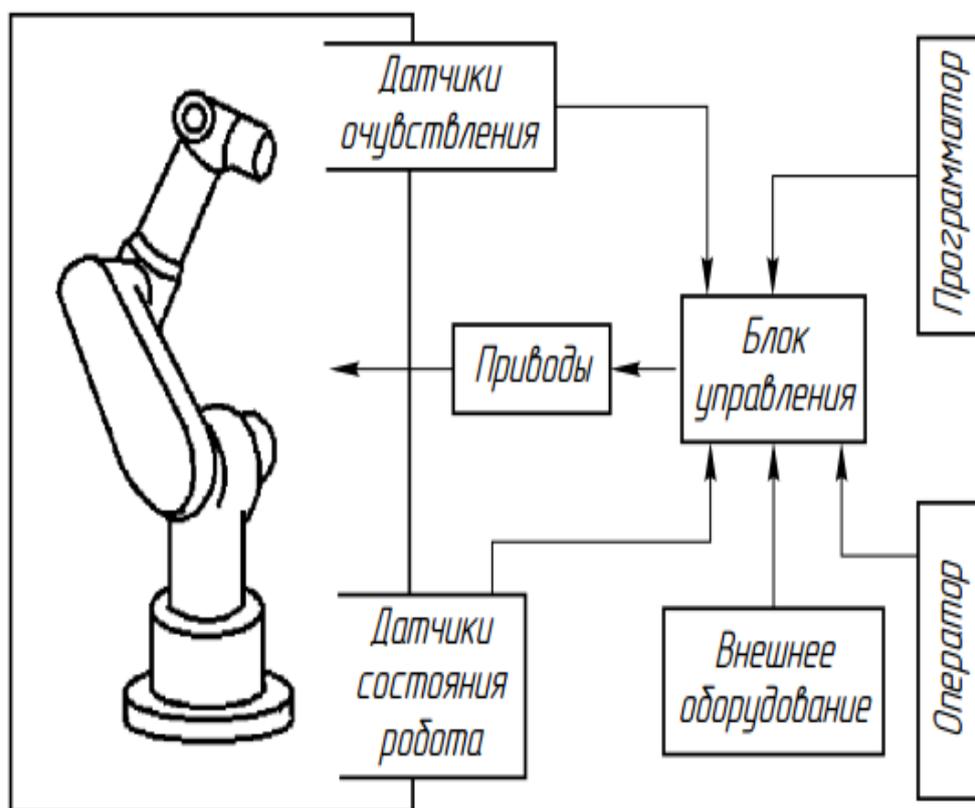


Рисунок 8 – Блок-схема робота

Для сварочного процесса в работе Kuka KR 120 R2700 extra F могут использоваться следующие датчики и их расположение:

- Датчики позиционирования: расположены на основании робота и на каждом сочленении робота, позволяют определять точную позицию и ориентацию инструмента робота;
- Датчики силы и крутящего момента: устанавливаются на инструменте робота и позволяют контролировать силу и крутящий момент, которые робот применяет при сварке;
- Датчики давления газа: устанавливаются на сварочной головке робота и позволяют контролировать давление газа во время сварки;
- Датчики температуры: расположены на сварочной головке и позволяют контролировать температуру сварочного шва и окружающей среды;
- Датчики расстояния: устанавливаются на сварочной головке и позволяют контролировать расстояние между сварочным инструментом и деталями, которые свариваются.

Датчики, являющиеся одними из составных комплектующих робота, охватывают полную рабочую зону, как и самого робота, так и интегрируемых в производство технических средств на ряду с представленным роботом.

На рисунке 9 представлена рабочая зона манипулятора.

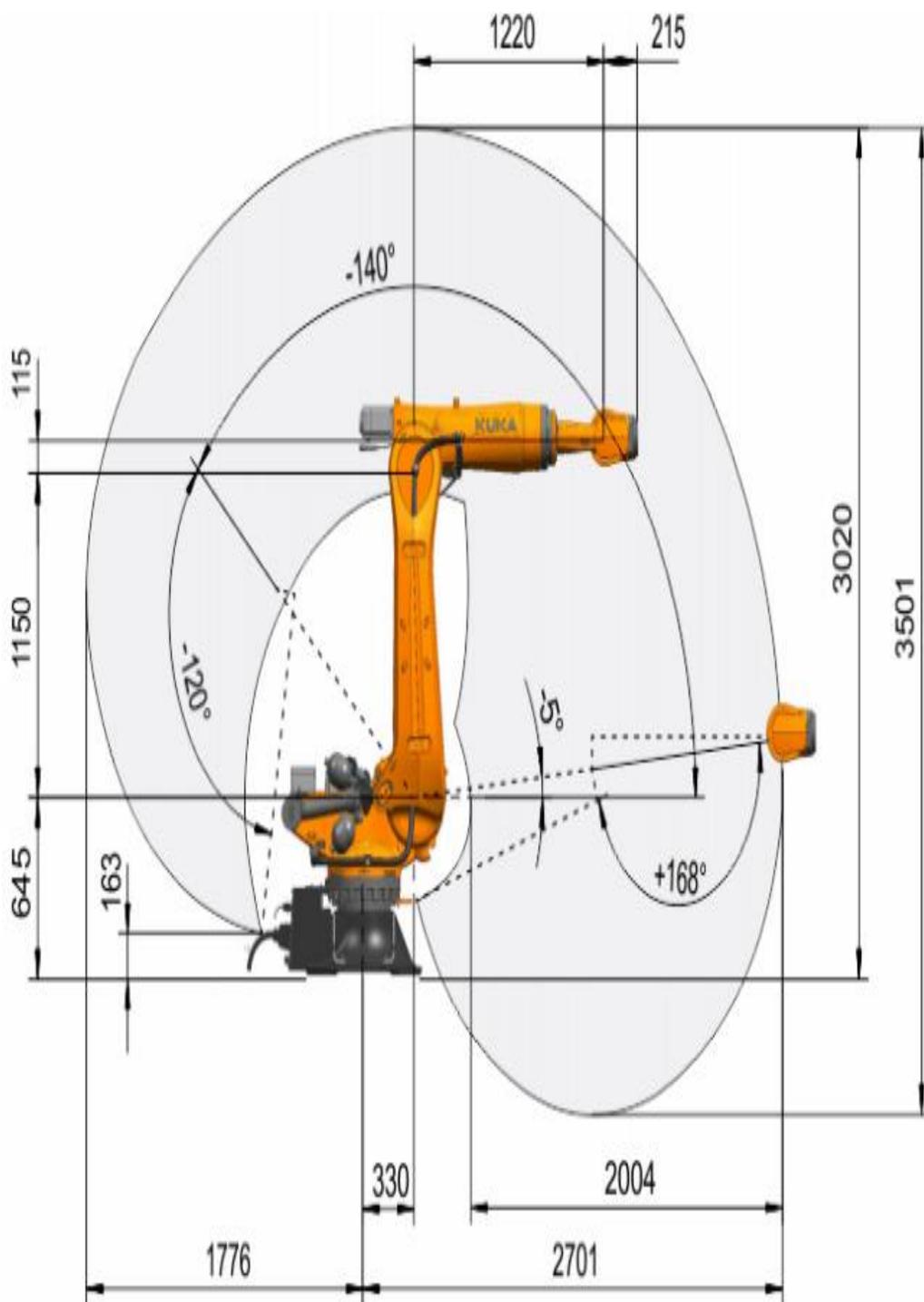


Рисунок 9 – Схема графика рабочей зоны

На рисунке 9 изображены как и монтажные размеры робота Kuka KR 120 R2700 extra F, так и его возможности перемещения в трёх осях, которому способствует наличие 6 степеней подвижности.

Сам установочный фланец манипулятора, показан на рисунке 10.

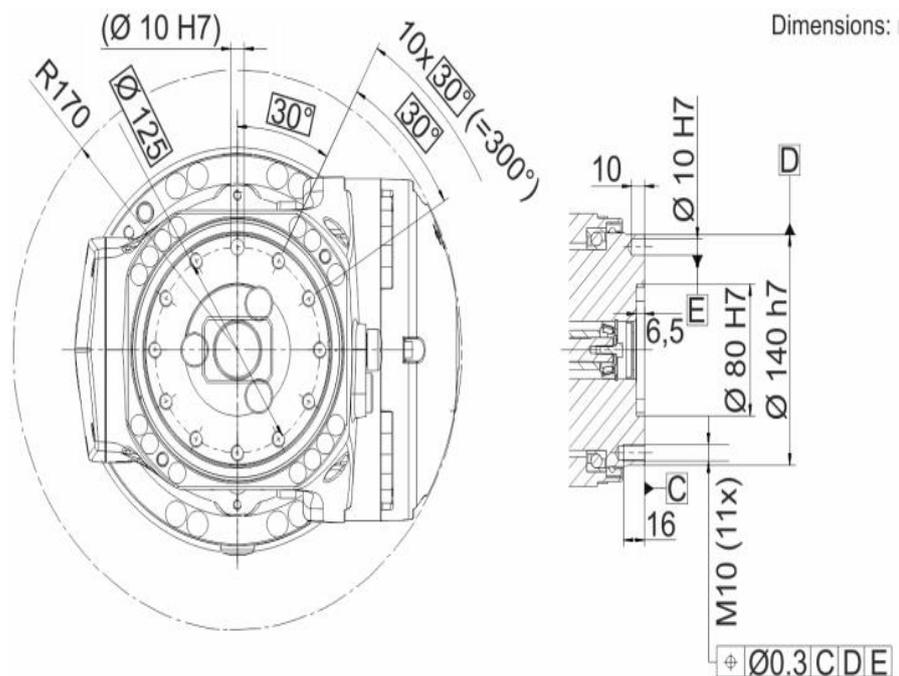


Рисунок 10 – Установочный фланец

Подготовка кузова к сварке. Перед тем, как робот Kuka KR 120 R2700 extra F приступит к сварке, необходимо подготовить кузов автомобиля к работе. Этот этап включает следующие операции:

- Зажим и фиксация кузова на специальной станции, которая обеспечивает точное позиционирование детали;
- Очистка поверхности кузова от пыли, грязи и жировых пятен;
- Обработка поверхности кузова при помощи специального оборудования, чтобы улучшить адгезию материала при сварке.

Настройка и программирование робота. Как только кузов готов к работе, необходимо настроить и запрограммировать робота Kuka KR 120 R2700 extra F для выполнения задач сварки. Этот этап включает:

- Установка и настройка сварочного оборудования, которое будет использоваться для сварки;
- Программирование робота для обеспечения точности и качества сварочных работ;
- Установка дополнительных инструментов, если это необходимо для выполнения задач сварки.

Сварочный процесс после настройки и программирования робота, можно приступать к сварке. Этот этап включает:

- Позиционирование сварочного инструмента перед началом сварочного процесса;
- Запуск робота и контроль за процессом сварки;
- Мониторинг и контроль качества сварочных работ, чтобы обнаружить любые ошибки или дефекты.

– Окончательная обработка кузова. После того, как сварочный процесс завершен, необходимо провести окончательную обработку кузова. Этот этап включает:

- Очистка сварочных швов и обработка поверхности кузова;
- Проверка качества сварки и исправление возможных дефектов;
- Подготовка кузова к следующим этапам производственного процесса.

Сам процесс сварки автомобильного кузова, показан на рисунке 11.



Рисунок 11 – Процесс сварки автомобильного кузова

Сварка автомобильного кузова роботом Kuka KR 120 R2700 extra F происходит по следующему процессу:

– Подготовка робота перед началом сварки робот Kuka KR 120 R2700 extra F настраивается на нужные параметры сварки. Это включает в себя установку необходимых сварочных параметров, выбор типа сварочного электрода, позиционирование сварочной головки и проверку работоспособности сварочного оборудования;

– Подготовка кузова: кузов, который будет свариваться, должен быть подготовлен в соответствии с требованиями, описанными в предыдущем ответе;

– Расположение кузова располагается на специальном станке или держателе, который обеспечивает его устойчивость во время сварки;

– Начало сварки после подготовки робота, кузова и установки креплений, робот Kuka KR 120 R2700 extra F начинает сварку. Сварочный электрод опускается на место сварки, а сварочная головка перемещается вдоль шва для создания сварного соединения;

– Управление сваркой робот Kuka KR 120 R2700 extra F может быть управляем с помощью специального программного обеспечения, которое

позволяет настроить сварочные параметры, скорость перемещения сварочной головки, глубину сварки и другие параметры. Оператор может контролировать процесс сварки с помощью системы мониторинга, которая отображает информацию о ходе сварки;

– Завершение сварки после завершения сварки робот Kuka KR 120 R2700 extra F перемещается в начальное положение и процесс сварки заканчивается. Сварное соединение остывает, а кузов может быть удален со станка для последующей обработки и отделки.

Связь всего оборудования между собой, показан на рисунке 12.

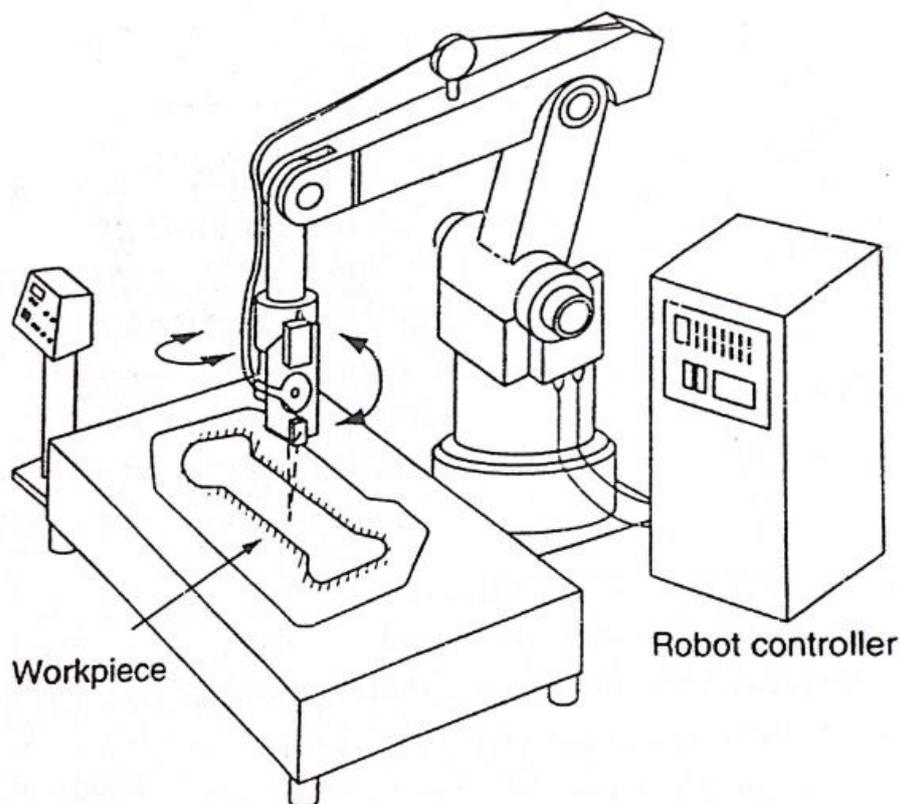


Рисунок 12 – Схематичное изображение связи всего оборудования

Двигатель робота, такого как Kuka KR 120 R2700 extra F, работает на основе принципа электромеханической преобразования энергии. Он преобразует электрическую энергию в механическую, что позволяет приводить в движение различные части робота, включая оси и суставы.

Двигатель Kuka KR 120 R2700 extra F оснащен электродвигателем переменного тока (AC), который является основным источником механической энергии для работы робота. Этот тип двигателя обладает высокой мощностью, крутящим моментом и эффективностью. Работа двигателя осуществляется по следующему принципу:

– Питание. Двигатель подключается к источнику питания, который предоставляет переменное напряжение. В случае робота Kuka KR 120 R2700 extra F, это обычно трехфазное переменное напряжение;

– Инвертор. Перед подачей питания на двигатель, переменное напряжение преобразуется с помощью инвертора. Инвертор преобразует переменное напряжение в переменное напряжение с изменяемой частотой и амплитудой, что позволяет контролировать скорость и направление вращения двигателя;

– Статор и ротор. Двигатель состоит из статора и ротора. Статор представляет собой стационарную часть, содержащую катушки обмоток, которые создают магнитное поле. Ротор, с другой стороны, является вращающейся частью и содержит постоянные магниты или катушки, которые генерируют взаимодействие с магнитным полем статора;

– Электромагнитное взаимодействие. При подаче питания на статор и ротор создается электромагнитное взаимодействие. Магнитное поле статора взаимодействует с магнитным полем ротора, что вызывает вращение ротора;

– Управление и обратная связь. Работа двигателя контролируется с помощью контроллера, который регулирует напряжение и частоту, подаваемые на двигатель.

В итоге, двигатель робота Kuka KR 120 R2700 extra F преобразует электрическую энергию в механическое вращательное движение, которое используется для управления осью и перемещения робота в промышленном процессе, таком как сварка и сборка металла

Таким образом, процесс сварки автомобильного кузова роботом Kuka KR 120 R2700 extra F представляет собой автоматический и точный процесс, который обеспечивает высокое качество сварного соединения и повышает производительность процесса сварки.

## 5.2 Выбор конвейера

Flat Belt Conveyor (ленточный конвейер с плоской лентой) является одним из наиболее распространенных типов конвейеров, используемых в промышленности для перемещения различных материалов и грузов. Этот тип конвейера обеспечивает эффективную и надежную транспортировку товаров во многих отраслях, включая автомобильную, пищевую, упаковочную и другие.

Основная особенность Flat Belt Conveyor - это плоская лента, которая простирается по всей длине конвейера. Лента обычно изготавливается из прочного материала, такого как резина, нейлон или полиэстер, что обеспечивает долговечность и устойчивость к нагрузкам. Плоская поверхность ленты обеспечивает плотный контакт с транспортируемыми предметами, предотвращая их скольжение и обеспечивая стабильность перемещения.

Преимущества Flat Belt Conveyor включают высокую грузоподъемность, плавность и равномерность транспортировки, а также возможность работы с различными типами материалов, включая мелкие предметы, грузы большого размера и даже жидкости. Этот тип конвейера обладает высокой скоростью перемещения, что способствует увеличению производительности и эффективности производственных процессов.

Flat Belt Conveyor может быть настроен и адаптирован для различных потребностей производства. Размеры и конфигурация конвейера могут быть изменены в соответствии с требованиями конкретного процесса, а также могут быть добавлены дополнительные элементы, такие как боковые ограничители, направляющие ролики и системы сброса, чтобы обеспечить точное и контролируемое перемещение грузов. Данный конвейер также может быть интегрирован с другими системами автоматизации, включая роботизированные руки и устройства подачи материалов, что позволяет реализовать комплексные и эффективные производственные линии. Этот тип конвейера обычно управляется с помощью специализированной системы управления, которая обеспечивает контроль скорости, направления и остановки конвейера, а также позволяет интегрировать его с другими производственными процессами. На рисунке 13 представлена схема ленточного конвейера.

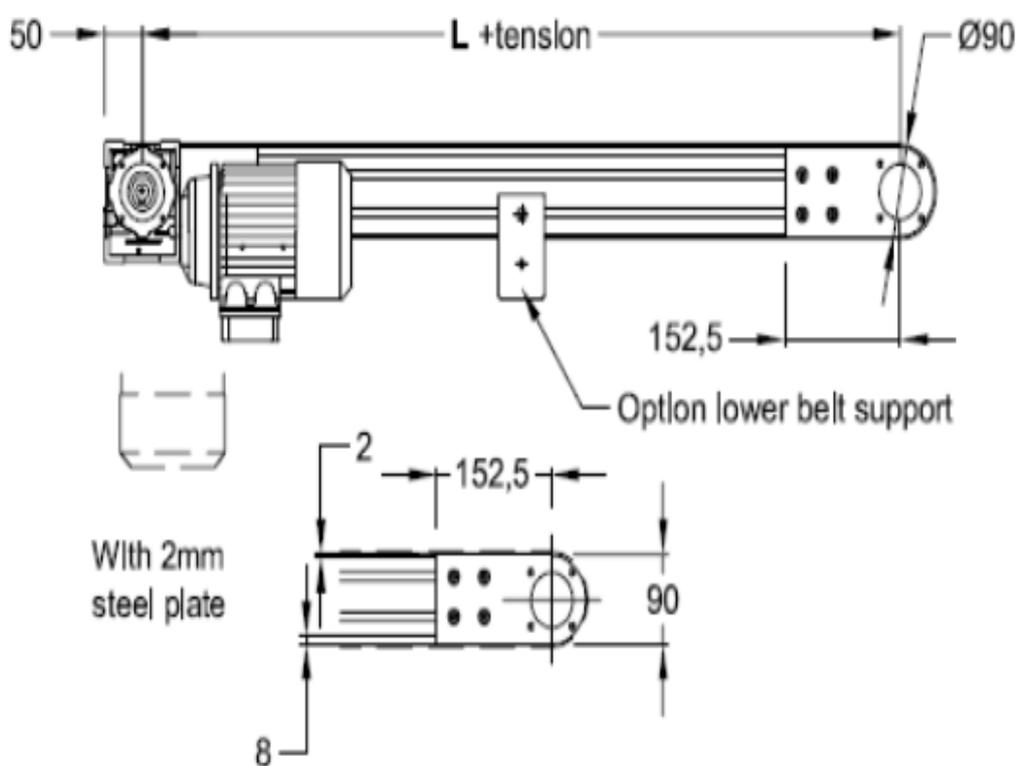


Рисунок 13 – Схема ленточного конвейера

Технические данные ленточного конвейера:

- Привод на шкиве конечного привода;
- Стальные шкивы с шарикоподшипниками;
- Каркас из алюминиевого профиля.

Размеры ленточного конвейера:

- Ширина : 500-600-700-800-1000;
- Длина : от 500 до 6000;
- Ширина ремня: А-10;

- Длина ремня:  $L_c = (2 \times L) + 300$ ;
  - Длина профиля:  $L_P = L - 100$ .
- На рисунке 14 представлен вид сверху ленточного конвейера.

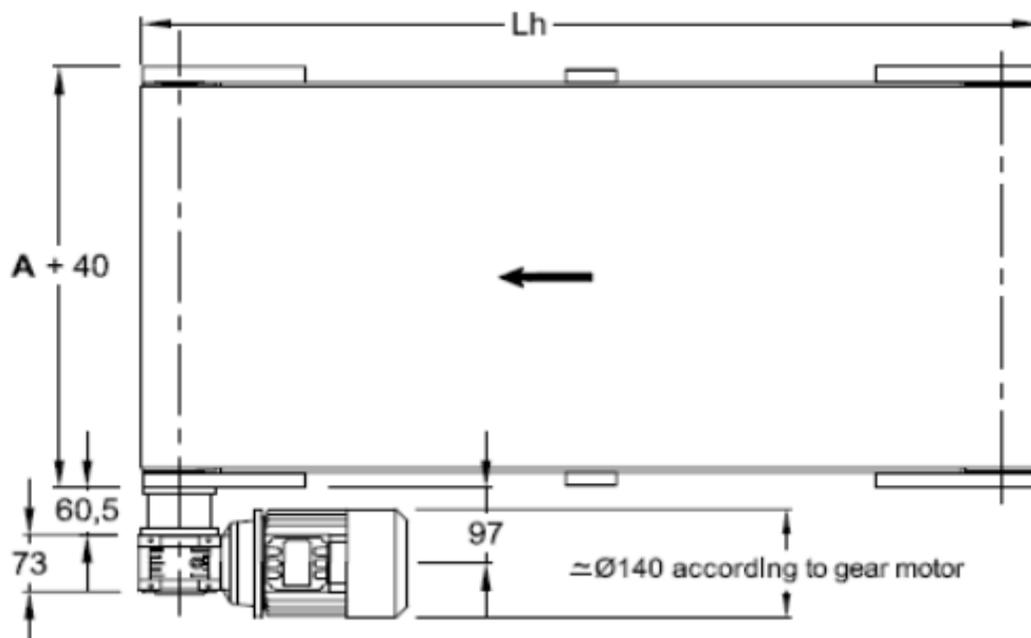


Рисунок 14 – Схема ленточного конвейера (вид сверху)

Ленточный конвейер с плоской лентой, такой как Flat Belt Conveyor, имеет ряд особенностей, которые делают его популярным и эффективным в различных промышленных приложениях. Вот некоторые особенности ленточного конвейера Flat Belt Conveyor:

- Плоская лента. Flat Belt Conveyor обладает плоской поверхностью ленты, что делает его идеальным для перемещения плоских и равномерных предметов, таких как листы металла, компоненты, коробки и другие;
- Гибкость. Ленточный конвейер с плоской лентой обладает гибкостью в настройке и конфигурации. Он может быть адаптирован под различные требования и пространственные ограничения на производстве;
- Простота обслуживания. Flat Belt Conveyor отличается простотой обслуживания и ухода. Лента легко заменяется при необходимости, а система конвейера требует минимального технического обслуживания;
- Высокая производительность. Благодаря своей плоской конструкции, ленточный конвейер обеспечивает высокую скорость перемещения предметов, что способствует повышению производительности и эффективности производственных процессов;
- Регулируемая скорость и нагрузка. Flat Belt Conveyor позволяет регулировать скорость движения ленты и нагрузку на конвейер, что позволяет лучше контролировать и оптимизировать процессы перемещения;
- Интеграция с автоматизацией. Ленточные конвейеры Flat Belt Conveyor часто используются в системах автоматизации и роботизации, так как они могут

быть легко интегрированы с роботами и другими устройствами для выполнения различных операций;

- Разнообразие размеров и конфигураций. Flat Belt Conveyor предлагает широкий выбор размеров и конфигураций, что позволяет адаптировать его под конкретные потребности и требования производства;

- Надежность и долговечность. Ленточные конвейеры Flat Belt Conveyor изготовлены из прочных материалов, обладающих высокой стойкостью к износу и долговечностью, что гарантирует их надежную и долгосрочную работу.

### **5.3 Выбор системы управления**

Система управления – это важная составляющая любого технологического процесса. В контексте промышленного производства, система управления играет решающую роль в обеспечении эффективности, точности и безопасности операций. Она позволяет координировать работу различных устройств и оборудования, обрабатывать данные, осуществлять контроль и мониторинг, а также регулировать процессы в реальном времени.

Современные системы управления в промышленности становятся все более сложными и интеллектуальными, используя передовые технологии и алгоритмы для оптимизации производственных процессов. Вот некоторые ключевые аспекты и преимущества систем управления. Автоматизация и оптимизация процессов системы управления позволяют автоматизировать и оптимизировать различные операции в производстве. Они осуществляют контроль над движением, скоростью, позиционированием и другими параметрами оборудования для достижения максимальной эффективности и качества.

Интеграция различных устройств и оборудования системы управления обеспечивают интеграцию между различными устройствами и оборудованием, такими как роботы, конвейеры, сенсоры и другие. Это позволяет создавать совместные и координированные операции, улучшая согласованность и синхронность в производстве.

Предоставление информации и аналитика системы управления собирают и обрабатывают данные из различных источников, предоставляя операторам и инженерам ценную информацию о состоянии производства. Они также осуществляют аналитику и предиктивное моделирование для оптимизации процессов и принятия обоснованных решений.

Гибкость и масштабируемость системы управления разработаны с учетом гибкости и масштабируемости, чтобы соответствовать изменяющимся требованиям производства. Они позволяют легко добавлять новые устройства, настраивать параметры работы и адаптироваться к различным процессам и условиям.

Безопасность и защита системы управления обеспечивают высокий уровень безопасности в производственной среде. Они могут контролировать

доступ, предотвращать аварийные ситуации, обнаруживать неисправности и принимать меры по предотвращению потенциальных рисков.

Интуитивный интерфейс и удобство использования системы управления обладают интуитивным интерфейсом и простым в использовании программным обеспечением. Они позволяют операторам легко контролировать и настраивать процессы.

Контроллер в нашем РТК, будет подобран, отталкиваясь от анализа характеристик роботов-манипуляторов и конвейера. В нашем случае, одним из лучших считается контроллер Kuka KR C4.

Контроллер KUKA KR C4 является одним из продуктов компании KUKA Robotics и предназначен для управления промышленными роботами. Контроллер KUKA KR C4 представляет собой современное решение для управления промышленными роботами. Этот контроллер обладает множеством особенностей и функций, которые делают его незаменимым инструментом в области автоматизации производства.

Один из ключевых аспектов контроллера KUKA KR C4 - это его высокая производительность. Благодаря мощному процессору и оптимизированной архитектуре, контроллер способен обрабатывать большие объемы данных и выполнять сложные вычисления в реальном времени. Это позволяет эффективно управлять роботами и выполнить широкий спектр задач автоматизации. Контроллер KUKA KR C4 также отличается гибкостью и масштабируемостью. Он поддерживает работу с различными моделями роботов KUKA, включая KUKA KR 1000 titan и KUKA KR 120 extra 2700. Это дает возможность создавать системы автоматизации, которые соответствуют уникальным потребностям производства, а также легко масштабировать и модернизировать систему по мере необходимости.

Управление контроллером KUKA KR C4 осуществляется через интуитивно понятный пользовательский интерфейс. Он предлагает различные инструменты и функции для программирования, настройки и мониторинга работы роботов. Благодаря этому операторы могут быстро освоить работу с контроллером и эффективно управлять роботами без необходимости в глубоких знаниях программирования. Безопасность является важным аспектом работы с роботами, и контроллер KUKA KR C4 предоставляет высокий уровень защиты. Он включает в себя различные функции безопасности, такие как системы датчиков, защитные ограждения и возможность мониторинга окружающей среды. Это гарантирует безопасность операторов и предотвращает возможные аварийные ситуации. Контроллер KUKA KR C4 также обладает возможностью интеграции с другими системами в производственной среде. Он поддерживает различные промышленные протоколы связи, что облегчает интеграцию с существующими системами автоматизации и управления. Это позволяет создавать комплексные и совместные системы, где роботы и другие устройства работают вместе совместно, обеспечивая оптимальную эффективность процесса. Контроллер KUKA KR C4 отличается надежностью и долговечностью. Он спроектирован для работы в требовательных промышленных условиях и

соответствует высоким стандартам качества. Это обеспечивает стабильную и надежную работу роботов, минимизируя простои и повышая производительность процесса автоматизации.

На рисунке 15 представлен блок управления, который состоит из следующих компонентов: 1 – вентиляторы, 2 – жесткий диск, 3 – низковольтный сетевой блок питания, 4 – карта памяти (EDS), 5 – блок управления для малых роботов (CCU\_SR), 6 – разъемы верхней панели, 7 – главный выключатель; 8 – разъемы управляющего компьютера и место для плат расширения, 9 – опциональное оборудование, 10 – главная плата, 11 – аккумуляторы.

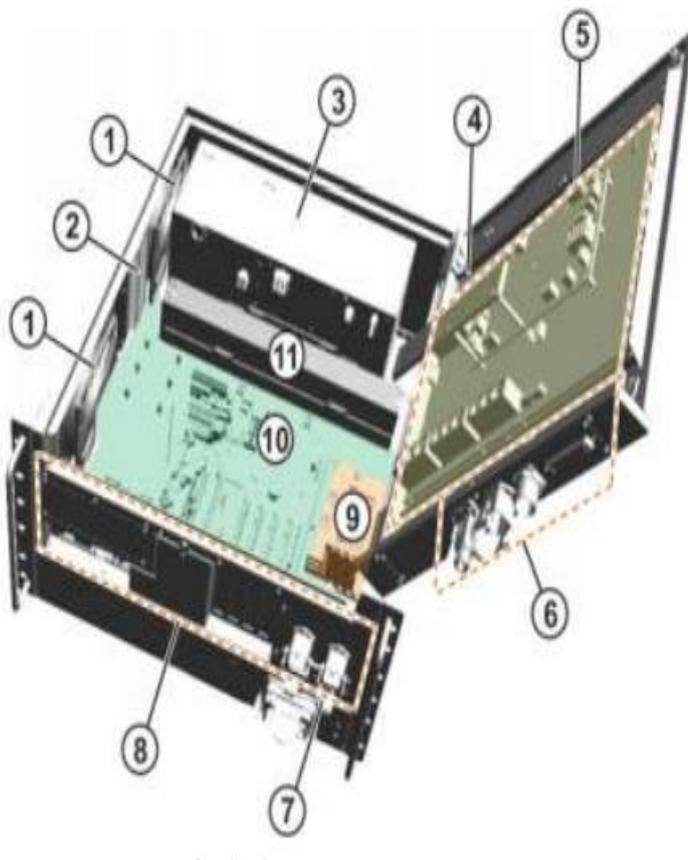


Рисунок 15 – Блок управления

На рисунке 16 представлен интерфейсы управляющего персонального компьютера, где 1 – гнездо для платы магистральной шины, 2 – кожух карт магистральной шины, 3 – разъем USB 3.0, 4 – DVI-I, 5 – разъёмы USB 2.0, 6 – встроенная сетевая карта, дополнительный сетевой интерфейс KUKA.

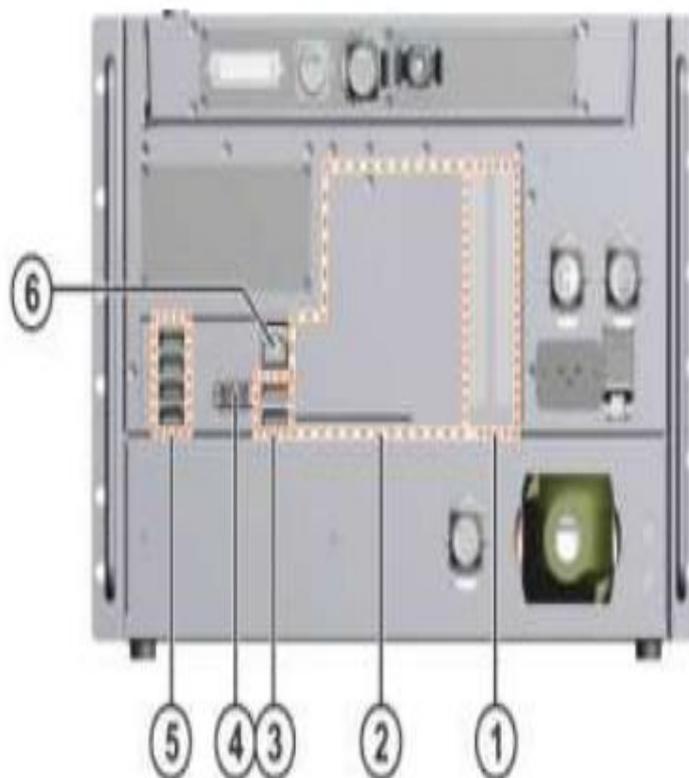


Рисунок 16 – Интерфейсы управляющего персонального компьютера

Панель соединения системы управления с манипулятором в стандартном исполнении позволяет подключить:

- кабель сетевого питания;
- кабель электропитания двигателя/обмена данными;
- кабель пульта управления SmartPAD;
- периферийные кабели.

Для связи с контроллером, каждый робот должен быть оборудован Ethernet-интерфейсом, который позволяет установить соединение посредством сетевых кабелей. Каждый робот должен иметь уникальный IP-адрес в сети и настройки сетевых параметров, чтобы контроллер мог идентифицировать и обмениваться данными с каждым роботом.

На рисунке 17 представлен интерфейс системы управления KR C4, где 1 – предохранительный дискретный интерфейс, 2 – подключение пульта управления SmartPAD, 3 – интерфейс расширений, 4 – сервисный интерфейс, 5 – интерфейс манипулятора, 6 – предохранительный интерфейс Ethernet, 7 – подключение к электросети, 8 – штекер подключения двигателей, 9 - интерфейсы управляющего персонального компьютера.

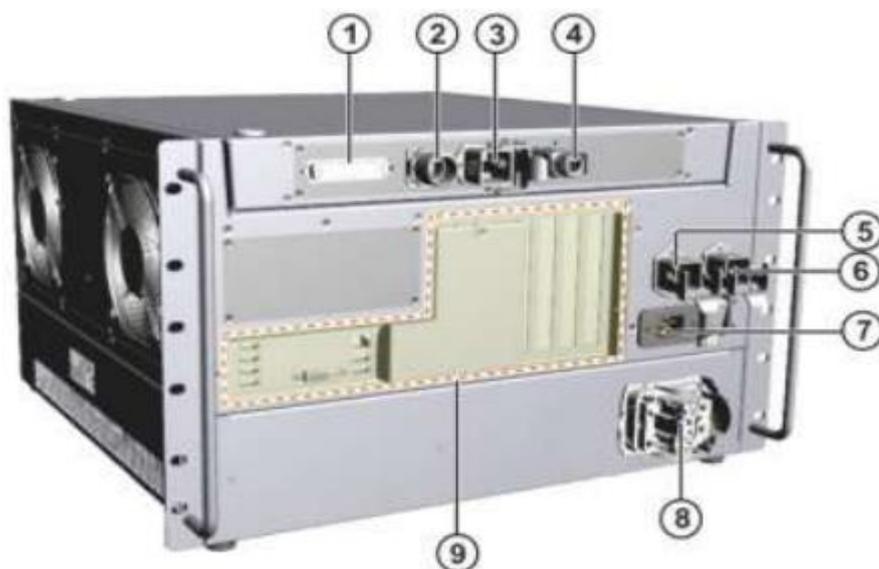


Рисунок 17 – Интерфейсы системы управления KR C4

Система связи между контроллером KUKA KR C4 и роботами KUKA KR 1000 titan и KUKA KR 120 extra 2700 будет осуществляться через протокол Ethernet. Протокол Ethernet обеспечивает передачу данных между устройствами в сети, что позволяет контроллеру управлять роботами и получать информацию о их состоянии.

Для связи с контроллером, каждый робот должен быть оборудован Ethernet-интерфейсом, который позволяет установить соединение посредством сетевых кабелей. Каждый робот должен иметь уникальный IP-адрес в сети и настройки сетевых параметров, чтобы контроллер мог идентифицировать и обмениваться данными с каждым роботом.

Система связи будет осуществлять передачу различных типов данных между контроллером и роботами, таких как команды управления, параметры работы, сигналы с датчиков, информация о состоянии роботов и т. д. Контроллер будет отправлять команды управления роботам, определять их движения, скорость и другие параметры работы. Роботы будут передавать обратную связь, включая информацию о своем состоянии, выполнении задач, ошибках и других важных событиях. Также вместе с ними и подключается конвейер, по способу соединения через протокол Ethernet. Протокол Ethernet обеспечивает надежную и быструю передачу данных между контроллером и роботами, что позволяет эффективно управлять и координировать работу роботизированного процесса. Контроллер и роботы должны быть настроены на одной сетевой подсети и иметь совместимые настройки протокола связи для успешного обмена данными.

## 6 Результаты внедрения

Основные результаты работы по разработке роботизированного технологического комплекса сварочного процесса автомобильных кузов представлены следующим образом:

- Разработка и внедрение системы. Была разработана и успешно внедрена система, включающая роботов, сварочные аппараты, конвейеры и систему управления. Система позволяет автоматизировать сварочный процесс автомобильных кузов, улучшая его эффективность, качество и надежность;

- Повышение производительности: Роботизированный технологический комплекс позволяет значительно повысить производительность сварочного процесса. Роботы работают более точно и быстро, сокращая время цикла и увеличивая общую производительность производства автомобильных кузов;

- Улучшение качества сварки. Благодаря использованию роботов, сварочный процесс становится более точным и стабильным. Роботы могут выполнять сварку с высокой точностью и повторяемостью, что приводит к улучшению качества сварных соединений и снижению количества дефектов;

- Снижение затрат и увеличение эффективности. Роботизированный технологический комплекс позволяет снизить затраты на рабочую силу и повысить эффективность использования ресурсов. Роботы работают более эффективно и могут выполнять сварочные операции в течение длительного времени без необходимости в перерывах;

- Улучшение условий труда. Автоматизация сварочного процесса с помощью роботов значительно улучшает условия труда для операторов. Опасные и тяжелые операции переносятся на роботов, что снижает риск травм и повышает безопасность труда;

- Гибкость и масштабируемость. Роботизированный технологический комплекс обладает гибкостью и масштабируемостью, что позволяет адаптировать его под различные модели автомобильных кузов и изменения в производственном процессе. На рисунке показано сравнение производственных затрат при использовании роботов и человеческого труда.

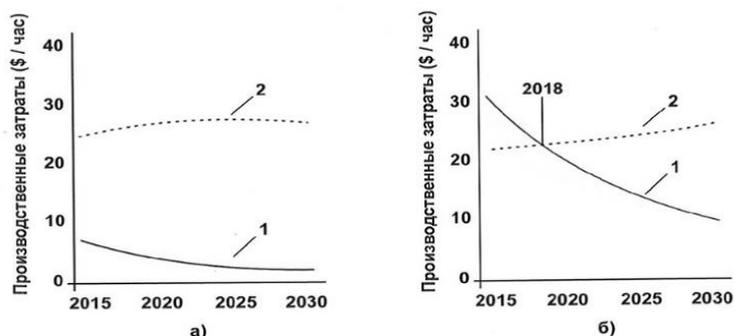


Рисунок 16 – Сравнение производственных затрат  
1а – при использовании роботов в автомобилестроении, 2б – рабочий труд в электрооборудовании

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования и разработки роботизированного технологического комплекса (РТК) для сварочного процесса в машиностроительном производстве можно сделать следующие выводы.

Роботизированный технологический комплекс является эффективным и инновационным решением для автоматизации сварочных процессов в машиностроительном производстве. Он позволяет сократить время и ручной труд, повысить производительность и качество сварных соединений. Использование роботов сварочного оборудования обеспечивает высокую точность и повторяемость операций, что особенно важно при работе с сложными и многообразными кузовами автомобилей.

Оптимальная планировка учитывает безопасность и эффективность потока материалов и заготовок, а интеграция системы управления обеспечивает синхронизацию работы роботов, конвейеров и других устройств.

Роботизированный технологический комплекс совместно с применением современных технологий сварки, контроля и систем управления позволяет достичь высокого качества сварных соединений, минимизировать брак и повысить производительность. Кроме того, автоматизация сварочного процесса снижает риски для рабочих, улучшает условия труда и повышает безопасность производства.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Климов А.С. Роботизированные технологические комплексы и автоматические линии в сварке: учебник для вузов. – Лань, 2021. – 236 с.
- 2 Черепяхин, А. А. Технология конструкционных материалов. Сварочное производство: учебник для вузов / А. А. Черепяхин, В. М. Виноградов, Н. Ф. Шпунькин. – 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 269 с.
- 3 Н.П. Меткин, М.С. Лапин, С.А. Клейменов, В.М. Критский. Гибкие производственные системы. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 309с.
- 4 Ленточный конвейер // Электронная ссылка на сайте <https://elcomautomation.com/conveyors/flat-belt-conveyors-2/flat-belt-conveyor-90>
- 5 Роботехника и автоматизация // Электронная ссылка на сайт <https://www.kuka.com/>
- 6 Э. А. Гладков, В. Н. Бродягин, Р. А. Перковский. Автоматизация сварочных процессов: учебник. – Москва: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 421 с.
- 7 KUKA Industrial Robot // Электронная ссылка на сайт <https://www.kuka.com/career/>
- 8 И. В. Петрова Автоматизация технологических процессов и производств – Новосибирск: Издательство Новосибирский государственный технический университет, 2020. – 33с
- 9 Селевцов Л.И., Селевцов А.Л. Автоматизация технологических процессов. – 3е изд., - Издательский центр «Академия», 2014. – 123с
- 10 Гибкие производственные системы, промышленные роботы, робототехнические комплексы: Практ. пособие. В 14 кн. Кн. 6. Б. И. Черпаков, В. Б. Великов и ч. Робототехнические комплексы / Под ред. Б.И. Черпакова. - М.: Высш. шк., 1989. - 95 е.: ил. - с.6-7

**Протокол анализа Отчета подобия  
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения заявляет, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Кенжигалиев Сабир Сабыржанович

**Название:** Разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве

**Координатор:** Байбатшаев Мухит Шабданович

**Коэффициент подобия 1:** 4.97

**Коэффициент подобия 2:** 4.19

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 14

**Белые знаки:** 0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальника структурного подразделения констатирует следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем не допускаю работу к защите.

**Обоснование:** В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 4.97 и Коэффициент подобия 2: 4.19. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«01» июня 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:**

Дипломный проект допускается к защите.

«01» июня 2023 г.  
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Кенжигалиев Сабир Сабыржанович

**Название:** Разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве

**Координатор:** Байбатшаев Мухит Шабданович

**Коэффициент подобия 1:** 4.97

**Коэффициент подобия 2:** 4.19

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 14

**Белые знаки:** 0

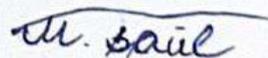
**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: В результате проверки на антиплагиат были получены коэффициенты: Коэффициент подобия 1: 4.97 и Коэффициент подобия 2: 4.19. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«01» июля 2023 г.

Дата



Подпись Научного руководителя

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента  
Кенжигалиева Сабира Сабыржановича  
6B07013- Автоматизация и роботизация

На тему: Разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве

Выполнено:

а) пояснительная записка на 38 страницах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В пояснительной записке, представленной на рецензирование, показана разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве.

В первой главе были рассмотрены цели и задачи, стоящие перед разработкой роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве.

Во второй главе рассмотрена актуальность разработки РТК.

В третьей главе был проведен обзор технологий для процесса в машиностроительном производстве.

В четвертой главе представлена компоновка роботизированного технологического комплекса для процесса сварки в машиностроительном производстве.

В пятой главе был осуществлен выбор технологического и вспомогательного оборудования.

В шестой главе рассмотрены результаты разработанной РТК для процесса сварки в машиностроительном производстве.

Графический и текстовый материал оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к оформлению учебных работ.

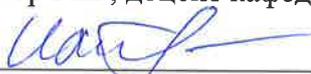
Данный дипломный проект отличает научно-исследовательский подход, проработанность и полнота изложенного теоретического материала, свидетельствующего об отличной теоретической подготовке дипломанта.

### Оценка работы

Считаю, что данный дипломный проект заслуживает оценки «А», а студент Кенжигалиев С.С. присуждения академической степени бакалавра по специальности 6B07103 – Автоматизация и роботизация.

### Рецензент

Доктор PhD, доцент кафедры «IT-Инжиниринг»

  
(подпись)

Иманбекова Ұ.Н.

«27» мая

2023 г.



**ОТЗЫВ**

**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломный проект

Тема: «Разработка роботизированного технологического комплекса для процесса в машиностроительном производстве» Кенжигалиева Сабир Сабыржановича

по специальности 6В07103-Автоматизация и роботизация

Тема дипломного проекта связана с разработкой роботизированных систем для важного технологического процесса применяемого в отрасли машиностроения- сварочного производства.

В процессе работы над дипломным проектом Кенжигалиевым С.был проведен обзор , анализ существующих и широко применяемых роботизированных сварочных процессов. На основе заданного технологического процесса проведен анализ его характеристик в результате которого выбрано технологическое оборудование,промышленный робот и построена компоновочная схема РТК .Для выбранной компоновочной схемы и технологического процесса разработан алгоритм функционирования и циклограмма работы.Разработана модель функционирования РТК

Все поставленные в дипломном проекте проблемы и задачи выполнены полностью.

В процессе работы Кенжигалиев С. проявил необходимые теоретические и практические знания и навыки позволившие решить поставленные задачи.Считаю ,что дипломный проект выполнен на достаточном теоретическом и практическом уровне и полностью соответствует требованиям к дипломному проекту на академическую степень бакалавра и заслуживает оценки «С-70» баллов, а автор Кенжигалиев Сабир Сабыржанович присуждения степени бакалавра по специальности «6В07103-Автоматизация и роботизация».

**Научный руководитель**

ассоц.профессор кафедры «Автоматизация и управление»,

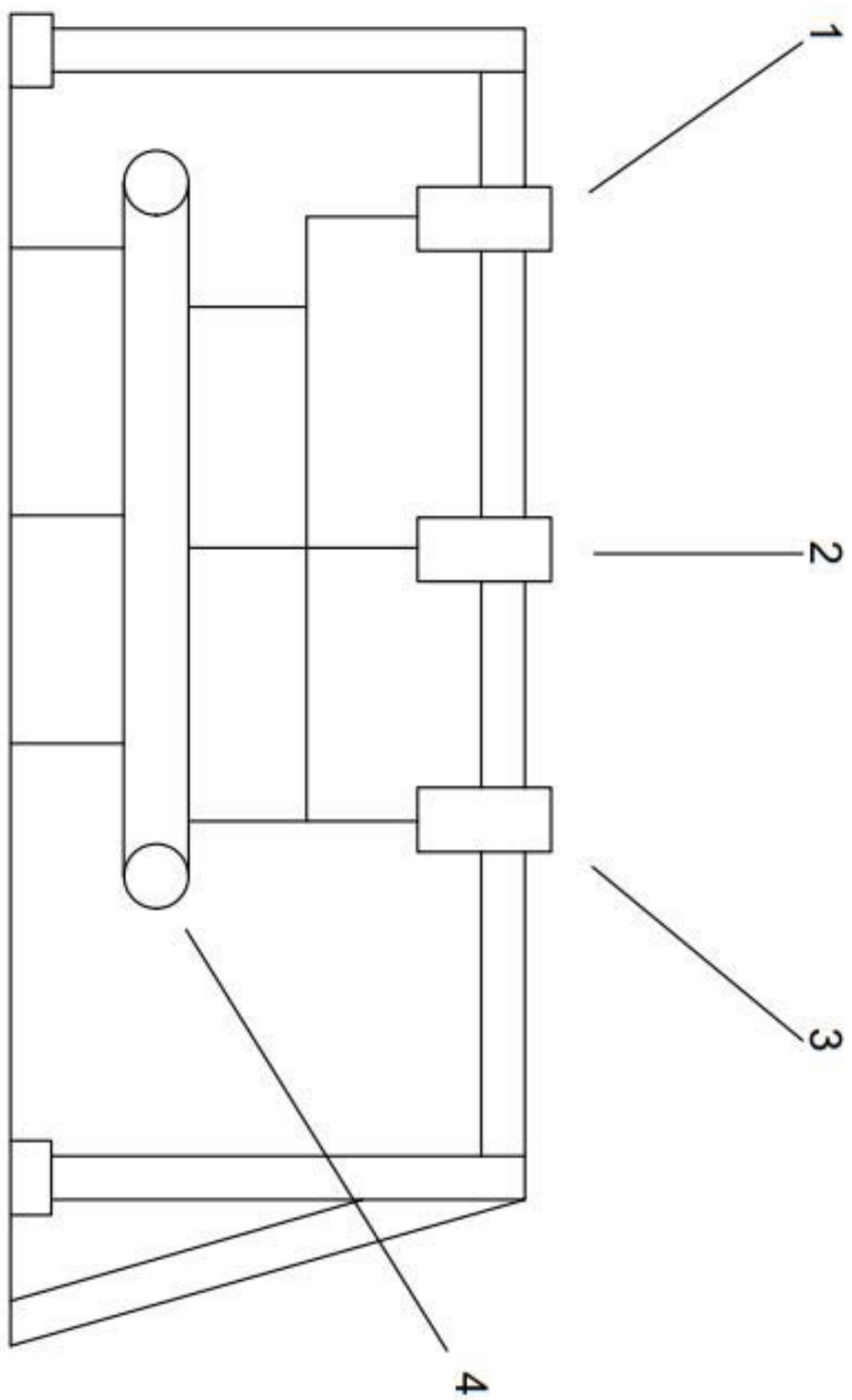
д.т.н. Байбатшаев М.Ш.

« 12»июня 2023 г.



Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

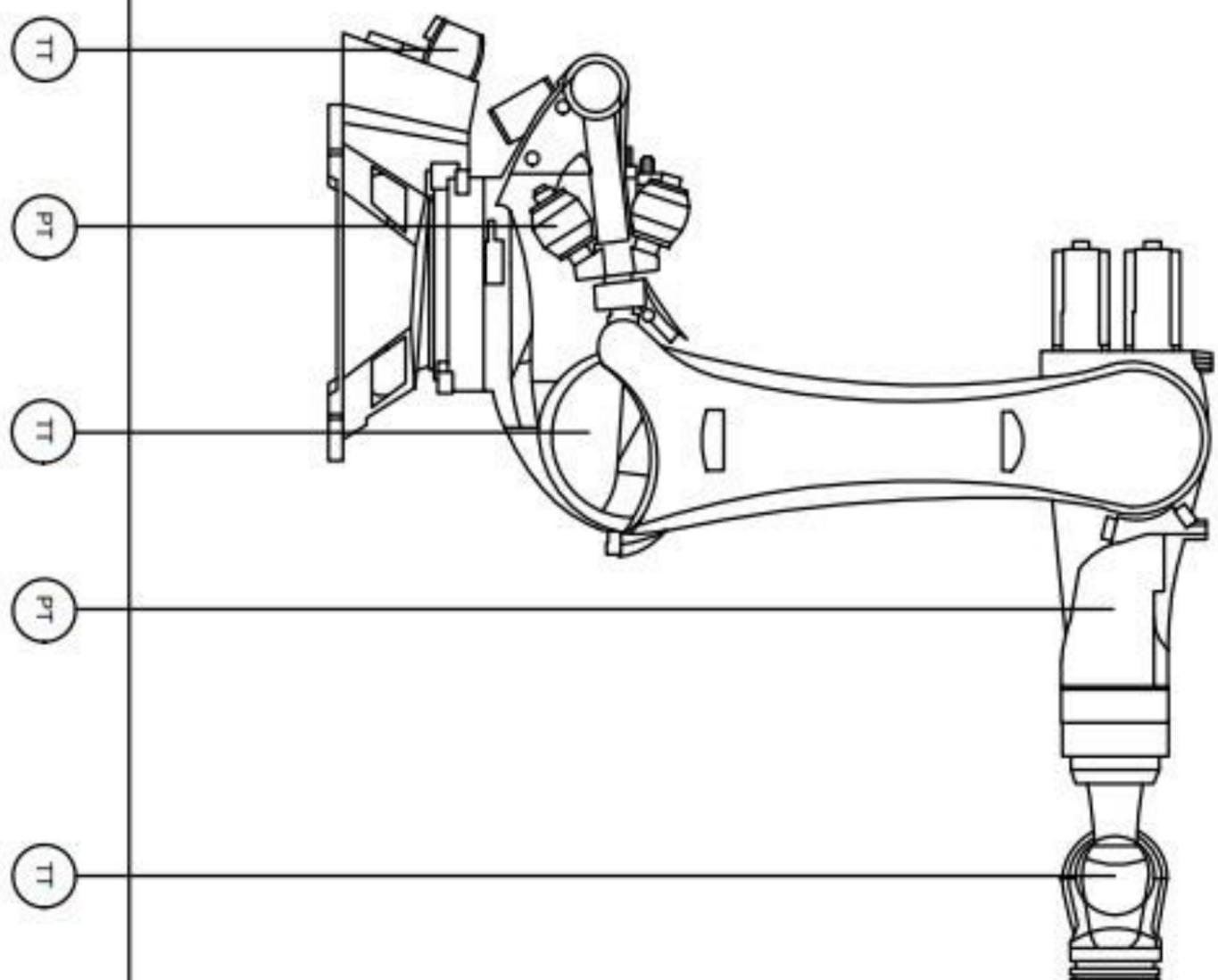
Справ. №	Перв. примен.

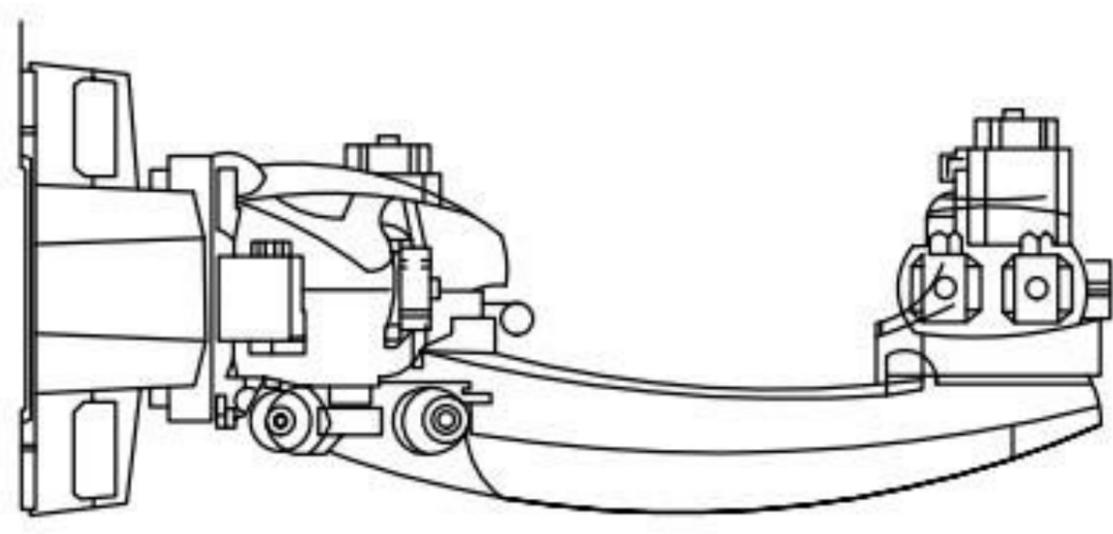


Имя	Лист	№	группы	Форм.	Дата
Фамилия					
Имя					
Фамилия					
Имя					
Фамилия					

Конструктор	Лист	Масштаб	Контур
Инженер	Лист	Масштаб	Контур

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Спроб. №	Перв. примен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

Приборы по месту	Приборы на щите
	



Мат. лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разработ.			
Проб.			
Т.инжнр.			
Начинпр.			
Инж.			

Копиробот	Лист	Косса	Мощность
	Лист	Листов	

Копиробот  
Формат А3