

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Институт Автоматики и информационных технологий

Кафедра Автоматизация и управление

6B07103 – Автоматизация и роботизация

Тамочкин Артур Николаевич

Разработка роботизированной системы сборочного процесса

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

6B07103 – Автоматизация и роботизация

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



**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**  
к дипломному проекту

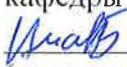
На тему: «Разработка роботизированной системы сборочного процесса»

6B07103 – Автоматизация и роботизация

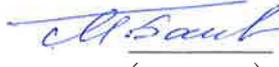
Выполнил

Тамочкин А.Н.

Рецензент

Доктор PhD, доцент  
кафедры IT-Инжиниринг  
 Иманбекова Ұ.Н.  
(подпись)  
«01» июля 2023 г.

Научный руководитель  
Д.т.н., асоц. профессор

 Байбатшаев М.Ш.  
(подпись)  
«01» июля 2023 г.

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 Тамочкину А.Н.

Тема: «Разработка роботизированной системы сборочного процесса»

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: характеристики робота

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

- а) Компоновка роботизированной системы;
- б) Разработка программного обеспечения.

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	15 апреля 2023 г.	
Специальный раздел	15 марта 2023 г.	

**Подписи**

консультантов и нормоконтролера на законченный дипломный проект с  
указанием относящихся к ним разделов проекта

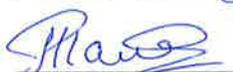
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата	Подпись
Технологический раздел	М.Ш.Байбатшаев Д.т.н., ассоц.профессор	27.05.2023	
Специальный раздел	М.Ш.Байбатшаев Д.т.н., ассоц.профессор	27.05.2023	
Нормоконтролер	А.Б. Жеңіс маг. техн. наук, ассистент	30.05.2023	

Научный руководитель



Байбатшаев М.Ш.

Задание принял к исполнению обучающийся



Тамочкин А.Н.

Дата

«6» марта 2023 г.

## **АНДАТПА**

Бұл жазба жинау процессінің роботтандырылған жүйесін дайындау туралы сипаттайды. Зерттеудің мақсаты, жинау процессін жақсырақты жасауға болатын, сапалы және автоматтандырылған жүйені жасау болуы. Жұмыс кезінде зерттеулер жүргізілді, мазмұнын талдау жасалды және сәйкес алгоритмдер мен бағдарламалық қамтамасыз ету жасалды. Дайындалған жүйе жинау қиындықтарды жасауға, өндіру процестерін қоршауға және өнімділікті жақсартуға болатын. Зерттеу нәтижелері, жинау процессінің роботтандырылған жүйесінің әрекеттілігін жоғарылатуға және өнімнің өндіру заттарын кемітуге болатын қолжетімді шешім болып табылады

## **АННОТАЦИЯ**

Данная работа описывает разработку роботизированной системы сборочного процесса. Целью исследования было создание эффективной и автоматизированной системы, способной улучшить процесс сборки продукта. В ходе работы были проведены исследования, анализ существующих технологий и разработаны соответствующие алгоритмы и программное обеспечение. Разработанная система способна выполнять сложные задачи сборки, оптимизировать производственные процессы и улучшить качество продукта. Результаты исследования показывают, что роботизированная система сборочного процесса является эффективным решением, способным повысить производительность и сократить затраты на производство.

## **ANNOTATION**

This paper describes the development of a robotic assembly system. The aim of the research was to create an efficient and automated system capable of improving the product assembly process. The study involved research, analysis of existing technologies, and the development of corresponding algorithms and software. The developed system is capable of performing complex assembly tasks, optimizing production processes, and improving product quality. The research results demonstrate that the robotic assembly system is an effective solution capable of increasing productivity and reducing production costs.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В современных условиях автоматизация производственных процессов является ключевым фактором для повышения эффективности и конкурентоспособности промышленных предприятий. Роботизированные системы нашли широкое применение во многих областях, включая сборочные процессы, где они способны автоматизировать и оптимизировать выполнение монотонных, трудоемких и повторяющихся операций.

Цель данной дипломной работы заключается в исследовании, разработке и внедрении роботизированной системы сборочного процесса в промышленной среде. Основной задачей работы является создание эффективной и гибкой системы, способной автоматизировать сборку комплексных изделий с высокой точностью и производительностью.

В ходе работы будет проведен анализ требований к сборочному процессу и изучение существующих решений и технологий в области роботизации. Затем будет произведена разработка алгоритмов и программного обеспечения для управления роботом, обеспечивающего оптимальную последовательность сборочных операций и обработку возможных ошибок.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Роботизированная система сборочного процесса	8
1.1 Основные принципы роботизированной системы	8
1.2 Цель и задачи разработки системы	9
1.3 Применение роботизированных систем в сборке	10
2 Анализ требований к сборочному процессу	12
2.1 Обзор существующей роботизированной системы сборки	12
2.2 Идентификация компонентов и операций сборочного процесса	13
2.3 Определение требований к техническим средствам системы	15
2.4 Сравнительный анализ	16
3 Начало разработки роботизированной системы	19
3.1 Выбор технических средств	19
3.2 Компоновка роботизированной системы	22
4 Разработка программного обеспечения для управления системой	24
4.1 Выбор языка программирования	24
4.2 Реализация программного обеспечения в управлении	25
4.3 Обработка ошибок	28
5 Интегрирование разработанной системы в производство	32
5.1 Внедрение системы	32
5.2 Результаты и преимущества	32
6 Вывод и оценка системы	34
Заключение	35
Список использованной литературы	36

# **1 Роботизированная система сборочного процесса**

## **1.1 Основные принципы роботизированной системы**

Роботизированные системы являются сложными комплексами, основанными на передовых технологиях и инженерных решениях. Они объединяют в себе различные принципы и концепции, направленные на достижение оптимальной автоматизации и эффективности работы.

В основе роботизированных систем лежит принцип автоматизации, который заключается в возможности автоматического выполнения задач без участия человека. Роботы обладают способностью принимать решения на основе заранее заданных правил и алгоритмов, что позволяет им работать в автономном режиме. Они могут выполнять сложные операции, монотонные задачи и работать в опасных или недоступных для людей средах.

Для восприятия окружающей среды и сбора информации роботы используют различные датчики. Они могут быть оснащены камерами, лазерными сканерами, ультразвуковыми и инфракрасными сенсорами для измерения расстояний, обнаружения препятствий и анализа окружающей среды.

Еще одним важным аспектом роботизированных систем является применение искусственного интеллекта. Роботы могут использовать возможности машинного обучения и нейронных сетей для анализа данных, принятия решений и обучения на основе опыта. Это позволяет им совершенствовать свои навыки, адаптироваться к новым ситуациям и оптимизировать свою работу.

Роботы взаимодействуют с окружающей средой с помощью механизмов и приводов. Они могут быть оснащены манипуляторами, сенсорами силы и тактильными датчиками, что позволяет им выполнять задачи, требующие точности и предельной чувствительности. Роботы могут выполнять операции с высокой скоростью и повторяемостью, а также работать в сотрудничестве с людьми, взаимодействуя с ними безопасным и эффективным образом.

Кроме того, роботизированные системы основываются на инженерных принципах, включая надежность, эффективность, гибкость и безопасность. Инженеры стремятся создать роботов, способных работать стабильно и надежно в различных условиях, а также адаптироваться к изменяющимся требованиям и задачам.

Основные принципы роботизированных систем взаимосвязаны и взаимозависимы, их совместное применение позволяет создавать высокоэффективные и гибкие решения. Роботы становятся все более широко используемыми в различных сферах деятельности, снижая риски, увеличивая производительность и предоставляя новые возможности для автоматизации и оптимизации процессов.

## 1.2 Цель и задачи разработки системы

Основная цель разработки роботизированных систем заключается в создании автоматизированных решений, способных выполнять разнообразные задачи с минимальным или без участия человека. Эти системы разрабатываются с целью улучшить эффективность, надежность и безопасность рабочих процессов в различных отраслях и сферах деятельности.

Промышленность является одной из основных областей применения роботизированных систем. Они позволяют автоматизировать процессы производства, ускорять операции, повышать точность и качество выпускаемой продукции. Роботы способны выполнять монотонные, опасные или физически тяжелые работы, освобождая человека от рутины и повышая его безопасность на рабочем месте.

Еще одной целью разработки роботизированных систем является улучшение качества жизни людей в различных сферах. Например, в медицине роботы могут использоваться для проведения сложных операций с максимальной точностью и минимальным воздействием на пациента. Они также могут помогать в реабилитации, уходе за пожилыми людьми и обеспечении медицинской помощи в отдаленных районах.

Роботизированные системы также играют важную роль в исследованиях и исследовательских миссиях. Роботы-исследователи могут быть использованы для исследования космоса, глубоких водных пространств, опасных территорий и других недоступных для человека мест. Они позволяют получать информацию, собирать образцы, анализировать данные и расширять наши знания о мире.

Также разработка роботизированной системы включает решение множества задач, связанных с планированием, проектированием и реализацией. Одной из таких задач является определение потребностей и требований системы. Необходимо провести анализ и понять, какие задачи должна выполнять система, а также какие ожидания есть у пользователей и конечных пользователей.

Проектирование и механика системы - это также важный этап разработки. Здесь нужно разработать структуру системы, включая механизмы, манипуляторы, приводы и другие компоненты. При этом необходимо учесть такие аспекты, как эргономика, масштабируемость, прочность и надежность системы.

Одной из ключевых задач является разработка программного обеспечения для управления системой. Здесь создаются программы, позволяющие системе выполнять нужные функции и задачи. Программирование автономного поведения, планирование движения, восприятие окружающей среды - все это входит в задачи разработки программного обеспечения системы.

Важным аспектом является также восприятие и сенсорика. Роботизированная система должна быть оснащена надежными и точными

сенсорами для восприятия окружающей среды. Здесь задача состоит в выборе и интеграции датчиков, таких как камеры, лазерные сканеры, ультразвуковые сенсоры и другие, чтобы система могла собирать данные и принимать решения на основе этой информации.

В процессе разработки необходимо также интегрировать и тестировать различные компоненты и систему в целом. Это включает проверку функциональности, производительности, безопасности и совместимости системы.

И, наконец, обучение и адаптация являются важными задачами разработки. Если система использует искусственный интеллект и машинное обучение, то необходимо обучить систему на основе данных и алгоритмов. Система должна быть способна адаптироваться к изменяющимся условиям и обучаться на новой информации для улучшения своей производительности и эффективности.

### **1.3 Применение роботизированных систем в сборке**

Роботизированные системы широко применяются в сборочных процессах различных отраслей промышленности. Они обеспечивают автоматизацию и повышение эффективности процесса сборки, а также обладают высокой точностью и повторяемостью операций.

В автомобильной промышленности роботы используются для сборки автомобильных компонентов, таких как двигатели, подвески, кузовные элементы и другие. Они выполняют сложные и точные операции, обеспечивая высокую скорость и качество сборки.

В электронной промышленности роботы используются для сборки печатных плат, компонентов и устройств. Они способны выполнять мельчайшие операции, такие как пайку, монтаж микросхем и проводов, обеспечивая высокую точность и скорость сборки.

В промышленности пищевой и напитков роботы используются для автоматической сборки и упаковки продуктов. Они могут выполнять задачи, связанные с сортировкой, укладкой, упаковкой и маркировкой продуктов, сокращая время и улучшая гигиеничность процесса.

В медицинской промышленности роботы применяются в операционных залах для помощи хирургам. Они могут выполнять сложные и точные операции с высокой степенью управляемости и безопасности, что снижает риск ошибок и улучшает результаты операций.

В других отраслях, таких как производство электроники, фармацевтика, текстильная и упаковочная промышленность, роботизированные системы также находят широкое применение. Они помогают автоматизировать и улучшить различные процессы сборки, упаковки, сортировки и обработки материалов.

Применение роботизированных систем в сборке позволяет снизить

затраты на трудовые ресурсы, повысить производительность, обеспечить повышенную безопасность и качество производства. Они также позволяют выполнять задачи в труднодоступных или опасных средах, а также работать в непрерывном режиме без необходимости перерывов на отдых.

Роботизированные системы играют ключевую роль в автомобильной промышленности, обеспечивая автоматизацию и оптимизацию сборочного процесса. В автомобильном производстве роботы применяются на различных этапах, начиная с сборки отдельных компонентов и заканчивая сборкой готовых автомобилей.

На ранних стадиях производства роботы могут использоваться для сборки двигателей. Они способны точно устанавливать компоненты двигателя, такие как поршни, коленчатый вал, клапаны и другие, с высокой степенью точности и повторяемости. Это позволяет обеспечить высокую производительность и качество двигателей.

Далее, роботизированные системы применяются в сборке кузова автомобиля. Они выполняют сложные операции сварки, склеивания и монтажа кузовных элементов. Роботы обладают высокой точностью и могут справляться с различными материалами, такими как сталь, алюминий и композитные материалы. Они также обеспечивают равномерность и надежность соединений.

Далее, роботы применяются для сборки и установки различных компонентов автомобиля, таких как подвеска, трансмиссия, электрические системы и интерьер. Они могут точно и быстро устанавливать компоненты, обеспечивая высокую скорость и качество сборки. Это позволяет снизить время производства и повысить производительность сборочной линии.

Кроме того, роботы используются для сборки окончательного сбора автомобиля, включая установку кузова, установку двигателя, проведение тестовых испытаний и качественную проверку. Они обеспечивают автоматизацию и высокую точность этих процессов, что способствует сокращению времени производства и повышению качества готового автомобиля.

Роботизированные системы также находят применение в логистике и складском хозяйстве автомобильных предприятий. Они могут выполнять задачи по перемещению и хранению автозапчастей, обеспечивая эффективность и оптимизацию логистических операций.

## **2 Анализ требований к сборочному процессу**

### **2.1 Обзор существующей роботизированной системы сборки**

Роботизированные системы широко применяются в сборочных процессах различных отраслей промышленности. Они обеспечивают автоматизацию и повышение эффективности процесса сборки, а также обладают высокой точностью и повторяемостью операций.

В автомобильной промышленности роботы используются для сборки автомобильных компонентов, таких как двигатели, подвески, кузовные элементы и другие. Они выполняют сложные и точные операции, обеспечивая высокую скорость и качество сборки.

В электронной промышленности роботы используются для сборки печатных плат, компонентов и устройств. Они способны выполнять мельчайшие операции, такие как пайку, монтаж микросхем и проводов, обеспечивая высокую точность и скорость сборки.

В промышленности пищевой и напитков роботы используются для автоматической сборки и упаковки продуктов. Они могут выполнять задачи, связанные с сортировкой, укладкой, упаковкой и маркировкой продуктов, сокращая время и улучшая гигиеничность процесса.

В медицинской промышленности роботы применяются в операционных залах для помощи хирургам. Они могут выполнять сложные и точные операции с высокой степенью управляемости и безопасности, что снижает риск ошибок и улучшает результаты операций.

В других отраслях, таких как производство электроники, фармацевтика, текстильная и упаковочная промышленность, роботизированные системы также находят широкое применение. Они помогают автоматизировать и улучшить различные процессы сборки, упаковки, сортировки и обработки материалов.

Применение роботизированных систем в сборке позволяет снизить затраты на трудовые ресурсы, повысить производительность, обеспечить повышенную безопасность и качество производства. Они также позволяют выполнять задачи в труднодоступных или опасных средах, а также работать в непрерывном режиме без необходимости перерывов на отдых.

Примером такой системы может служить сборочный процесс группировки коробок, который включает в себя ряд этапов:

– Подача пустых коробок. Роботы могут автоматически подавать пустые коробки с конвейера или с хранилища на рабочую площадку. Они могут точно располагать коробки в заданной позиции, облегчая последующие операции.

– Группировка продукции. Роботизированные системы могут собирать и группировать продукцию в соответствии с заданными параметрами. Например, если требуется упаковать определенное количество товаров или сформировать группы товаров определенного типа, роботы могут точно собирать и организовывать эти товары в группы.

– Помещение товаров в коробки. На этом этапе роботы берут готовые группы товаров и аккуратно помещают их в коробки. Они могут использовать алгоритмы и предварительно заданные настройки для оптимального размещения товаров внутри коробок с учетом максимальной эффективности использования пространства.

– Закрытие коробок. Роботы могут выполнять операции по закрытию и запечатыванию коробок после того, как товары были помещены внутрь. Они могут использовать различные методы закрытия, включая склейку, скрепление или применение клеевых полос.

– Маркировка и этикетирование. Роботы могут также выполнять операции по нанесению маркировки или этикеток на упакованные коробки. Это может включать информацию о продукте, штрих-коды, дату производства и срок годности. Роботы могут точно и аккуратно наносить эти маркировки с высокой скоростью и повторяемостью.

– Сортировка и паллетирование. После упаковки и закрытия коробок, роботы могут сортировать упакованные коробки и укладывать их на паллеты для удобства транспортировки или хранения. Они могут использовать алгоритмы для оптимального расположения коробок на паллете с учетом размеров, веса и стабильности.

– Перемещение и доставка. Роботы могут перемещать упакованные коробки с помощью конвейерных систем, роликовых конвейеров или других автоматизированных механизмов. Они могут доставлять коробки в определенные места для дальнейшей обработки, складирования или отправки.

## **2.2 Идентификация компонентов и операций сборочного процесса**

Идентификация компонентов и операций сборочного процесса является важным шагом в разработке роботизированной системы. Она позволяет определить все необходимые элементы и процессы, которые будут включены в систему, чтобы достичь поставленных целей сборки.

Идентификация компонентов включает определение всех физических элементов, используемых в сборочном процессе. Это могут быть детали, модули, инструменты, приспособления и другие составляющие. Каждый компонент должен быть четко идентифицирован и описан, чтобы обеспечить их правильное взаимодействие в системе.

Идентификация операций включает определение последовательности шагов, которые необходимо выполнить для успешной сборки изделия. Это может включать перемещение, монтаж, крепление, замыкание и другие операции, которые выполняются для сборки компонентов. Каждая операция должна быть четко определена и учтена при разработке программного обеспечения и управления роботом.

Идентификация компонентов и операций позволяет обеспечить полное понимание сборочного процесса и определить все необходимые ресурсы,

чтобы разработать эффективную роботизированную систему сборки. Это также помогает оптимизировать процесс, улучшить качество сборки и повысить производительность системы.

В качестве примера рассмотрим процесс группировки коробок.

Операции в сборочном процессе группировки коробок включают несколько шагов, начиная с подготовки рабочей области. В этом шаге рабочая площадка подготавливается для выполнения операций, и проверяется наличие всех необходимых инструментов и оборудования.

Следующим шагом является подача пустых коробок. Пустые коробки загружаются на конвейер или площадку для сборки, где они будут использоваться для формирования групп коробок. Важно обеспечить непрерывную подачу коробок, чтобы операторы могли продолжать работу без простоев.

Далее следует операция группировки компонентов. Компоненты, которые будут размещены в каждой коробке, должны быть предварительно подготовлены. Операторы распределяют компоненты по коробкам в соответствии с требованиями или заданной конфигурацией. Это может включать размещение компонентов определенного типа или количества в каждой коробке.

После группировки компонентов происходит операция фиксации. Компоненты устанавливаются и фиксируются внутри каждой коробки с использованием соответствующих методов фиксации, таких как ленты, клеи, заклепки и т.д. Это гарантирует, что компоненты остаются на своих местах во время транспортировки и использования.

Затем выполняется операция закрытия коробок. Верхняя крышка коробок закрывается или коробки упаковываются в пленку или другой материал. Это защищает компоненты внутри коробок от повреждений и обеспечивает их целостность во время хранения и транспортировки.

Контроль качества является неотъемлемой частью процесса группировки коробок. После завершения сборки каждая коробка проверяется на корректность и полноту компонентов. Если какие-либо коробки не соответствуют требованиям качества, они отбраковываются для последующей коррекции или замены.

Далее следует подготовка готовых коробок к отгрузке. Коробки могут быть отмечены и маркированы согласно требованиям, чтобы облегчить идентификацию и отслеживание. Готовые коробки группируются и упаковываются для удобства транспортировки и хранения.

В завершение процесса происходит отгрузка готовых коробок. Коробки могут быть подготовлены к транспортировке или непосредственно доставлены заказчику. Отгрузка может быть выполнена с использованием различных методов и транспортных средств в зависимости от требований и условий доставки.

## 2.3 Определение требований к сборочному процессу

Сборочный процесс является сложной и многогранной операцией, требующей учета большого количества факторов для его эффективного и успешного выполнения. Каждый этап сборки и каждая деталь влияют на конечный результат, поэтому необходимо учитывать множество переменных и аспектов.

Одной из основных задач работы является анализ требований к системе сборочного процесса, включая точность, скорость, интеграцию с существующими производственными процессами, а также обеспечение безопасности и эргономики работы. На основе этого анализа будет проведена разработка системы, которая удовлетворит заданные требования.

Анализ требований к техническому процессу в разрабатываемой роботизированной системе сборочного процесса является важным шагом для определения функциональности и характеристик системы. Ниже приведены некоторые общие требования, которые могут быть учтены при анализе:

- Точность и повторяемость. Система должна обеспечивать высокую точность позиционирования и сборки деталей. Точность определяет качество и надежность процесса, а повторяемость позволяет достичь однородности и стабильности в производстве.

- Производительность. Система должна быть способна обеспечить требуемый объем производства, обрабатывая детали с высокой скоростью и эффективностью. Это может включать оптимизацию времени цикла, скорость перемещения робота и время переключения между задачами.

- Безопасность. Важным требованием является обеспечение безопасности операторов и окружающей среды в процессе работы системы. Это может включать использование безопасных зон, применение защитных устройств, встроенные системы безопасности и обучение операторов.

- Гибкость и масштабируемость. Система должна быть гибкой и способной адаптироваться к изменениям в производственной среде. Она должна быть масштабируемой для возможности добавления новых деталей или изменения конфигурации процесса без необходимости полной перестройки системы.

- Интеграция с другими системами. В зависимости от потребностей процесса, система может требовать интеграции с другими автоматизированными системами, такими как системы подачи деталей, системы визуального распознавания, системы управления качеством и другие.

- Обслуживание и обновление. Важным требованием является удобство обслуживания и возможность проведения обновлений и модификаций системы для обеспечения ее долгосрочной работоспособности и соответствия новым требованиям.

Анализ требований к техническому процессу позволяет определить основные характеристики и функциональность роботизированной системы сборочного процесса, которые будут в дальнейшем использоваться для

разработки алгоритмов, программного обеспечения и конфигурации системы.

Для роботизации системы сборочного процесса группировки коробок часть производственного цеха должна включать в себя робот-манипулятор, систему машинного зрения, конвейерную ленту или транспортную систему, управляющую систему, интерфейсы и обратную связь, а также защитные механизмы и систему безопасности. Робот-манипулятор выполняет операции группировки коробок с помощью своих приводов и эффекторов. Система машинного зрения использует камеры и программное обеспечение для распознавания коробок. Конвейерная лента или транспортная система обеспечивает подачу и перемещение коробок. Управляющая система контролирует работу робота и системы машинного зрения. Интерфейсы и обратная связь обеспечивают взаимодействие с операторами и предоставляют информацию о процессе. Защитные механизмы и система безопасности гарантируют безопасность операторов и окружающей среды.

## **2.4 Сравнительный анализ**

Сравнительный анализ технических средств представляет собой процесс сопоставления и оценки различных технических решений или средств с целью определения их преимуществ и недостатков. В ходе сравнительного анализа проводится систематическое сопоставление характеристик, параметров, функциональности и производительности различных технических средств или технологий.

Сравнительный анализ может включать в себя следующие этапы:

– Идентификация критериев. Определение критериев, по которым будет проводиться сравнение. Критерии могут включать такие аспекты, как производительность, надежность, стоимость, энергоэффективность, функциональность, гибкость и другие факторы, важные для конкретной задачи или области применения.

– Сбор данных. Сбор данных о различных технических средствах или технологиях, которые подлежат сравнению. Это может включать ознакомление с документацией, исследованиями, техническими спецификациями, а также проведение экспериментов или испытаний.

– Анализ и сопоставление. Сравнение технических характеристик и параметров различных средств или технологий. Это может включать количественное сравнение численных значений, а также качественный анализ особенностей и преимуществ каждого средства.

– Оценка и выбор. Оценка результатов сравнительного анализа и выбор оптимального технического средства или технологии на основе определенных критериев. Это позволяет принять обоснованное решение о выборе наиболее подходящего решения для конкретных потребностей и условий.

Сравнительный анализ технических средств является важным инструментом для принятия решений в области техники и технологий. Он

позволяет обоснованно выбрать наиболее подходящее решение, основываясь на объективной оценке и сопоставлении характеристик и параметров различных технических средств.

Сравнительному анализу стоит подвергнуть робота, осуществляющего большую часть работы, а именно робота-манипулятора.

Один из наиболее часто используемых роботов-манипуляторов для сборочного процесса группировки коробок – это SCARA-робот (Selective Compliance Assembly Robot Arm). SCARA-роботы обладают горизонтальным манипулятором с двумя горизонтальными степенями свободы и вертикальной осью подъема. Их конструкция обеспечивает высокую точность и жесткость, что делает их идеальным выбором для операций с коробками, включая группировку, размещение и сортировку. SCARA-роботы широко применяются в промышленности для автоматизации сборочных процессов, включая упаковку и укладку коробок.

Для сравнения SCARA-робота с другими роботами-манипуляторами в процессе группировки коробок можно использовать следующие характеристики:

- Строение и конфигурация;
- Рабочая область и грузоподъемность;
- Точность и повторяемость;
- Гибкость и настраиваемость.

Для сравнительного анализа с учётом популярности выбраны дельта-роботы, порталные и серийные роботы.

Строение и конфигурация различных роботов могут отличаться. SCARA-роботы имеют горизонтальный манипулятор с двумя горизонтальными степенями свободы и вертикальной осью подъема. Дельта-роботы представляют собой систему с тремя параллельными рычагами, связанными с базой робота и подвешенными к рабочему инструменту. Портальные роботы состоят из двух вертикальных стоек и горизонтального балка, по которому движется рабочий инструмент. Серийные роботы являются многократно повторяющимися однотипными роботами, расположенными в линию или сетку.

Оценка рабочей области и грузоподъемности также является важным фактором. SCARA-роботы обычно обладают небольшой рабочей областью и ограниченной грузоподъемностью, что делает их идеальными для небольших и легких коробок. Дельта-роботы имеют большую рабочую область и высокую скорость, что позволяет им эффективно обрабатывать небольшие и средние коробки. Портальные роботы могут иметь большую рабочую область и грузоподъемность, что делает их подходящими для обработки крупных и тяжелых коробок. Грузоподъемность и рабочая область серийных роботов могут варьироваться в зависимости от модели и конфигурации.

Точность и повторяемость являются важными характеристиками. SCARA-роботы обладают высокой точностью и повторяемостью, что позволяет им точно позиционировать коробки для группировки. Дельта-

роботы также обладают высокой точностью и повторяемостью, что делает их подходящими для точного размещения и группировки коробок. Портальные роботы обычно имеют хорошую точность, но повторяемость может зависеть от точности механизмов передвижения. Серийные роботы могут иметь высокую точность и повторяемость благодаря стандартизированной конструкции и использованию одинаковых компонентов.

Гибкость и настраиваемость также являются важными аспектами. SCARA-роботы обладают хорошей гибкостью и настраиваемостью, что позволяет адаптировать их для различных размеров и форм коробок. Дельта-роботы также обладают высокой гибкостью и настраиваемостью, что позволяет изменять параметры для оптимальной работы с разными коробками. Портальные роботы могут быть настроены для различных размеров коробок, но изменение конфигурации может быть сложным. Серийные роботы имеют фиксированную конфигурацию, но могут быть оптимизированы для работы с определенными типами коробок.

### 3 Начало разработки роботизированной системы

#### 3.1 Выбор технических средств

Для конкретного примера рассмотрим сборочный процесс группировки коробок на производственной линии мороженого.

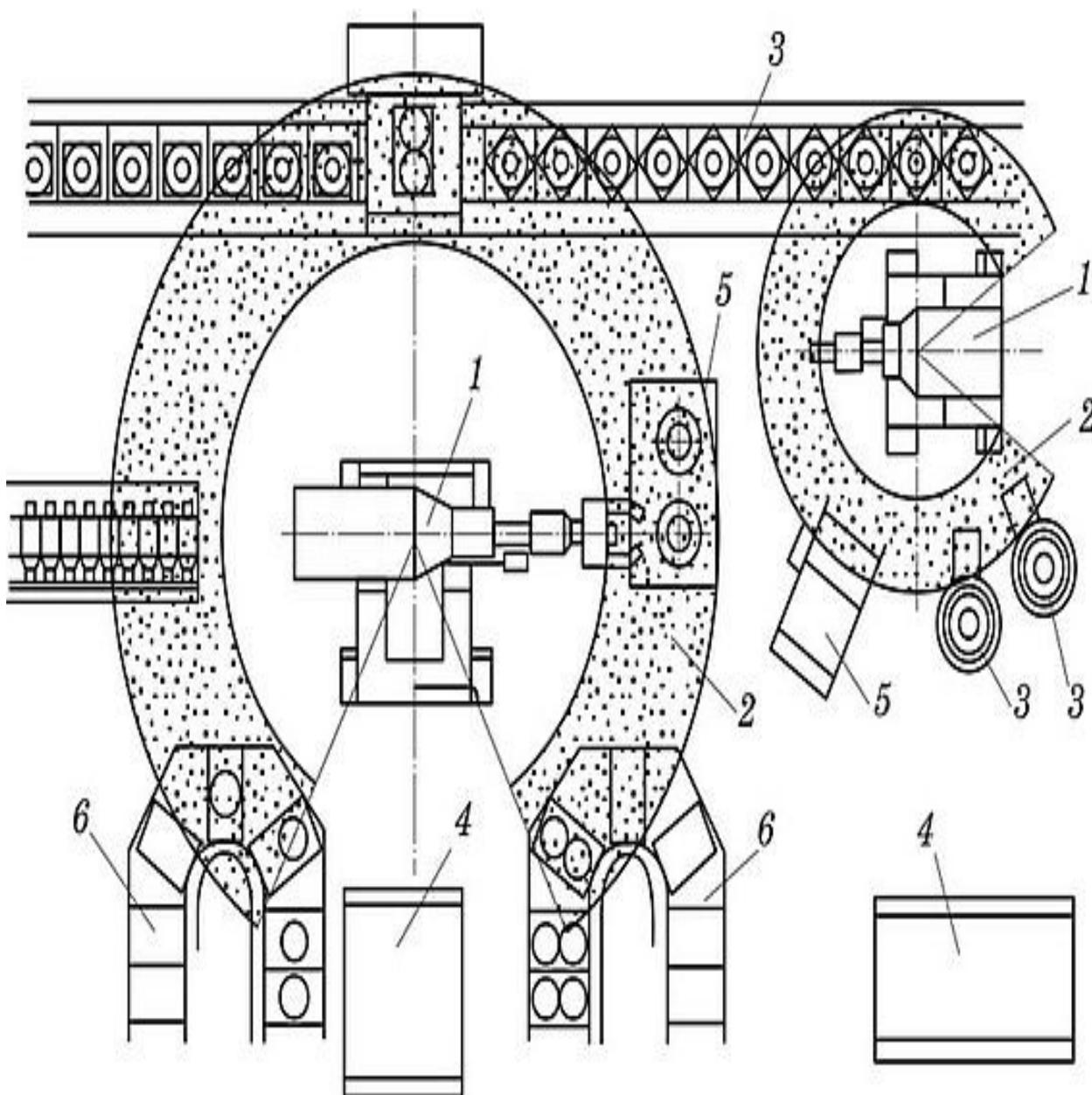


Рисунок 1 – Пример компоновки роботизированного сборочного модуля

На рисунке 1 изображены 1 – сборочный робот; 2 – рабочая зона робота; 3 – подающие устройства; 4 – робокары; 5 – сборочные позиции; 6 – транспортёры.

В качестве исполнительного механизма на основе анализа был выбран SCARA-робот, а именно SCARA CRP-RH04-03.

На рисунке 2 изображены монтажные размеры основания робота SCARA CRP-RH04-03.

Монтажные размеры основания SCARA роботов могут варьироваться в зависимости от производителя и конкретной модели. Обычно эти размеры указываются в технической документации или спецификациях поставщика.

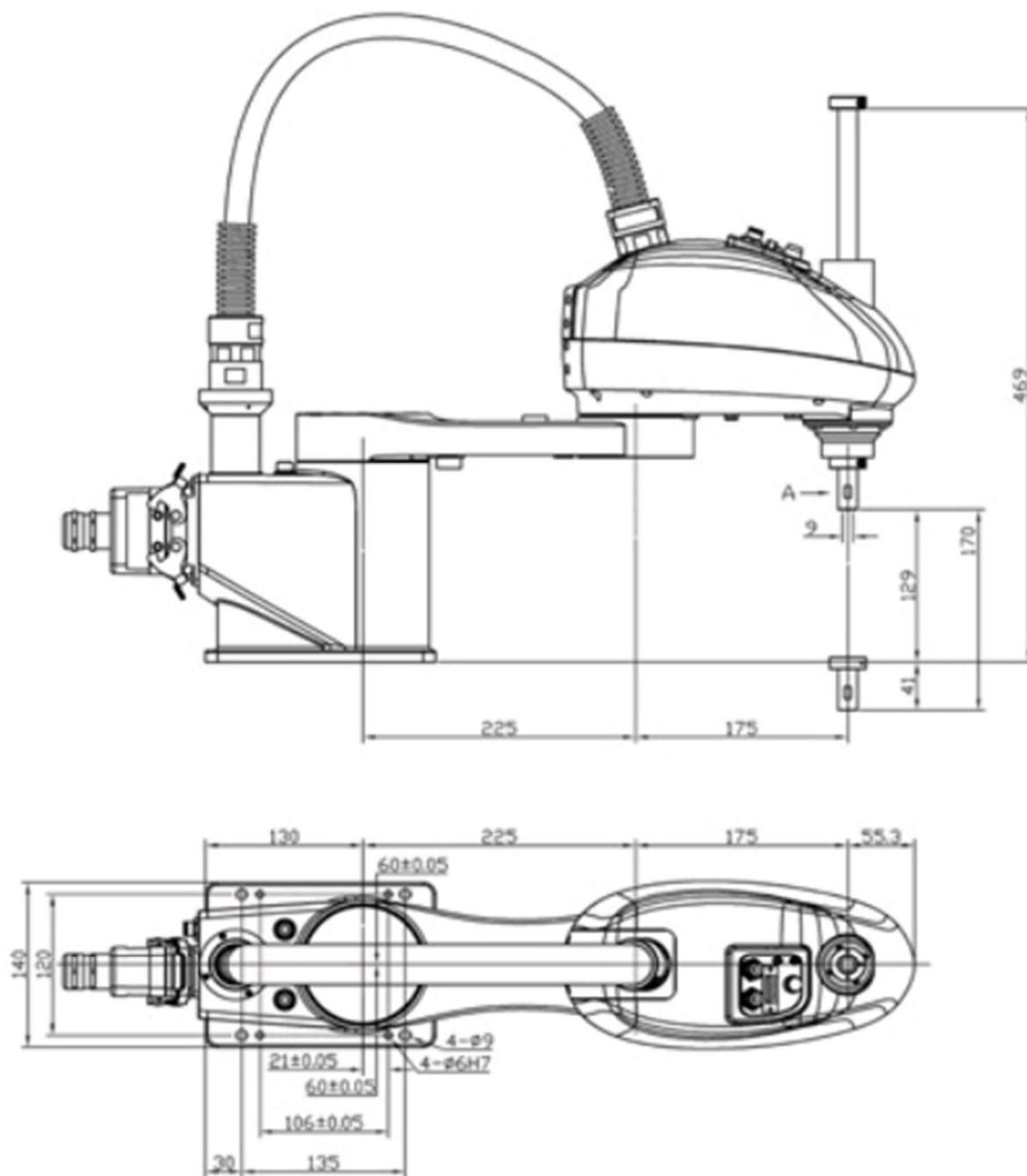


Рисунок 2 – Монтажные размеры основания SCARA CRP-RH04-03

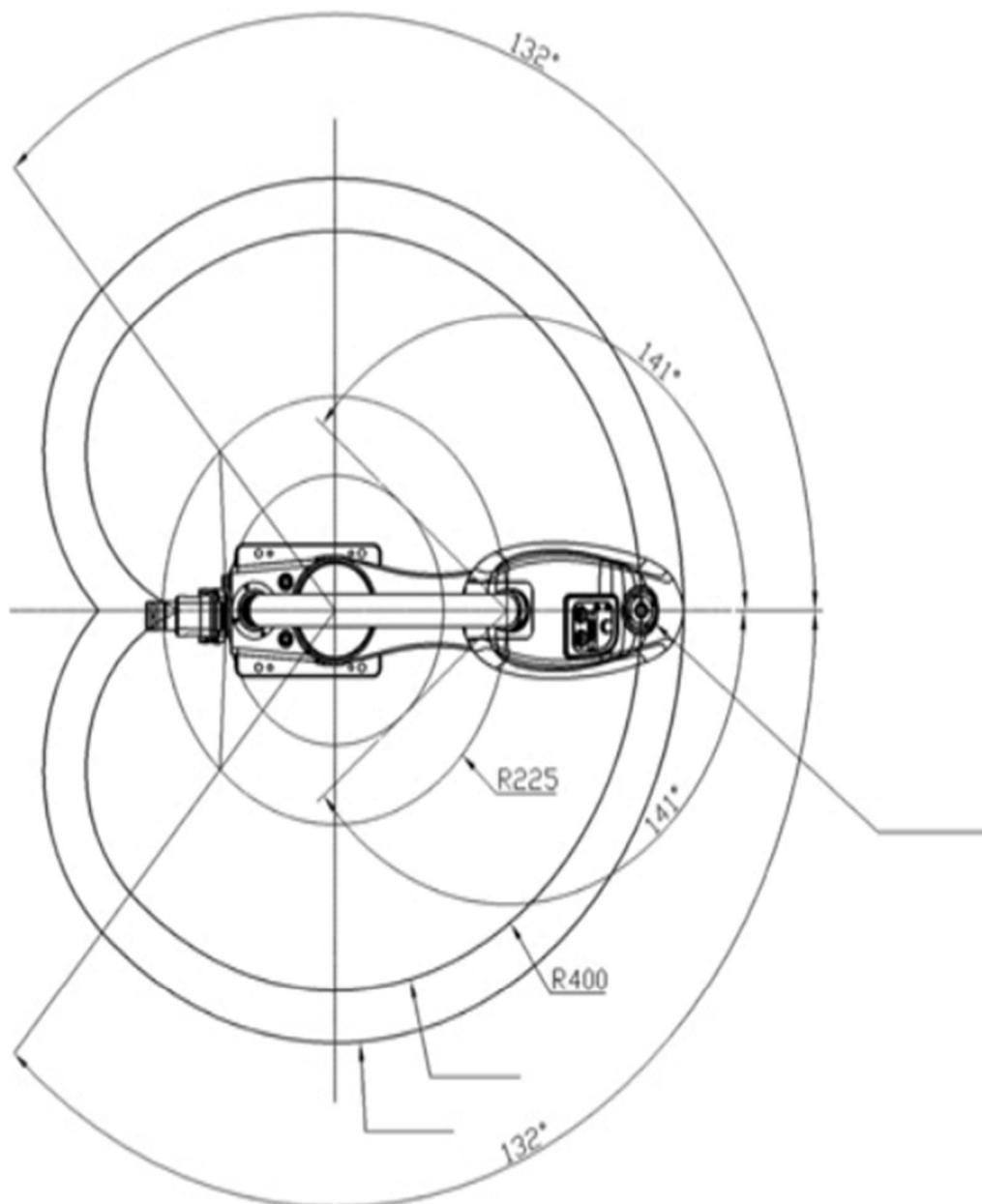


Рисунок 3 – Диаграмма движения SCARA CRP-RH04-03 по осям

Элементом системы, ответственным за подачу пустых коробок, а также их отправление дальше по производственной линии, является конвейер.

В совместительстве с выбранным роботом, часто используемым является конвейер ленточного типа, а именно конвейер "BeltMaster" от компании FlexLink.

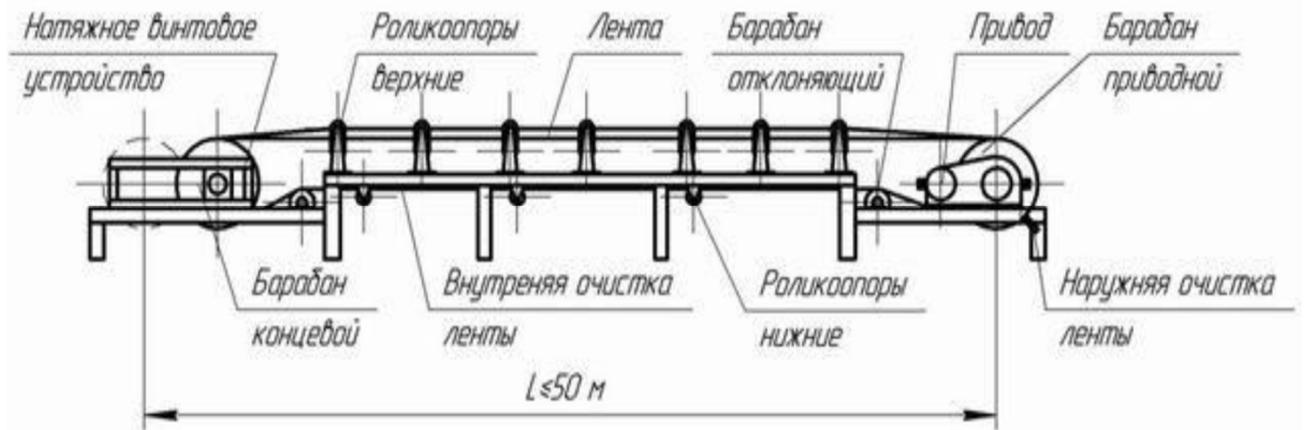


Рисунок 4 – Чертёж ленточного конвейера

Следующим компонентом оснащения является выбор датчиков. Вышеприведённый робот для осуществления нормальной работы использует датчики позиции, силы и момента, присутствия и безопасности.

Датчики позиции, такие как энкодеры или оптические датчики, могут использоваться для определения положения робота и коробок. Они обеспечивают точность позиционирования и помогают роботу выполнять задачи с высокой точностью.

Датчики силы и момента могут использоваться для контроля приложенных усилий во время операций с коробками. Они позволяют роботу реагировать на изменения силы и поддерживать определенное давление или усилие при группировке коробок.

Датчики присутствия, такие как инфракрасные или ультразвуковые датчики, могут использоваться для обнаружения наличия коробок или других объектов в определенной зоне. Они позволяют роботу определить, когда поднять, переместить или опустить коробку.

В сборочном процессе, где взаимодействуют роботы и операторы, могут применяться датчики безопасности, такие как лазерные сканеры или датчики близости. Они обеспечивают безопасность путем обнаружения присутствия людей в опасной зоне и автоматической остановки робота или изменения его поведения.

### 3.2 Компоновка роботизированной системы

Компоновка роботизированной системы сборочного процесса группировки коробок на производственной линии мороженого приведена в соответствии с рисунком 1.

В результате процесса компоновки была достигнута оптимальная

организация сборочного модуля, учитывающая все необходимые факторы. Правильное распределение элементов и оборудования позволяет эффективно использовать доступное пространство и обеспечивает плавный поток материалов.

Были учтены требования безопасности и эргономики, что обеспечивает комфортные условия для операторов и минимизирует риски возникновения травм. Компоненты сборочной линии размещены таким образом, чтобы обеспечить удобство доступа и обслуживания, упрощая процессы технического обслуживания и ремонта.

Все эти факторы в совокупности говорят о том, что проведенная компоновка была осуществлена с учетом всех необходимых требований и спецификаций, и является оптимальным решением для успешной реализации сборочного процесса.

## 4 Разработка программного обеспечения для управления системой

### 4.1 Выбор языка программирования

SCARA-роботы программируются с использованием специальных языков программирования, которые предназначены для робототехнических систем. Наиболее распространёнными языками программирования являются:

- RAPID (Robot Application Programming Interface and Data) – это проприетарный язык программирования, разработанный компанией ABB для их промышленных роботов. RAPID предоставляет гибкий и мощный набор инструкций для управления движениями робота, обработки данных и взаимодействия с другими устройствами;

- KUKA Robot Language (KRL) – это язык программирования, разработанный компанией KUKA для своих промышленных роботов. KRL предоставляет множество команд и функций для программирования движений, обработки данных и управления роботом в промышленной среде;

- Universal Robots Script (URScript) – это язык программирования, разработанный для роботов Universal Robots. URScript предоставляет простой и интуитивно понятный синтаксис для программирования робота, включая задание движений, обработку данных и взаимодействие с окружающей средой;

- KAREL (KARl's REGular Language) – это язык программирования, разработанный компанией FANUC для программирования своих SCARA-роботов. KAREL является декларативным языком, основанным на событийной модели и логике условий. Он обеспечивает удобные средства для описания последовательности действий, обработки событий и принятия решений в программе робота.

Основываясь на анализе вышеприведённых языков, был выбран язык KAREL, который обладает простым и интуитивно понятным синтаксисом, что делает его относительно легким в использовании и понимании. Он предоставляет возможности для структурирования программы с помощью подпрограмм, функций и модулей, что упрощает разработку и обслуживание кода.

Особенностью KAREL является его интеграция с операционной системой робота, что позволяет использовать различные системные функции и возможности робототехнического контроллера FANUC.

KAREL позволяет разработчикам реализовывать сложные программные решения, включая управление множеством роботов и взаимодействие с другими устройствами в автоматизированной системе. Он предоставляет гибкость и мощные инструменты для программирования SCARA-роботов FANUC, что делает его популярным среди специалистов в области робототехники.

## 4.2 Реализация программного обеспечения в управлении

Код на языке KAREL, используемый в программном обеспечении для управления роботом, позволяет создавать и выполнять различные задачи управления. С помощью специализированной среды разработки, предоставляемой производителем робота, можно написать инструкции для перемещения робота по заданной траектории, выполнения определенных операций с инструментами и обработки данных с датчиков.

```
1 ! Настройка параметров движения
2 DPOS_X = 100 ! Координата X конечной точки
3 DPOS_Y = 200 ! Координата Y конечной точки
4 DPOS_Z = 50 ! Координата Z конечной точки
5
6 ! Перемещение к заданной точке
7 MOVER HOME ! Переход в исходную точку
8 MOVER P[DPOS_X, DPOS_Y, DPOS_Z, 0, 0, 0] ! Перемещение к заданной точке
9
10 ! Дополнительные операции
11 WAIT DI[1] = ON ! Ожидание входного сигнала DI[1]
12 DO[2] = ON ! Включение выходного сигнала DO[2]
13 WAIT TIME 5 ! Ожидание 5 секунд
14 DO[2] = OFF ! Выключение выходного сигнала DO[2]
15
```

Рисунок 5 – Пример кода на языке KAREL для перемещения робота по заданной траектории

В данном примере используется функция ‘MOVER’, которая позволяет перемещать робота в точку с заданными координатами X, Y и Z. В данном случае, передвижение осуществляется к точке с координатами [DPOS\_X, DPOS\_Y, DPOS\_Z, 0, 0, 0].

Дополнительно, в примере показано использование команд для ожидания входного сигнала ‘WAIT DI [1] ’ = ‘ON’, управления выходными сигналами DO [2] = ON/OFF и ожидания времени ‘WAIT TIME 5’. Эти команды позволяют добавить дополнительные операции в программу управления роботом.

```

1 ! Чтение данных с датчиков
2 READSENSOR Sensor1, Value1
3 READSENSOR Sensor2, Value2
4
5 ! Обработка данных
6 IF Value1 > 10 THEN
7     PRINT "Значение сенсора 1 превышает пороговое значение"
8     ! Выполнение соответствующих действий
9 ELSE
10    PRINT "Значение сенсора 1 в пределах допустимого"
11 END IF
12
13 IF Value2 < 5 THEN
14    PRINT "Значение сенсора 2 ниже порогового значения"
15    ! Выполнение соответствующих действий
16 ELSE
17    PRINT "Значение сенсора 2 в пределах допустимого"
18 END IF

```

Рисунок 6 – Пример кода обработки данных с датчиков

В данном примере используются команды READSENSOR для чтения данных с датчиков. Затем данные обрабатываются с помощью условных операторов IF-THEN-ELSE. Если значение сенсора превышает или находится ниже определенного порогового значения, выполняются соответствующие действия, например, выводится сообщение на дисплей оператора с помощью команды PRINT.

После написания кода на языке KAREL его можно загрузить в память робота и запустить. Робот будет выполнять заданные инструкции, обеспечивая автоматизированное выполнение требуемых задач.

```

1 ! Настройка параметров захвата детали
2 DET_POS_X = 150 ! Координата X позиции захвата детали
3 DET_POS_Y = 100 ! Координата Y позиции захвата детали
4 DET_POS_Z = 50 ! Координата Z позиции захвата детали
5 GRIPPER_OPEN = 50 ! Открытие захватного устройства на 50%
6
7 ! Перемещение к позиции захвата детали
8 MOVER P[DET_POS_X, DET_POS_Y, DET_POS_Z, 0, 0, 0] ! Перемещение к позиции захвата детали
9
10 ! Открытие захватного устройства
11 SETDO 1, GRIPPER_OPEN ! Установка выходного сигнала DO[1] для открытия захватного устройства
12
13 ! Ожидание захвата детали
14 WAIT DI[1] = ON ! Ожидание входного сигнала DI[1], сигнализирующего о захвате детали
15
16 ! Выполнение заданной функции с захваченной деталью
17 EXECUTE MY_FUNCTION() ! Выполнение пользовательской функции MY_FUNCTION()
18
19 ! Освобождение захваченной детали
20 SETDO 1, 0 ! Установка выходного сигнала DO[1] для закрытия захватного устройства
21
22 ! Возвращение в исходную позицию
23 MOVER HOME ! Перемещение в исходную позицию

```

Рисунок 7 – Пример кода выполнения роботом заданной инструкции

Программное обеспечение, поддерживающее язык KAREL, предоставляет возможности отладки и мониторинга работы программы. Это позволяет контролировать выполнение кода и вносить необходимые изменения для оптимизации работы робота.

```
1 ! Включение режима отладки
2 DEBUG ON
3
4 ! Установка точки останова на определенную строку программы
5 BREAK 10
6
7 ! Вывод отладочной информации на дисплей оператора
8 PRINT "Начало программы"
9
10 ! Запись значений переменных в файл для последующего анализа
11 LOGFILE "log.txt"
12 LOGVAR Var1, Var2, Var3
13 LOGSAMPLE 1 ! Запись значений переменных каждую секунду
14 LOGSTART ! Начало записи в файл
15
16 ! Мониторинг переменных в реальном времени
17 MONITOR Var1, Var2, Var3
18
19 ! Отслеживание выполнения программы по шагам
20 STEP OVER ! Выполнение текущей строки и переход к следующей
21 STEP IN ! Переход к следующему вызываемому подпрограмме
22
23 ! Просмотр значений переменных в режиме отладки
24 WATCH Var1
25 WATCH Var2
26 WATCH Var3
27
28 ! Задержка выполнения программы для наблюдения результатов
29 DELAY 5 ! Задержка в 5 секунд
30
31 ! Отключение режима отладки
32 DEBUG OFF
33
34
```

Рисунок 8 – Пример кода для отладки и мониторинга работы программы

В данном примере используются различные команды для отладки и мониторинга работы программы. Режим отладки включается с помощью команды 'DEBUG ON', и можно установить точку останова на определенной строке программы с помощью команды 'BREAK'. Вывод отладочной информации осуществляется с помощью команды 'PRINT'.

Для записи значений переменных в файл используются команды 'LOGFILE', 'LOGVAR', 'LOGSAMPLE' и 'LOGSTART'. Команда 'MONITOR' позволяет отслеживать значения переменных в режиме реального времени.

Для шагового выполнения программы используются команды STEP 'OVER' и 'STEP IN'. Команда 'WATCH' позволяет отслеживать значения определенных переменных в режиме отладки.

Для задержки выполнения программы и наблюдения результатов используется команда 'DELAY'.

В конце работы программы режим отладки отключается с помощью команды 'DEBUG OFF'.

Таким образом, использование языка KAREL в программном обеспечении для управления роботом обеспечивает удобный инструмент для разработки и управления автоматизированными задачами без необходимости написания сложного кода.

### **4.3 Обработка ошибок**

Обработка ошибок в программировании роботизированных систем выполняется с помощью специальных механизмов и методов, которые позволяют обнаружить и реагировать на возникновение ошибок во время выполнения программы. Вот некоторые основные подходы к обработке ошибок:

- Использование исключений;
- Проверка возвращаемых значений;
- Управление исключительными ситуациями;
- Логирование и отчетность;
- Тестирование и отладка.

Наиболее распространённым и современным подходом является обработка ошибок путём использования исключений, который позволяет отделить логику обработки ошибок от основной логики программы, улучшает читаемость и поддерживаемость кода, а также обеспечивает более гибкую и мощную систему обработки исключительных ситуаций.

```

1 PROC main()
2   TRY
3     CALL processTask()
4   CATCH err
5     WRITE "Произошла ошибка: ", err.message
6     WRITE "Выполняю дополнительные действия для обработки ошибки..."
7     REM Дополнительные действия при возникновении ошибки
8   ENDTRY
9 END
10
11 PROC processTask()
12   WRITE "Выполняю задачу..."
13   REM Логика выполнения задачи
14   IF (ошибка)
15     THROW NEW Exception("Ошибка во время выполнения задачи")
16   ENDIF
17 END

```

Рисунок 9 – Пример кода для обработки ошибок методом использования исключений

В этом примере кода используется конструкция ‘TRY-CATCH’ для обработки ошибок.

Внутри блока ‘TRY’ вызывается процедура ‘processTask()’, которая выполняет задачу. Если в процессе выполнения задачи возникает ошибка (представленная здесь условием IF (ошибка)), то с помощью оператора ‘THROW’ создается новый объект исключения ‘Exception’ с сообщением об ошибке. Затем управление передается в блок ‘CATCH’, где происходит обработка исключения.

В данном примере обработчик просто выводит сообщение об ошибке и выполняет дополнительные действия. Дополнительные действия представляют собой алгоритмы, заданные оператором, для целенаправленного устранения ошибок.

Для каждой из возможных ошибок рассматриваются отдельные алгоритмы и циклы, разработанные в процессе тестирования и пуско-наладочных работ.

```

1 PROC main()
2     VAR result
3     result = executeAction()
4     IF result <> NO_ERROR THEN
5         Call ErrorHandler()
6     ENDIF
7 ENDPROC
8
9 PROC executeAction() : INT
10    VAR returnValue
11    ...
12    IF condition THEN
13        returnValue = NO_ERROR
14    ELSE
15        returnValue = ERROR_CODE
16    ENDIF
17    RETURN returnValue
18 ENDPROC
19
20 PROC ErrorHandler()
21    ...
22    PAUSE 1
23    ...
24    CALL RestartRobot()
25 ENDPROC
26

```

Рисунок 10 – Пример кода для обработки ошибок методом проверки возвращаемых значений

В данном примере функция ‘executeAction()’ выполняет определенное действие и возвращает значение типа ‘INT’, которое может быть кодом ошибки или специальным значением ‘NO\_ERROR’, если действие выполнено успешно. В основной функции ‘main()’ результат выполнения ‘executeAction()’ проверяется с помощью условного оператора ‘IF’. Если результат не равен ‘NO\_ERROR’, то вызывается функция ‘ErrorHandler()’, которая выполняет обработку ошибки.

Функция ‘ErrorHandler()’ может содержать логику, связанную с обработкой ошибки, например, вывод сообщения, паузу или вызов других функций для восстановления системы. В данном примере показан вызов функции ‘RestartRobot()’, которая перезапускает работу робота.

Обработка ошибок путем проверки возвращаемых значений в языке KAREL осуществляется похожим образом, как и в других языках программирования. Значение, возвращаемое функцией, можно проверить с помощью условных операторов и выполнить соответствующие действия в случае ошибки.

```

1 PROC main()
2     TRY
3         executeAction()
4     CATCH MyException
5         Call ErrorHandler()
6     ENDTRY
7 ENDPROC
8
9 PROC executeAction()
10    ...
11    IF condition THEN
12        RAISE MyException
13    ENDIF
14 ENDPROC
15
16 PROC ErrorHandler()
17    ...
18    PAUSE 1
19    ...
20    CALL RestartRobot()
21 ENDPROC
22
23 DEFINE CLASS MyException : Exception
24     MESSAGE "An error occurred."
25 ENDDDEFINE
26

```

Рисунок 11 – Пример кода обработки ошибок методом управления исключительными ситуациями

В данном примере используется конструкция ‘TRY-CATCH’ для обработки исключений. В функции ‘main()’ блок ‘TRY’ содержит вызов функции ‘executeAction()’, которая может вызывать исключение, если условие выполняется. Если исключение ‘MyException’ возникает, то выполнение программы переходит в блок ‘CATCH’, где вызывается функция ‘ErrorHandler()’ для обработки ошибки.

В функции ‘executeAction()’ условие проверяется, и если оно выполняется, то с помощью оператора RAISE генерируется исключение ‘MyException’.

В блоке ‘CATCH’ можно определить различные типы исключений и выполнить соответствующие действия для каждого из них. В данном примере определен класс ‘MyException’, который является подклассом ‘Exception’. Класс ‘MyException’ содержит сообщение об ошибке, которое будет выведено при возникновении исключения.

Приведённые примеры кодов являются основными методами обработки ошибок в роботизированной системе, установленной в производственный процесс.

## **5 Интегрирование разработанной системы в производство**

### **5.1 Внедрение системы**

В ходе разработки роботизированной системы сборочного процесса были определены цели и задачи системы, проведен анализ требований к техническому процессу, идентифицированы компоненты и операции сборочного процесса. Также были рассмотрены технические средства, включая датчики, роботы и конвейеры, соответствующие требованиям системы.

Язык программирования KAREL был использован для разработки программного обеспечения системы управления роботом. Приведены примеры кода для перемещения робота по заданной траектории, работы с датчиком, использования подпрограмм обработки ошибок.

В целом, разработанная роботизированная система сборочного процесса демонстрирует высокую гибкость, точность и автоматизацию, что делает ее подходящим решением для оптимизации и улучшения производственных процессов в различных областях промышленности.

Одним из примеров промышленности, в которое можно внедрить разработанную роботизированную систему, является пищевая промышленность. А именно, процесс группировки готовой продукции в коробки и её последующей отгрузки с линии производства.

Примером компании пищевой промышленности, нуждающейся в автоматизации сборочного процесса группировки коробок, является крупнейший производитель мороженого ТОО «ШИН-ЛАЙН».

ТОО «ШИН-ЛАЙН» по сей день в сборочном процессе не автоматизирован, поскольку в данном процессе используется ручной труд.

Внедрение разработанной системы сборочного процесса группировки коробок позволит ТОО «ШИН-ЛАЙН» сократить трудозатраты, уменьшить риски влияния «человеческого фактора», увеличить производительность, обеспечить большую безопасность труда на производстве.

### **5.2 Результаты и преимущества**

Разработанная роботизированная система сборочного процесса группировки коробок предоставляет значительные результаты и преимущества, способствующие повышению эффективности и качества производства. Система демонстрирует следующие результаты:

- Повышение производительности. Роботизированная система выполняет задачи сборки и группировки коробок с высокой скоростью и точностью. Это позволяет увеличить общий объем производства и сократить время цикла процесса;

- Высокое качество сборки. Благодаря программированию и точным

движениям робота, система обеспечивает постоянно высокое качество сборки коробок. Отсутствие человеческого фактора минимизирует ошибки и несоответствия, что повышает надежность и готовность продукции к дальнейшей обработке;

- Улучшенная гибкость и адаптивность. Роботизированная система обладает гибкостью в программировании и настройке, позволяя легко адаптировать ее под различные размеры и типы коробок. Это обеспечивает возможность быстрой перенастройки процесса с минимальными задержками;

- Оптимизация использования пространства. Система эффективно использует имеющееся пространство для размещения и группировки коробок. Роботы могут работать вблизи друг друга без проблем, что позволяет оптимизировать процесс с учетом ограничений площади;

- Безопасность и снижение риска. Роботизированная система снимает с работников тяжелые и монотонные операции сборки, что снижает риск травм и повышает безопасность рабочей среды. Операторы могут заниматься более квалифицированными задачами, требующими интеллектуальных навыков;

- Экономическая эффективность. Внедрение роботизированной системы позволяет сократить затраты на трудовые ресурсы и повысить общую эффективность производства. Оптимизация процесса, уменьшение ошибок и повышение производительности приводят к экономическим выгодам и улучшению конкурентоспособности компании.

В результате проделанной работы была разработана и реализована роботизированная система сборочного процесса группировки коробок. Система показала высокую эффективность и точность в выполнении задач, снизила затраты на человеческий труд и повысила производительность процесса. Благодаря интеграции различных технических средств, включая робота, датчики и систему компьютерного зрения, система обеспечивает надежность и гибкость в работе.

Применение роботизированной системы в автомобильной промышленности и других отраслях позволяет сократить время сборки, минимизировать ошибки и повысить качество производства. В целом, разработанная система является перспективным решением для автоматизации и оптимизации сборочных процессов, способствуя повышению эффективности и конкурентоспособности предприятий.

## **6 Вывод и оценка системы**

В результате проделанной работы была разработана и реализована роботизированная система сборочного процесса группировки коробок. Система показала высокую эффективность и точность в выполнении задач, снизила затраты на человеческий труд и повысила производительность процесса. Благодаря интеграции различных технических средств, включая робота, датчики и систему компьютерного зрения, система обеспечивает надежность и гибкость в работе.

Применение роботизированной системы в автомобильной промышленности и других отраслях позволяет сократить время сборки, минимизировать ошибки и повысить качество производства. В целом, разработанная система является перспективным решением для автоматизации и оптимизации сборочных процессов, способствуя повышению эффективности и конкурентоспособности предприятий.

Разработанная система представляет собой способ эффективного и автоматически выполняющего задачи сборки и группировки компонентов автоматизации производства.

В экономическом плане, система предлагает значительные преимущества в связи с автоматизированным подходом к производственному процессу.

Обладая свойствами удовлетворения современных требований к роботизированным системам, разработанная система, в целом, рекомендуется как эффективное решение для различных сборочных процессов. Адаптируясь к изменяющимся требованиям производства, система интегрируется в производственные процессы любой промышленности.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение, разработанная роботизированная система сборочного процесса группировки коробок является передовым решением, обеспечивающим автоматизацию и оптимизацию производственных операций. Она демонстрирует высокую производительность, точность и качество сборки, а также обладает гибкостью и адаптивностью для различных типов коробок.

Внедрение данной системы в производство позволяет сократить трудозатраты, минимизировать ошибки и риски, а также повысить общую эффективность и конкурентоспособность компании. Ее применение имеет значительный потенциал для улучшения процессов сборки и упаковки, а также повышения производительности и экономической эффективности.

В результате, разработанная роботизированная система представляет собой значимое достижение в области автоматизации производства, и ее внедрение может стать ключевым фактором в повышении эффективности и качества сборочных процессов в различных отраслях промышленности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Бородин, И. Ф. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления: учебник для среднего профессионального образования / И. Ф. Бородин, С.А.Андреев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 20XX. - 386 с.
- 2 Дастин, Э. Тестирование программного обеспечения. Внедрение, управление и автоматизация / Э. Дастин, Д. Рэшка, Д. Пол; Перевод М Павлов. - М.: Лори, 20XX. - 567 с.
- 3 Пантелеев, В.Н. Основы автоматизации производства: Учебник для учреждений начального профессионального образования / В.Н. Пантелеев, В.М. Прошин. - М.: ИЦ Академия, 20XX. - 208 с.
- 4 Рачков, М. Ю. Автоматизация производства: учебник для среднего профессионального образования/М. Ю. Рачков. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: Издательство Юрайт, 20XX. - 180 с.
- 5 Схиртладзе, А.Г. Автоматизация технологических процессов: Учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, С.В. Бочкарев, А.Н. Лыков. — Ст. Оскол: ТНТ, 20XX. - 524 с.
- 6 Брюханов, В.Н. Автоматизация производства. / В.Н. Брюханов. - М.: Высшая школа, 2005. - 367 с.
- 7 Иванов, А.А. Автоматизация технологических процессов и производств: Учебное пособие / А.А. Иванов. - М.: Форум, 2012. - 224 с.
- 8 Richard E. Pattis. Karel The Robot: A Gentle Introduction to the Art of Programming. John Wiley & Sons, 1981. – 7-19 с.
- 9 Селевцов, Л.И. Автоматизация технологических процессов / Л.И. Селевцов, А.Л. Селевцов. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2014. - 352 с.
- 10 Мартяков, А.И. Автоматизация технологических процессов и производств. Основы профессиональной деятельности / А.И. Мартяков. - М.: МГИУ, 2010. - 384 с.

## 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:** Тамочкин Артур Николаевич

**Название:** Разработка роботизированной системы сборочного процесса

**Координатор:** Байбатшаев Мухит Шабданович

**Коэффициент подобия 1:** 0

**Коэффициент подобия 2:** 0

**Коэффициент цитирования:** 0.18

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**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: 0 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2022 г.

Дата



Подпись Научного руководителя

**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:** Тамочкин Артур Николаевич

**Название:** Разработка роботизированной системы сборочного процесса

**Координатор:** Байбатшаев Мухит Шабданович

**Коэффициент подобия 1:** 0.00

**Коэффициент подобия 2:** 0.00

**Коэффициент цитирования:** 0.18

**Замена букв:** 0

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**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: 0 и Коэффициент подобия 2: 0. Работа выполнена самостоятельно и не несет элементов плагиата. В связи с этим, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите перед государственной комиссией.

«31» мая 2023 г.

Дата

  
\_\_\_\_\_  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

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

Дипломный проект допускается к защите.

«31» мая 2023 г.

Дата

  
\_\_\_\_\_  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

## ОТЗЫВ

### НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

На дипломный проект

Тема: «Разработка роботизированной системы для сборочного процесса»

Тамочкина Артура Николаевича

по специальности 6В07103-Автоматизация и роботизация

Тема дипломного проекта связана с наиболее перспективным и интенсивно развивающимся направлением при решении задач роботизации процессов машиностроения, разработкой роботизированных систем сборочного производства.

В процессе работы над дипломным проектом Тамочкиным был проведен анализ технологий применяемых при решении задач роботизации процессов сборки..

Проведен обзор и анализ роботизированных систем ,которые применяются в машиностроении ,на основе которых определены требования к техническому оборудованию и средствам и выбран путь решения поставленной в дипломной работе задачи. Последовательно обоснована структура компоновки РТК,выбор оборудования. Разработан алгоритм функционирования ,программа управления.

Все поставленные в дипломном проекте проблемы и задачи выполнены полностью.

В процессе работы Тамочкин А.Н. показал,что получил необходимые и достаточные теоретические и практические знания и навыки позволившие решить поставленные в дипломном проекте задачи.

Считаю ,что дипломный проект выполнен на достаточно высоком теоретическом и практическом уровне и полностью соответствует требованиям к дипломному проекту на академическую степень бакалавра и заслуживает оценки «А- 90» баллов, а автор Тамочкин Артур Николаевич присуждения степени бакалавра по специальности «6В07103-Автоматизация и роботизация».

**Научный руководитель**

ассоц.профессор кафедры «Автоматизация и управление»,

д.т.н. Байбатшаев М.Ш.

« 05»июня 2023 г.

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломный проект студента  
Тамочкина Артура Николаевича  
6B07103 – Автоматизация и роботизация  
(шифр и наименование специальности)

На тему: Разработка роботизированной системы сборочного процесса

Выполнено:

а) пояснительная записка на 36 страницах

## ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В пояснительной записке, представленной на рецензирование, показана разработка роботизированной системы сборочного процесса.

В первой главе было приведено описание роботизации в сборочном процессе. Также приведены основные принципы роботизированных систем.

Во второй главе был проведён анализ требований к роботизированным системам сборочного процесса. Проведён обзор существующей роботизированной системы, а также сравнительный анализ., после чего выбран оптимальный робот для сборочного процесса.

В третьей главе было описано начало разработки роботизированной системы сборочного процесса. Произведён выбор технических средств. Также была приведена компоновка роботизированной системы.

В четвёртой главе был рассмотрен вопрос о разработке программного обеспечения для управления системой. Был выбран язык программирования и приведены примеры программирования робота на выбранном языке. Осуществлена реализация обработки ошибок.

В пятой главе рассмотрена интеграция разработанной системы в производство. Приведён пример конкретного производства для внедрения роботизированной системы сборочного процесса.

В шестой главе осуществлены вывод и оценка системы. Рассмотрен вопрос об эффективности разработанной системы

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

Данный дипломный проект отличает проработанность, подход в научно-исследовательском плане и полнота изложенного теоретического материала. Приведённые исследования доказывают хорошую теоретическую подготовку дипломанта.

### Оценка работы \_\_\_\_\_

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

### Рецензент

Доктор PhD, доцент кафедры «IT-Инжиниринг»

Иманбекова  
(подпись) Иманбекова Ұ. Н.

«01» июне 2023г.

