

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»

Таирова Камиля Ярмогетовна

Влияние автоматизации с использованием цепного конвейера на эффективность
участка трим: сравнительный анализ до и после модернизации.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B07108 – Транспортная инженерия

Алматы 2025

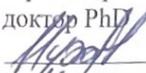
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Руководитель ОП
«Транспортная инженерия»,
доктор PhD
 Камзанов Н.С.
« 11 » 06 2025г.

**ДОПУЩЕН
К ЗАЩИТЕ**

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Влияние автоматизации с использованием цепного конвейера на эффективность
участка трим: сравнительный анализ до и после модернизации»

6B07108 – Транспортная инженерия

Выполнила

Таирова Камиля Яргометовна

Рецензент
Ассоциированный профессор,
к.т.н., доцент
 Жусенов К.А.
 « 04 » 06 2025г.

Научный руководитель
Руководитель ОП,
доктор PhD
Камзанов Н.С. 
« 04 » 06 2025г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

Школа «Транспортная инженерия и логистика»

ОП «Транспортная инженерия»

6B07108 – Транспортная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

«Транспортная инженерия»,

доктор PhD

 Камзанов Н.С.

« 08 » 01 2024г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Таирова Камиля Ярмогометовна

Тема: «Влияние автоматизации с использованием цепного конвейера на эффективность участка трим: сравнительный анализ до и после модернизации»

Утверждена приказом Ректора Университета за №26-П/Ө от 19.01.2025г.

Срок сдачи законченной работы «11» июня 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: В работе использованы результаты практики на предприятии Hyundai Trans Kazakhstan, нормативные документы по охране труда и автоматизации производств. Технологическая карта производственного участка ТРИМ. План цеха, аналитические материалы по организации сборки автомобилей, данные NVA-анализа.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Теоретическая часть. Характеристика участка ТРИМ. Принципы работы сборочной линии и выявлены основные производственные проблемы.
- б) Расчетно-технологическая часть. Разработан и обоснован проект модернизации участка с внедрением цепного конвейера. Проведен детальный расчет.
- б) Организационно-технологическая часть. Разработана система технического обслуживания оборудования, внедрена система визуального контроля Andon.
- в) Конструкторская часть. Предложена компоновка линии с цепным конвейером, система Andon, чертежи компонентов и узлов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 15 слайдов презентации работы.

Рекомендуемая основная литература: из 19 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Обзорная часть	15.01.2025	выполнено
Расчетная часть	12.03.2025	выполнено
Организационная часть и технико-экономические расчеты	05.05.2025	выполнено
Охрана труда и окружающей среды	14.05.2025	выполнено

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к нему разделов работы

Наименование разделов	Консультанты (И.О.Ф., уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основные разделы дипломной работы	Руководитель ОП, доктор PhD Камзанов Н.С.	04.06.25	
Нормоконтролер	Сарсанбеков К.К., Старший преподаватель	04.06.25	

Научный руководитель  Камзанов Н.С.

Задание принял к исполнению обучающийся  Таирова К.Я.

Дата "04" июня 2025г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Таирова Камиля ЯрмогOMETовна
(Ф.И.О. обучающегося)

Транспортная инженерия (6В07108)
(шифр и наименование ОП)

На тему: «Влияние автоматизации с использованием цепного конвейера на эффективность участка трим: сравнительный анализ до и после модернизации»

Выполнено:

- а) графическая часть на 9 листах
- б) пояснительная записка на 31 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Дипломная работа посвящена актуальной теме повышения эффективности сборочных процессов в машиностроении за счёт внедрения цепного конвейера на участке Трим. В работе детально проанализирована текущая организация производства на заводе Hyundai Trans Kazakhstan, проведены расчёты тягового усилия, технические обоснования выбора оборудования, предложены решения по снижению производственных потерь и трудоёмкости.

Следует отметить качественно выполненный NVA-анализ, демонстрирующий снижение доли потерь времени после модернизации. Представлены технические чертежи и обоснование параметров компонентов, включая двигатель, цепь, шпоночное соединение и подшипниковые узлы. Предложена и описана система технического обслуживания и безопасности. Работа структурирована логично, содержит наглядные схемы, графики и диаграммы. Результаты представлены чётко и обоснованно, а выводы подтверждаются расчётами.

Оценка работы

Дипломная работа выполнена на актуальную тему, связана с повышением эффективности производственного процесса. Работа выполнена на хорошем техническом уровне, заслуживает оценки А – 95% , «отлично». А ее автор Таирова Камиля ЯрмогOMETовна заслуживает присвоения академической степени бакалавра по специальности 6В07108 – Транспортная инженерия.

Рецензент

Ассоциированный профессор, к.т.н., доцент
(должность, уч. степень, звание)

Жусупов К.А.

(подпись)

2025 г.



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Таирова Камиля

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Таирова Плагиат ДР

Научный руководитель: Нурбол Камзанов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 15

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2025-06-03

Дата



Перизат Кәрібай

проверяющий эксперт

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Таирова Камиля

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Таирова Плагиат ДР

Научный руководитель: Нурбол Камзанов

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 15

Знаки из других алфавитов: 2

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

Заимствования, выявленные в работе, являются законным и не являются плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2025-06-03

Дата



Заведующий кафедрой

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа посвящена анализу влияния автоматизации с применением цепного конвейера на производственную эффективность участка ТРИМ на заводе Hyundai Trans Kazakhstan.

В работе рассматриваются технологические, организационные и экономические аспекты внедрения автоматизированной транспортной системы. Проведён сравнительный анализ показателей производительности и качества. Представлены конструкторские решения и мероприятия по охране труда, направленные на снижение физических нагрузок и повышение безопасности труда.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыс Hyundai Trans Kazakhstan зауытының ТРИМ учаскесінде тізбекті конвейерді қолдану арқылы автоматтандырудың өндірістік тиімділікке әсерін талдауға арналған.

Жұмыста автоматтандырылған көлік жүйесін енгізудің технологиялық, ұйымдастырушылық және экономикалық аспектілері қарастырылады. Өнімділік пен сапа көрсеткіштеріне салыстырмалы талдау жүргізілді. Физикалық жүктемені азайтуға және еңбекті қорғау қауіпсіздігін арттыруға бағытталған конструкторлық шешімдер мен еңбек қауіпсіздігі шаралары ұсынылды.

ABSTRACT

The diploma thesis is dedicated to analyzing the impact of automation using a chain conveyor on the production efficiency of the ТРИМ section at Hyundai Trans Kazakhstan.

The study examines the technological, organizational, and economic aspects of implementing an automated transport system. A comparative analysis of productivity and quality indicators has been conducted. Design solutions and occupational safety measures aimed at reducing physical workload and improving workplace safety are presented

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Обзорная часть	8
1.1 Завод Hyundai Trans Kazakhstan	8
1.2 Цех сборки легковых автомобилей	9
1.3 Описание выполняемых работ каждого из постов	10
1.4 Использование NVA-анализа	11
1.5 Проблемы возникшие при работе линии ТРИМ	16
2 Расчетная часть	17
2.1 Расчет усилий и времени, необходимых для перемещения телеги	17
2.2 Обоснование цепного конвейера	20
2.3 Расчет цепного конвейера	20
2.4 Интеграция системы Andon и цепного конвейера на линии сборки трим	26
2.5 Разработка технического задания на модернизацию участка трим и внедрение системы Andon	28
3 Организационная часть и технико-экономические расчеты	30
3.1 Организация технического обслуживания цепного конвейера	30
3.2 Экономическая часть	30
4 Охрана труда и окружающей среды	33
4.1 Оценка влияния модернизации на условия труда на участке ТРИМ	33
4.2 Обоснование безопасности конструкции	35
Заключение	36
Список использованной литературы	37
Приложение А	38

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции в промышленности требуют от предприятий постоянного развития и адаптации к условиям жесткой конкурентной среды. Одним из приоритетных направлений в стратегии повышения эффективности производства становится внедрение автоматизированных систем, позволяющих минимизировать влияние человеческого фактора, повысить точность выполнения операций и снизить себестоимость продукции. В частности, использование цепных конвейеров обеспечивает упорядоченность, непрерывность и синхронность транспортировки изделий между технологическими этапами, что особенно актуально в сборочных производствах.

Завод Hyundai Trans Kazakhstan, являясь флагманом автомобилестроительной отрасли в Республике Казахстан, демонстрирует устойчивую динамику развития и активно внедряет передовые технологические решения. Благодаря применению высокотехнологичного оборудования и следованию международным стандартам качества, предприятие занимает лидирующие позиции на внутреннем рынке и успешно реализует продукцию за его пределами.

Представленная дипломная работа направлена на анализ эффективности автоматизации сборочного участка ТРИМ, достигнутой за счёт интеграции цепного конвейера и сопутствующих решений. Особое внимание уделяется влиянию данной модернизации на ключевые параметры производственной деятельности, включая темп сборки, трудоёмкость операций и общие потери времени.

Целью исследования является проведение сравнительного анализа показателей участка до и после внедрения автоматизированной системы. В рамках работы рассматриваются такие аспекты, как изменение объема выпуска автомобилей, качество сборки, уровень задействованности персонала и рациональность использования ресурсов.

Практическая значимость дипломного проекта заключается в возможности масштабирования предложенного решения на другие участки сборки как в пределах Hyundai Trans Kazakhstan, так и на аналогичных предприятиях отрасли. Разработанные рекомендации по техническому переоснащению и организационной трансформации позволяют не только повысить производственную эффективность, но и улучшить условия труда сотрудников.

Таким образом, данное исследование охватывает как технические и экономические, так и организационные аспекты автоматизации, формируя основу для выработки эффективных управленческих решений в условиях динамично развивающегося промышленного производства.

1 Обзорная часть

1.1 Завод Hyundai Trans Kazakhstan

Hyundai Trans Kazakhstan — современное промышленное предприятие, входящее в состав группы компаний «Astana Motors» и специализирующееся на выпуске легковых автомобилей марки Hyundai. Завод относится к производствам полного цикла и располагает широким спектром технологических возможностей, включая сварку, окраску и сборку кузовов.

С момента ввода в эксплуатацию в 2020 году предприятие демонстрирует уверенный рост объёмов выпуска. Так, в 2022 году заводом было собрано более 37 тысяч автомобилей, в 2023 году этот показатель увеличился почти на треть, достигнув 48 857 единиц. В течение первых девяти месяцев 2024 года с производственной линии сошло ещё 29 138 автомобилей. В целом за весь период деятельности объём выпуска превысил 149 тысяч машин, что свидетельствует о высокой производственной стабильности и востребованности продукции.

Работа завода организована в соответствии с технологическими стандартами Hyundai Motor Company, что обеспечивает высокое качество сборки и соответствие продукции международным требованиям. На всех этапах производственного процесса применяется строгий контроль качества, начиная с поставки компонентов и заканчивая финальной проверкой готового автомобиля.

С ноября 2023 года на предприятии реализуется масштабная программа модернизации, запущенная по инициативе компании «Astana Motors». Её ключевая цель — наращивание производственных мощностей и интеграция новых автоматизированных решений, что позволит перейти от SKD- к CKD-сборке ряда моделей и расширить линейку выпускаемых автомобилей.

В рамках первого этапа проекта, завершённого в июле 2023 года, были построены новые производственные зоны, в том числе участок предпродажной подготовки (PDI), а общая площадь завода увеличилась до 40 000 м². Следующий этап, стартовавший в декабре 2024 года и рассчитанный до марта следующего года, включает масштабную реконструкцию участков сварки, окраски и финальной сборки.

Планируемые технические усовершенствования предусматривают установку четырёх сварочных роботов, более ста сварочных пистолетов, а также внедрение автоматизированного конвейера, способного обеспечивать выполнение более 1600 сварочных точек на один кузов. Это позволит достигать производительности до 7 кузовов в час.

В покрасочном цехе будет обновлена система катафореза, модернизированы камеры нанесения герметика, полировки, сушки и окраски. Для повышения точности операций и увеличения объёма выпуска внедряется шесть промышленных роботов Yaskawa. Сборочный участок также будет существенно расширен: количество станций увеличится с 16 до 27, что обеспечит выпуск 6–7 автомобилей в час при сохранении высокого уровня качества.

Общий бюджет инвестиций в техническое обновление завода составит около 47,6 млрд тенге. Завершение всех этапов проекта также приведёт к увеличению численности персонала с 1300 до 1700 человек.

На текущий момент завод выпускает более 10 моделей автомобилей Hyundai, включая Tucson, Sonata, Elantra, Santa Fe, Palisade, Staria, i30, Bayon, i20 и Custin. Кроме того, по полному циклу освоены модели Hyundai Accent и Tucson, что стало возможным благодаря внедрению операций сварки и окраски в рамках SKD-производства.

1.2 Цех сборки легковых автомобилей

Финальный этап производства цех сборки легковых автомобилей представляет собой важнейшую часть технологического цикла, где завершаются все процессы по формированию транспортного средства. На данной стадии происходит объединение свыше 1800 конструктивных компонентов в единую систему, а также проводится комплексная проверка автомобиля для обеспечения его соответствия установленным техническим нормам и стандартам качества.

Система сборки легковых автомобилей подразделяется на четыре ключевых технологических сектора:

1. ТРИМ (установка внутренних компонентов) – первоначальная фаза сборки, включающая монтаж всех элементов внутреннего оснащения кузова. В рамках этого этапа прокладываются электрические сети, устанавливаются потолочная обивка, приборная панель, внутренние панели отделки, задний бампер и осветительные приборы. Данный участок состоит из 7 рабочих постов.

2. Chassis (монтаж ходовой части и трансмиссии) – один из важнейших этапов, в процессе которого производится интеграция силового агрегата и трансмиссионных узлов. Устанавливаются передняя и задняя подвески, силовой агрегат, коробка передач и сопряженные компоненты.

3. Final (окончательный этап сборки) – завершающая фаза производства, на которой устанавливаются обивка салона, передний бампер, лобовые стекла, а также выполняется окончательная настройка и калибровка всех систем автомобиля. На последнем этапе производится заполнение рабочих жидкостей (охлаждающая жидкость, топливо, тормозная жидкость, жидкость стеклоомывателя).

4. Модульные сборочные узлы (подборки) – вспомогательная система сборки, обеспечивающая бесперебойное функционирование основной производственной линии. Этот сектор включает 11 специализированных рабочих постов, предназначенных для предварительного монтажа наиболее значимых узлов, таких как панорамная крыша, приборная панель, двери, подвески, силовая установка, колёсные модули, стёкла, радиаторный блок и бамперы.

Для обеспечения рационального распределения операций применяется ранговая система оценки их сложности и ответственности. Данный метод

позволяет минимизировать дисбаланс нагрузки на рабочих постах, повысить общую эффективность производственного процесса и снизить вероятность возникновения перегрузок. Основой этой системы является глубокий анализ временных затрат и квалификационных требований к каждой операции, что способствует оптимальному использованию трудовых ресурсов и повышению стабильности сборочной линии.

На предприятии активно внедряется система «5S», обеспечивающая стандартизацию рабочих мест, повышение безопасности и эффективности труда. Оптимизация рабочих зон, эргономичное размещение инструментов и использование подъемных механизмов способствуют снижению физической нагрузки на операторов и увеличению производительности.

Таким образом, использование современных методов интеграции автомобильных компонентов и совершенствование организации производственного процесса на уровне подсистем позволяют существенно повысить общую производительность сборочной линии и гарантировать выпуск продукции, соответствующей международным требованиям автомобилестроения.

1.3 Описание выполняемых работ каждого из постов

ТРИМ 0 – перегрузочная станция. На данном этапе осуществляется перенос кузова с транспортной тележки, поступающей из покрасочного цеха, на тележку сборочного конвейера с использованием вертикального подъемного механизма. После завершения перегрузки тележка подается на первый сборочный пост ТРИМ-1.

ТРИМ 1 – центральная зона. Здесь выполняется начальный монтаж ряда компонентов внутреннего оснащения кузова. В частности, устанавливаются элементы омывательной системы, крепежные изделия, монтажные кронштейны и амортизирующие прокладки. Производится подключение основных жгутов электропроводки, а также установка заднего замка багажного отделения, декоративных накладок арок и звукового сигнала.

ТРИМ 2 – правая сторона кузова. На данном посту монтируются защитные элементы, предотвращающие повреждение лакокрасочного покрытия, а также устанавливаются двери с предварительной сборкой, уплотнители и ограничители движения. Выполняется подключение кабелей заземления и элементов системы обогрева стекол, укладывается звукоизоляция моторного отсека.

ТРИМ 2 – левая сторона кузова. Операции аналогичны правой стороне: монтаж защитных накладок, уплотнителей, ограничителей и шумоизоляционных панелей. Дополнительно выполняется установка элементов обшивки внутренней части капота и панелей крыши.

ТРИМ 3 – левая сторона. Проводятся электротехнические работы: прокладка и подключение внутренних жгутов, установка механизмов управления капотом, блоков безопасности и элементов педального узла. Устанавливаются

управляющие модули, включая компоненты электронной системы пассивной безопасности.

ТРИМ 3 – правая сторона. На этом этапе завершается подключение основного кабеля питания, монтируются блоки предохранителей, элементы управления трансмиссией и антенна радиоприёмника.

ТРИМ 4 – левая сторона. Устанавливаются наружные декоративные элементы: рейлинги, тонированные стекла, боковые подушки безопасности и потолочные панели. Выполняется крепление солнцезащитных козырьков, воздухопроводов и облицовок передних стоек.

ТРИМ 4 – правая сторона. Повторяются аналогичные действия с симметричными элементами правой стороны кузова. Проводится окончательная установка приборной панели и внутренних поручней.

ТРИМ 5 – задняя левая сторона. Здесь производятся монтажные работы по установке стеклоподъёмников, звуковых систем, дверных замков и панелей внутренней обшивки. Также крепятся наружные ручки и декоративные планки.

ТРИМ 5 – задняя правая сторона. Проводятся аналогичные действия: установка электропроводки дверей, акустики, элементов системы безопасности, внешней отделки и дверной фурнитуры.

ТРИМ 5 – передняя левая сторона. Монтируется аккумуляторная батарея, устанавливаются элементы системы безопасности, герметизация стекол, подключение жгутов и окончательная сборка левой передней двери.

ТРИМ 6 – правая сторона. Проводится установка ремней безопасности для пассажирских мест, монтаж фиксаторов, обшивочных панелей и кронштейнов для стекол.

ТРИМ 6 – левая сторона. Завершается сборка подкапотного пространства: устанавливаются опоры силового агрегата, магистрали кондиционирования, звуковые сигналы и узлы системы охлаждения. Производится фиксация амортизаторов.

ТРИМ 7 – центральная зона. Финальный пост, на котором устанавливаются компоненты системы мониторинга слепых зон, задняя светотехника, эмблемы и бамперы. Здесь же завершается сборка элементов багажного отделения и производится крепление топливной горловины.

1.4 Использование NVA-анализа

Каждая технологическая операция на сборочной линии имеет строго регламентированное время выполнения, установленное на основании предварительных расчетов. В условиях автомобилестроения уровень загрузки оператора на конвейере должен превышать 80%, при этом наиболее эффективным считается показатель в районе 85%. Оставшиеся 15–20% отводятся на подготовительные действия и переход к следующей задаче. Следует учитывать, что даже незначительная задержка одного исполнителя способна затормозить весь производственный поток, поскольку работа остальных

участников процесса напрямую зависит от своевременного выполнения предыдущих операций.

Одним из ключевых инструментов в повышении производственной эффективности и устранении потерь времени является анализ непроизводительных затрат – NVA-анализ (Non-Value Added analysis). Он используется для оценки текущей загрузки постов на участке трим и оптимизации распределения операций. В рамках этого подхода вся работа делится на три основные категории:

VA (Value Added) – действия, которые создают добавленную стоимость продукта для клиента. Они меняют его форму, свойства или функциональность, за что потребитель готов платить.

NVA (Non-Value Added) – процессы, не влияющие на ценность изделия, и при этом считаются потерями. Сюда относят ошибки сборки, повторные

действия, неверную установку компонентов, поиск инструмента, лишние перемещения, нарушение последовательности и другие отклонения от оптимального хода работ.

NNVA (Necessary Non-Value Added) – действия, не создающие ценности для конечного продукта, но обязательные к исполнению, например, перемещение деталей между постами или контрольные проверки.

Применение NVA-анализа позволяет перераспределить трудовые операции таким образом, чтобы минимизировать потери времени и повысить общий КПД участка. Это достигается путём учёта нескольких ключевых параметров: продолжительности операций, производственных возможностей оборудования и затрат труда. На основании этих данных формируется рациональное распределение операций между рабочими местами. Иллюстрация такого подхода приведена в таблице с примером анализа одного из постов.

Для более точного и удобного распределения задач используется система Job Allotment – автоматизированный инструмент, позволяющий классифицировать операции по уровню сложности, длительности выполнения и необходимым ресурсам. Эта система облегчает оценку времени, снижает количество простоев, способствует равномерному распределению нагрузки между сотрудниками и обеспечивает более эффективное использование как человеческих, так и технических ресурсов.

Таблица 1.1 – Расчет NVA-анализа

№	Наименование операции	Категория	Цикл	Мин	Сек	Разница	Класс
1	Одеть СИЗ	Необходимая операция	1	0	14	0,2333333	NNVA
2	Взять детали для установки	Необходимая операция	1	0	16	0,13333333	NNVA
3	Взять инструмент и подойти к кузову	Необходимая операция	1	0	20	0,3333333	NNVA

4	Монтаж опоры трансмиссии	Необходимая операция	1	1	10	0,166667	NNVA
5	Установка сборной опоры силового агрегата	Необходимая операция	1	1	40	0,6666667	NNVA
6	Установка трубопроводов системы кондиционирования	Необходимая операция	1	2	30	0,5	NNVA
7	Установка защитного кожуха расширительного	Необходимая операция	1	2	40	0,6666667	NNVA
8	Установка акустического сигнала	Необходимая операция	1	3	0	0,5	NNVA
9	Установка заземляющего жгута	Необходимая операция	1	3	30	0,5	NNVA
10	Установка системы охлаждения	Необходимая операция	1	4	0	0,5	NNVA
11	Затяжка крепежей	Необходимая операция	1	4	20	0,3333333	NNVA
12	Проверка установки деталей	Необходимая операция	1	4	40	0,6666667	NNVA
13	Ожидание напарника при установке деталей	Потери	1	5	0	0,3333333	NVA
14	Затяжка крепежей стоек амортизаторов	Необходимая операция	1	5	40	0,6666667	NNVA
15	Переход к следующей детали	Переход	1	6	0	0,5	NNVA
16	Ожидание завершения сборки	Потери	1	6	30	0,5	NVA
17	Подготовка к следующему этапу монтажа	Необходимая операция	1	7	0	0,5	NNVA
18	Взять инструмент подойти к кузову	Необходимая операция	1	7	50	0,1	NNVA
19	Затяжка на момент	Необходимая операция	1	8	30	0,18333333	NNVA
20	Взять Днк	Необходимая операция	1	9	10	0,166667	NNVA
21	Затяжка на момент	Необходимая операция	1	10	0	0,5	NNVA
22	Поставить инструмент	Необходимая операция	1	10	30	0,5	NNVA
23	Просто стоит	Ожидать	1	11	0	0,5	NVA
24	Лишнее движение	Потери	1	12	50	0,1	NVA

25	Подготовка к следующим операциям	Ожидать	1	12	60	0,3	NVA
26	Толкание телеги	Потери	1	13	45	0,75	NVA
27	Ожидание пока другие телеги сдвинутся	Потери	1	14	35	0,58	NVA

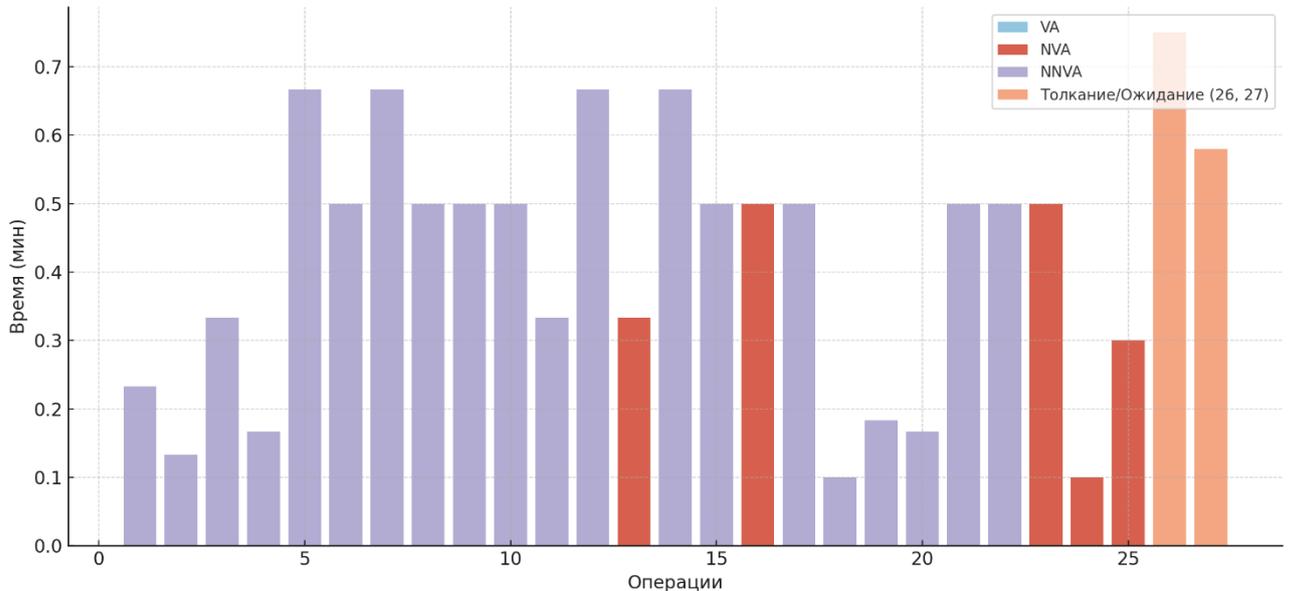


Рисунок 1.1 – График распределения времени по категориям операций NVA и NNVA

По данному графику, отображающему распределение времени по категориям операций, мы можем увидеть, что толкание телеги и ожидание движения других телег занимают наибольшее количество времени по сравнению с другими операциями. Особенно важно отметить, что эти процессы относятся к категории NVA (потери), что указывает на их неоптимальность с точки зрения производительности.

Произведем расчёт снижения доли потерь времени (NVA) в общем цикле:

$$K_p = \frac{T_p}{T_o} \quad (1.1)$$

где T_p – суммарное время потерь (NVA),

T_o – общее время всего производственного цикла.

До автоматизации (вручную):

Сумма NVA (по операциям 13, 16, 23, 24, 25, 26, 27):

$$T_{p1} = 0.333 + 0.5 + 0.5 + 0.1 + 0.3 + 0.75 + 0.58 = 3.063 \text{ мин}$$

Общее время (сумма всех операций) – $T_o = 11.833$ мин

$$K_{p1} = \frac{3.063}{11.833} \approx 0.259 \approx 25.9\%$$

После автоматизации (конвейер):

Предположим, что конвейер исключает 5 из 7 потерь: Остаются только 23 и 25:

$$T_{p2} = 0.5 + 0.3 = 0,8 \text{ мин}$$

$$K_{p2} = \frac{0.8}{11.833} \approx 0.068 \approx 6,8\%$$



Рисунок 1.2 – Диаграмма сравнения доли потерь времени в производственном цикле

После внедрения цепного конвейера доля потерь времени снижается с 25.9% до 6.8%, что указывает на рост производственной эффективности. Неэффективно затраченное время можно будет перераспределить на выполнение операций. Это позволит снизить общие потери, повысить эффективность работы поста и выделить больше времени на подготовку к следующим операциям, оптимизируя весь процесс сборки.

На представленной диаграмме видно, что до модернизации почти четверть всего времени занимали простои и непроизводительные действия. После

внедрения автоматизированного конвейера большая часть этих потерь будет устранена, благодаря чему рабочий цикл станет более сбалансированным. Увеличится доля полезного времени, что способствует не только повышению темпа сборки, но и снижению утомляемости работников за счёт более рационального распределения задач.

Такое визуальное сравнение подтверждает эффективность автоматизации и подчёркивает необходимость дальнейшего внедрения конвейерных решений для стабильно высоких показателей производительности и безопасности труда.

1.5 Проблемы возникшие при работе линии ТРИМ

Проблема толкания телег на производственной линии обусловлена физическому напряжению работников. Слесари, занимающиеся перемещением телег, отвлекаются от выполнения основных технологических операций, что снижает общую производительность труда и увеличивает время цикла на рабочем месте.

Кроме того, такие действия требуют значительных физических усилий, что приводит к увеличению риска травм и снижению работоспособности. В результате наблюдается увеличение времени простоя на линии и уменьшение эффективности использования рабочей силы.

Решением данной проблемы является автоматизация процесса транспортировки или внедрение более эффективных методов перемещения, что позволит сократить затраты времени и усилий на выполнение рутинных задач, снизить нагрузку на работников и повысить общую производительность.

Мое предложение для решения текущей проблемы заключается в внедрении цепного конвейера на линии трим для перемещения кузовов, предлагаю автоматизировать этот процесс с помощью цепного конвейера, который будет эффективно и непрерывно перемещать кузова вдоль всей линии.

Этот проект имеет долгосрочную перспективу и направлен на улучшение производительности и снижение трудозатрат. Внедрение цепного конвейера позволит существенно уменьшить время, затрачиваемое на перемещение кузовов, а также снизит физическую нагрузку на работников, что также снизит риск травм и повысит общую эффективность работы.

Реализация данного проекта потребует перепланировки текущей производственной линии и некоторых изменений в организации рабочего пространства, однако в будущем, с ростом объемов производства, это решение окажется более выгодным и устойчивым для завода.

2 Расчетная часть

2.1 Расчет усилий и времени, необходимых для перемещения телеги

Для определения силы, необходимой для перемещения телег с кузовом, необходимо учитывать несколько факторов:

1. Сила трения. Сила, возникающая между колесами телеги и рельсом, которую нужно преодолеть для начала движения.

$$F_T = \mu * N = \mu * m * g \quad (2.1)$$

$$F_T = 0,15 * 900 * 9,81 = 1321,35 \text{ Н}$$

где μ – коэффициент трения (примем 0,15 для одной металлической рельсы),

m – масса телеги с кузовом,

g – ускорение свободного падения.

То есть это критическая сила, которая должна быть преодолена для того, чтобы телега начала двигаться.

2. Работа. Работа, которую слесарь должен выполнить для перемещения телеги.

$$A = F * s \quad (2.2)$$

$$A = 1321,35 * 5,85 = 7729,89 \text{ Дж}$$

где F – сила, которую прикладывает слесарь,

s – расстояние, на которое телега должна быть перемещена.

3. Время для преодоления инерции (время разгона телеги).

После преодоления критической силы, телега будет двигаться с ускорением, которое можно рассчитать через второй закон Ньютона:

$$F = m * a \quad (2.3)$$

где F – сила, приложенная для движения телеги, a — ускорение телеги.

Если силы достаточно, чтобы телега начала двигаться, то её ускорение будет:

$$a = \frac{F_H}{m} \quad (2.4)$$

$$a = \frac{1321,35}{900} = 1,47 \text{ м/с}^2$$

где F_H – сила, приложенная для перемещения телеги.

4. Время для достижения скорости v на расстоянии s можно рассчитать по формуле движения с постоянным ускорением:

$$v^2 = 2 * a * s \quad (2.5)$$

$$v = \sqrt{2 * 1,47 * 5,85} = 4,14 \text{ м/с}$$

Где v – конечная скорость телеги на расстоянии s ,
 s – расстояние между постами.

5. Время разгона телеги:

$$t_1 = \frac{v}{a} \quad (2.6)$$

$$t_1 = \frac{4,14}{1,47} = 2,81 \text{ с}$$

6. Время торможения будет таким же, как и время разгона, так как ускорение при торможении будет аналогичным.

$$t_2 = 2,81 \text{ с}$$

7. Время слесаря для перехода. Время, которое слесарь тратит на движение к багажному отсеку кузова для его перемещения, с учетом того что он находится по середине поста и расстояние до багажного отсека 2,925 метра.

Допустим, скорость слесаря при ходьбе составляет 1,5 м/с

$$t_3 = \frac{S}{v} \quad (2.7)$$

$$t_3 = \frac{2,925}{1,5} = 1,95 \text{ с}$$

8. Общее время на один переход между постами:

$$t_{\text{общее}} = t_1 + t_2 + t_3 = 2,81 + 2,81 + 1,95 = 7,57 \text{ секунд}$$

9. Общее время для всех 7 постов.

$$t_{7 \text{ постов}} = t_{\text{общее}} * 7 = 7,57 * 7 = 52,99 \text{ секунд}$$

10. Рассчитаем время ожидания движения телег впереди.

Формула для времени ожидания:

$$t_{\text{ожидания}} = (N - 1) * t_{\text{общее}} \quad (2.8)$$

$$t_{\text{ожидания}} = (N - 1) * t_{\text{общее}}, \quad (2.9)$$

где N – номер поста (от 1 до 7),

$t_{\text{общее}} = 7,57$ сек (время на одно перемещение).

Для 1-го поста ожидание $t_{\text{ож1}} = 0$ секунд

2-го поста $t_{\text{ож2}} = 1 \cdot 7,57 = 7,57$ секунд

3-го поста $t_{\text{ож3}} = 2 \cdot 7,57 = 15,14$ секунд

4-го поста $t_{\text{ож4}} = 3 \cdot 7,57 = 22,71$ секунд

5-го поста $t_{\text{ож5}} = 4 \cdot 7,57 = 30,28$ секунд

6-го поста $t_{\text{ож6}} = 5 \cdot 7,57 = 37,85$ секунд

7-го поста $t_{\text{ож7}} = 6 \cdot 7,57 = 45,42$ секунд

11. Суммарное время ожидания (все посты вместе):

$$7,57 + 15,14 + 22,71 + 30,28 + 37,85 + 45,42 = 159,57 \text{ секунд}$$

$$\approx 2 \text{ минуты } 39,57 \text{ сек}$$

12. Общее потерянное время:

$$52,99 + 159,57 = 212,56 \text{ секунд} \approx 3 \text{ минуты } 32,56 \text{ сек}$$

Таким образом, для перемещения телеги между постами (на расстояние 6 м) требуется 7,57 секунд. С учетом ожидания движения впереди стоящих телег, суммарное время ожидания на всех постах составляет 2 минуты 39,57 секунд. В результате общее потерянное время достигает 3 минут 32,56 секунд.

2.2 Обоснование цепного конвейера

Цепной конвейер был выбран для линии ТРИМ, так как он наилучшим образом соответствует требованиям данного участка по ряду ключевых параметров. Прежде всего, цепной конвейер обеспечивает стабильное и синхронное перемещение тележек между сборочными постами, что критически важно для упорядоченного производственного процесса. В отличие от ленточных или роликовых систем, цепной конвейер позволяет жёстко фиксировать тележки и точно позиционировать их в нужной точке, без отклонений и задержек.

Кроме того, данная система более устойчива к загрязнению, попаданию пыли и других производственных факторов, которые часто присутствуют в условиях цеха. Цепной привод устойчив к износу, надёжен в эксплуатации и требует минимального обслуживания при правильной настройке. Благодаря модульности и простоте монтажа, он легко адаптируется под особенности конкретной производственной линии, включая изменение длины, количества постов или направления движения.

Также важным фактором является то, что цепной конвейер обеспечивает возможность равномерной загрузки и равномерного распределения нагрузки по всей длине трассы, что снижает износ отдельных элементов и увеличивает общий срок службы оборудования. С точки зрения автоматизации и безопасности, эта система поддерживает интеграцию с датчиками, контроллерами и другими элементами управления, что делает её полностью совместимой с концепцией «умной» производственной линии.

Учитывая все эти преимущества, цепной конвейер является наиболее рациональным и эффективным решением для модернизации участка ТРИМ.

2.3 Расчет цепного конвейера

Процесс расчета цепного конвейера включает несколько ключевых этапов, таких как определение производительности, выбор оптимальной ширины цепи, расчет мощности привода и другие технические параметры.

В качестве исходных данных для расчета необходимо учитывать характеристики груза, который будет перемещаться по конвейеру. В этих характеристиках используют массу груза, форма и габаритные размеры.

К общим расчетам для цепного конвейера относятся: вычисление производительности системы, определение сопротивления движению цепи, расчет динамических усилий, возникающих в цепном механизме, расчет тягового усилия, необходимого для перемещения груза, а также расчет мощности привода и других ключевых параметров, обеспечивающих эффективную работу конвейера.

Выбор двигателя SEW R97 DRN100LS4 BE2 HR обусловлен его высокой надежностью, энергоэффективностью и соответствием требованиям сборочной линии. Производитель SEW-Eurodrive признан одним из ведущих в сфере приводной техники, что обеспечивает легкий доступ к сервису, запасным частям

и технической поддержке, что особенно важно при эксплуатации оборудования в условиях непрерывного производственного цикла.

Применение мотор-редуктора серии R97 позволяет получить стабильную передачу крутящего момента благодаря прочному зубчатому зацеплению и высокому КПД. Конструкция редуктора адаптирована под длительную работу без снижения производительности, что критично для конвейерных систем.

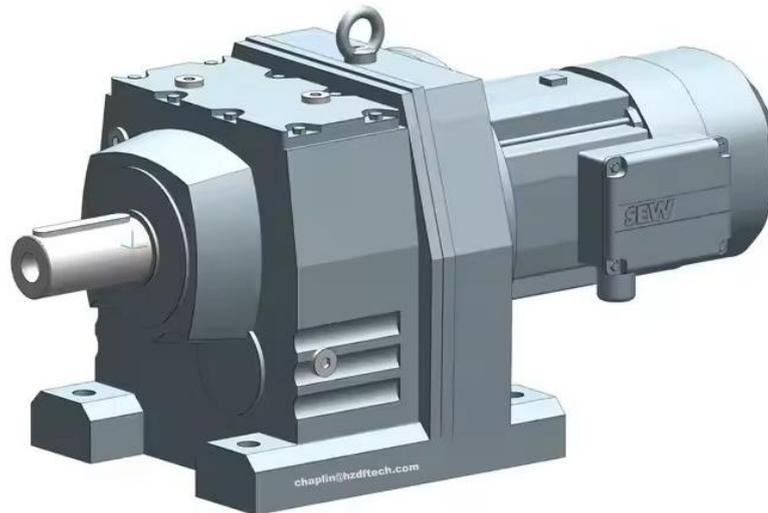


Рисунок 2.1 – Мотор-редуктор SEW серии R97 с фланцевым креплением

Электродвигатель DRN100LS4 относится к классу IE3 по энергоэффективности, что способствует экономии электроэнергии и соответствует современным стандартам экологической безопасности. Такая характеристика особенно актуальна в условиях повышения требований к энергоэффективности оборудования на промышленных предприятиях.

1. Расчёт нагрузки на цепь:

1.1. Общая длина линии:

$$L = 7 * 6 = 42 \text{ м}$$

1.2. Общая масса транспортируемых тел:

$$m_{\text{общ}} = 7 * (100 + 900) = 7000 \text{ кг}$$

2. Расчёт силы тяги цепи:

2.1 Масса цепи:

- Масса 1 м цепи: 29.6 кг

$$L_{\text{цепи}} = 60 * 2 = 120 \text{ м}$$

- Масса цепи:

$$m_{\text{цепи}} = 120 * 29,6 = 3552 \text{ кг}$$

2.2 Коэффициенты сопротивления:

Коэффициент сопротивления качению роликов по направляющим: $f_k=0.03$

Коэффициент сопротивления на поворотах, подъемах, доп. нагрузках:
 $f_{\text{доп}}=0.02$

Итого коэффициент:

$$f = f_k + f_{\text{доп}} = 0.05 \quad (2.10)$$

2.3 Сила тяги от подвижной массы (груз + тележки):

$$F_1 = m_{\text{груза}} * g * f = 7000 * 9.81 * 0.05 = 3433.5 \text{ Н} \quad (2.11)$$

2.3 Сила тяги от массы цепи (движется полностью):

$$F_2 = m_{\text{цепи}} * g * f = 3552 * 9.81 * 0.05 = 1742.76 \text{ Н} \quad (2.12)$$

2.3 Полная сила тяги:

$$F_{\text{тяг}} = F_1 + F_2 = 3433.5 + 1742.76 = 5176.26 \text{ Н} \quad (2.13)$$

Добавим коэффициент запаса (например, $K = 1.3$):

$$F_{\text{расч}} = 5176.26 * 1.3 \approx 6729.14 \text{ Н}$$

3. Подбор двигателя и редуктора:

3.1 Расчёт мощности: Скорость движения: $V=6 \text{ м/мин}=0.1 \text{ м/с}$

Мощность на валу:

$$P = \frac{F_{\text{расч}} * V}{\eta} \quad (2.14)$$

где $\eta=0.85$ — КПД редуктора и системы

$$P = \frac{6729.14 * 0.1}{0.85} = 791.66 \text{ Вт} \approx 0.79 \text{ кВт}$$

По расчету достаточно двигателя мощностью ~ 0.8 кВт, но с учетом пусковых токов и резерва используется двигатель SEW 2.2 кВт — выбор оправдан. Характеристики мотор-редуктора SEW R97 DRN100LS4 BE2 HR:

Таблица 2.1 – Данные параметры

Параметры	Значения
Входная мощность (P)	2.2 кВт
Входные обороты двигателя (n1)	1500 об/мин
Передаточное отношение (i)	25.6
Выходные обороты вала (n2)	58.6 об/мин
Крутящий момент на валу (T)	304.8 Н·м
Допустимая радиальная нагрузка (F)	6000 Н

4. Подбор и проверка цепной передачи

Цепь: Dog Chain RF01258R

Цепь RF01258R имеет высокую прочность и надёжность, что особенно важно при работе в условиях непрерывного цикла и перемещения массивных компонентов. При массе цепи 3552 Н и расчётной силе тяги с запасом 6729,14 Н, выбранная модель обеспечивает необходимую нагрузочную способность с достаточным запасом прочности, исключая риск выхода из строя или перерасхода ресурса.

Кроме того, Dog Chain этой серии обладает устойчивостью к износу, а также хорошо работает в среде с загрязнением и вибрациями, что делает её особенно подходящей для условий сборочного производства. Её конструкция обеспечивает стабильную работу, низкий уровень шума и минимальные требования к техническому обслуживанию.

Таким образом, RF01258R представляет собой оптимальное решение, сочетающее надёжность, производительность и безопасность эксплуатации.

Разрывное усилие: 13000 кгс ≈ 127.4 кН

Проверим коэффициент запаса прочности:

$$n = \frac{F_{\text{разрыв}}}{F_{\text{расч}}} = \frac{127400}{6729.14} \approx 18.9 \quad (2.15)$$

Коэффициент запаса прочности почти 19 — в пределах нормы (требуется $\geq 8-10$ для тяжёлых систем). Все элементы подобраны правильно, расчётные усилия подтверждают: Двигатель SEW R97 DRN100LS4 BE2 HR на 2.2 кВт подходит с большим запасом. Цепь Dog Chain RF01258R надёжна с коэффициентом запаса прочности почти 19.

5. Расчёт вала

5.1 Ведущий вал:

Материал: сталь 40, термообработанная (допускаемое напряжение на изгиб/кручение: $\sigma_{\text{доп}} = 80$ МПа, $\tau_{\text{доп}} = 50$ МПа)

Диаметр вала: $d=60$ мм (по редуктору)

Момент сопротивления кручению:

$$W_k = \frac{\pi * d^3}{16} = \frac{\pi * 60^3}{16} = 42411.5 \text{ мм}^3 = 42.4 * 10^3 \text{ мм}^3 \quad (2.16)$$

5.2 Крутящий момент от двигателя:

Мощность: $P=2.2$ кВт

Скорость на выходе (приблизительно): $n=58$ об/мин (по редуктору R97, $i \approx 25.6$)

$$T = \frac{T}{W_k} = \frac{36240}{42411.5} = 8.54 \text{ МПа} \ll 50 \text{ МПа} \quad (2.17)$$

Вывод: Диаметр вала 60 мм достаточен с большим запасом прочности.

6. Расчёт шпоночного соединения

6.1 Данные

Диаметр вала: $d=60$ мм

Стандартная шпонка: $18 \times 11 \times 112$ мм (ГОСТ 23360-78)

Материал — сталь 45, допустимое напряжение на смятие $\sigma_{\text{см}}=100$ МПа

Крутящий момент: $T=362400$ Н

6.2 Проверка на смятие

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{2T}{d * h_1 * l} = \frac{2 * 362400}{60 * 5.5 * 112} = 19.34 \text{ МПа} \quad (2.18)$$

где $h_1=5.5$ — рабочая высота шпонки.

Вывод: $\sigma_{\text{см}} \ll 100$ МПа — запас прочности в ~ 5 раз.

7. Расчёт подшипников

7.1 Подшипники УСР 215

Диаметр вала: 75 мм (макс нагрузка 23 кН радиально)

Проверка:

Нагрузка на подшипник (максимум от цепи):

$$F_r = \frac{F_{\text{тяги}}}{2} = \frac{6729}{2} \approx 3364.5 \text{ Н} \quad (2.19)$$

Вывод: Рабочая нагрузка значительно ниже допустимой (23 000 Н).

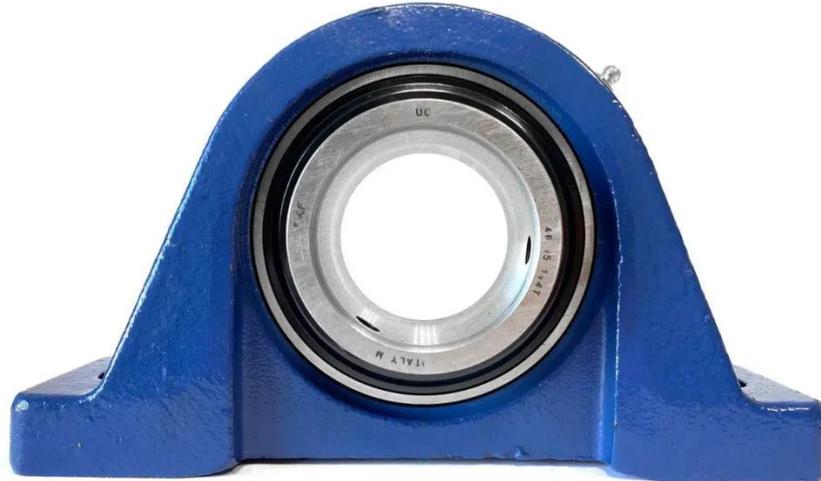


Рисунок 2.2 – Опорный подшипниковый узел (подшипник в корпусе типа UCP215)

8. Звездочки

8.1 Ведущая звезда RF10125×10NT

Диаметр: 386.71 мм

Кол-во зубьев: 10

Тип передачи: дог-чейн

Передаёт силу тяги цепи: 6729 Н. Проверка:

Момент:

$$T = F * r = 6729 * 193.36 = 1300960 \text{ Н}, \quad (2.20)$$

Усилие на 1 зуб:

$$F_{\text{зуб}} = \frac{6729}{2.5} \approx 2691.6 \text{ Н}$$

Усилие на ось (через радиус):

$$M = F_{\text{зуб}} * r = 2691.6 * 193.36 = 520406 \text{ Н}, \quad (2.21)$$

Момент меньше, чем допустимый для данной звезды — проверка пройдена.

2.4 Интеграция системы Andon и цепного конвейера на линии сборки ТРИМ

Одним из ключевых элементов эффективной организации производственного процесса является система Andon — визуально-звуковая система оповещения, предназначенная для оперативного выявления и устранения проблем на сборочной линии. В данном случае предлагается интеграция системы Andon с цепным конвейером на участке сборки автомобилей.

Интеграция Andon значительно повышает производительность, позволяя сотрудникам мгновенно сообщать о любых неполадках, не покидая рабочего места. Это минимизирует простой оборудования и снижает влияние человеческого фактора. Система активно используется на ведущих автомобильных предприятиях мира, так как является одним из самых эффективных инструментов автоматизации и управления производственным процессом.

Кроме производственных преимуществ, Andon играет важную роль в обеспечении безопасности труда. Работники могут в любой момент остановить конвейер при обнаружении неисправностей, угрозы здоровью или возникновения аварийных ситуаций. Это позволяет мгновенно реагировать на потенциально опасные события, предотвращая несчастные случаи и защищая как персонал, так и оборудование.

Каждое рабочее место оборудовано тремя основными кнопками: TEMP STOP, EMERGENCY STOP и ASSIST CALL, каждая из которых имеет своё назначение и влияет на работу линии в разной степени.

Кнопка TEMP STOP используется в случае, когда работнику требуется незначительное дополнительное время для завершения текущей операции, без необходимости полной остановки всей линии. Например, при возникновении небольшой заминки с установкой крепёжного элемента или необходимости перепроверки выполненного действия. При нажатии TEMP STOP:

- Приостанавливается движение тележки с кузовом в зоне конкретного поста.
- На центральном Andon-табло отображается сигнал с указанием номера поста и типом сигнала.
- Срабатывает локальная световая индикация (например, жёлтая лампа).

Таким образом, рабочий получает возможность избежать брака, не передавая неполноценно собранный модуль дальше по линии. Конвейер автоматически возобновляет движение после определённого времени или по подтверждению оператора/мастера.

Кнопка EMERGENCY STOP применяется исключительно в чрезвычайных ситуациях, когда существует угроза жизни, здоровью персонала или оборудованию. Примеры включают: зажатие руки между кузовом и тележкой,

падение тяжёлого узла, задымление или пожар, короткое замыкание. При нажатии EMERGENCY STOP:

- Останавливается весь конвейер немедленно по всей длине линии.
- Включается аварийная звуковая сигнализация.
- На дисплее системы появляется красный сигнал с указанием поста, где произошла остановка.
- Для восстановления работы линии необходимо вмешательство ответственного специалиста (мастера смены, техника или инженера по безопасности).

Эта функция является критически важной для соблюдения норм охраны труда и обеспечения безопасности технологического процесса.

Кнопка ASSIST CALL используется для вызова мастера, бригадира или технолога, если на посту возникла нештатная ситуация, не требующая остановки конвейера. Например, закончились расходные материалы, требуется замена инструмента или консультация по техническому вопросу. При активации:

- На дисплее Andon появляется сигнал "ASSIST" с указанием номера поста.
- Включается звуковое или световое оповещение (в зависимости от конфигурации).
- Ответственный персонал получает уведомление (на табло, пейджер, смартфон).

Данная функция повышает мобильность обслуживающего персонала и позволяет оперативно устранять мелкие неполадки, не снижая темпа производства.



Рисунок 2.3 – Элемент системы визуального контроля Andon на производственной линии: кнопки TEMP STOP, EMERGENCY STOP и ASSIST CALL

Все кнопки подключены к ПЛК (программируемому логическому контроллеру), который управляет приводом цепного конвейера и взаимодействует с системой визуализации. Информация о каждом нажатии транслируется в промышленной системе управления производством, что позволяет анализировать статистику простоев и планировать мероприятия по их устранению.

Таким образом, система Andon в связке с цепным конвейером обеспечивает прозрачность производственного процесса, сокращение времени реагирования на инциденты и снижение производственных потерь. Это один из ключевых элементов концепции бережливого производства (Lean Manufacturing) и построения эффективного производства.

2.5 Разработка технического задания на модернизацию участка ТРИМ и внедрение системы Andon

Техническое задание № 1

на модернизацию участка ТРИМ: внедрение цепного конвейера

Таблица 2.2 – Техническое задание на модернизацию участка ТРИМ

Подразделение заказчика		Цех сборки
Заказчик		Руководитель цеха сборки
Получатель		Отдел главного механика / инженерной службы
Вид работ		Проектирование, поставка и внедрение цепного напольного конвейера на участке ТРИМ.
Основание		План модернизации производства с целью оптимизации логистики внутри участка, повышения производительности и снижения доли NVA-операций.
Наименование объекта		Цепной напольный конвейер с Dog Chain RF01258R для перемещения тележек с кузовами.
№	Наименование параметра	Требуемые технические характеристики
1	Тип цепи	Dog Chain RF01258R
2	Количество постов	7
3	Привод	SEW R97 DRN100LS4 BE2 HR, 2.2 кВт
4	Тип установки	Напольная с направляющими
5	Температурный режим эксплуатации	от +5 °С до +35 °С
6	Уровень шума	не более 75 дБ
7	Встроенная интеграция с системой Andon	Обязательна
Перечень приложений		№ Содержание
		1 Компоновочная схема участка ТРИМ после модернизации.
		2 Расчётная схема и расчёты прочности цепи.
		3 Спецификация оборудования.

Техническое задание № 2
на внедрение системы Andon на участке ТРИМ

Таблица 2.3 – Техническое задание на внедрение системы Andon

Подразделение заказчика		Цех сборки
Заказчик		Руководитель цеха сборки
Получатель		Отдел автоматизации и IT-служба
Вид работ		Внедрение производственной визуальной системы оповещения Andon.
Основание		Внедрение элементов бережливого производства, необходимость оперативного реагирования на отклонения, обеспечение визуального контроля производственной линии.
Наименование объекта		Andon-система управления визуальными сигналами и остановками на ТРИМ участке.
№	Наименование параметра	Требуемые технические характеристики
1	Количество рабочих постов	
2	Режимы сигналов	TEMP STOP, EMERGENCY STOP, ASSIST CALL
3	Световая индикация	Светодиодные панели, IP54
4	Звуковая индикация	≥ 85 дБ
5	Время отклика сигнала	≤ 5сек
6	Язык интерфейса	Русский/казахский
7	Интеграция с системой управления конвейером	Обязательна
Перечень приложений		№ Содержание
		1 Схема подключения системы Andon к постам.
		2 Пример интерфейса панели управления.
		3 Алгоритм действий при срабатывании сигналов.

Для реализации проекта по модернизации участка ТРИМ с внедрением цепного конвейера и системы Andon было составлено техническое задание, в котором чётко определены цели, технические параметры, условия эксплуатации и требования к оборудованию.

Наличие технического задания позволяет структурировать проект, определить зоны ответственности, упростить взаимодействие с подрядчиками и обеспечить соответствие всех этапов требованиям производства.

3 Организационная часть и технико-экономические расчеты

3.1 Организация технического обслуживания цепного конвейера

Для обеспечения стабильной, безопасной и непрерывной работы цепного конвейера на участке ТРИМ внедрена система планово-предупредительного технического обслуживания (ППР). Обслуживание выполняется по установленному регламенту и включает текущий контроль, профилактику и капитальный ремонт основных узлов.

Таблица 3.1 – Виды технического обслуживания и периодичность проведения работ

Вид обслуживания	Содержание работ	Периодичность	Ответственный
Ежесменный осмотр	Визуальный контроль натяжения цепи, чистота, шум, перекося	1 раз в смену	Оператор / КИПер
ТО-1	Смазка, осмотр звеньев, затяжка болтов, очистка направляющих	1 раз в месяц	Слесарь-ремонтник
ТО-2	Проверка редуктора, дефектовка цепи, замена изношенных звеньев	1 раз в 3 месяца	Механик / Электрик
Сезонное ТО	Проверка уплотнений, температурной устойчивости	Весна / Осень	Механик участка
Капитальный ремонт	Полная разборка, замена цепи, подшипников, звёздочек	1 раз в 3 года	Сервисная служба

Таким образом, система ТО является ключевым элементом в поддержании надёжности и ритмичности работы участка ТРИМ, снижает вероятность простоев и обеспечивает соблюдение требований по безопасности труда.

3.2 Экономическая часть

Автоматизация участка ТРИМ с применением цепного конвейера оказала положительное влияние на ключевые производственные показатели. График 1 наглядно демонстрирует изменение структуры производственного времени: доля потерь существенно снизилась, что говорит о росте эффективности операций.

Это позволило повысить производительность без увеличения трудозатрат и дополнительных ресурсов, обеспечив прямой экономический эффект.

График 2 иллюстрирует снижение коэффициента трудовой тяжести (КТТ), применяемого в оценке условий труда. Падение этого показателя после внедрения автоматизации подтверждает улучшение эргономики рабочих мест, снижение утомляемости сотрудников и рост мотивации, что также влияет на стабильность производственного процесса и качество выпускаемой продукции.

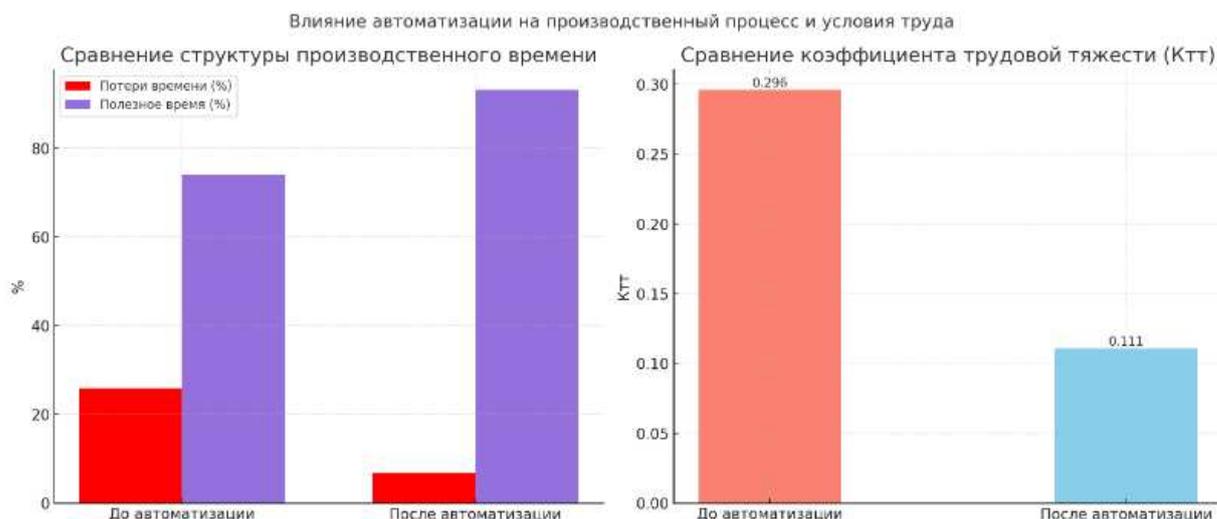


Рисунок 3.1 – Графики влияния автоматизации на производственный процесс и условия труда.

Дополнительно был произведён расчёт экономии времени в производственном цикле. До модернизации его длительность составляла 1200 секунд (20 минут), при этом потери достигали 25,9 %. После внедрения автоматизированного перемещения кузовов доля потерь снизилась до 6,8 %. По формуле:

$$\text{Экономия времени} = T_{\text{до}} \cdot \frac{NVA_{\text{до}} - NVA_{\text{после}}}{100}, \quad (3.1)$$

где $T_{\text{до}}$ – исходная продолжительность цикла,
 NVA – доля потерь времени,

$$\text{Экономия времени} = 1200 \cdot \frac{25,9 - 6,8}{100} = 229,2 \text{ с} = 3,82$$

Таким образом, каждый цикл сократился почти на 4 минуты, что даёт значительную экономию на масштабах серийного производства.

В совокупности автоматизация участка обеспечивает не только рост производственной эффективности, но и положительно влияет на организацию труда, снижает физическую нагрузку и повышает надёжность процесса. Это подтверждает её целесообразность как с экономической, так и с социальной точки зрения.

4 Охрана труда и окружающей среды

4.1 Оценка влияния модернизации на условия труда на участке ТРИМ

Внедрение цепного конвейера на участке ТРИМ существенно влияет не только на производственную эффективность, но и на условия труда работников.

До модернизации производственный процесс включал большое количество ручных операций, сопряжённых с высокими физическими нагрузками, неудобной позой, перемещением тяжестей и риском столкновений с транспортируемыми тележками. Помимо этого, присутствовали факторы шума, вибрации и запылённости воздуха. Эти условия формировали повышенные требования к физической выносливости работников и создавали риски для их здоровья и безопасности.

Согласно статье 180 Трудового кодекса Республики Казахстан от 23 ноября 2015 года № 414-V ЗРК и статье 26 Кодекса РК «О здоровье народа и системе здравоохранения» от 7 июля 2020 года № 360-VI ЗРК, работодатель обязан обеспечить безопасные и благоприятные условия труда. Это включает в себя мероприятия по снижению уровней профессиональных рисков, оптимизацию условий труда и внедрение технических решений, предотвращающих воздействие опасных и вредных факторов на работников.

Механические травмы при ручном перемещении тяжёлых сборочных узлов
Усталость и переутомление вследствие однообразной тяжёлой физической работы

Повышенная вероятность столкновения тележек на участке из-за отсутствия синхронизации.

После внедрения автоматизированного цепного конвейера значительная часть этих факторов будет устранена. За счёт механизированной транспортировки агрегатов уменьшится количество ручных операций и контакт с перемещаемыми грузами.

Для оценки уровня изменения условий труда произведем расчет изменения тяжести труда на основе коэффициента трудовой тяжести ($K_{\text{ТТ}}$), он позволяет наглядно сравнить влияние вредных и опасных факторов на работника до и после модернизации, который рассчитывается по формуле:

$$K_{\text{ТТ}} = \frac{\sum F}{N}, \quad (4.1)$$

где F – количество факторов, негативно влияющих на работника (условно баллы)

N – общее количество операций в цикле.

До внедрения цепного конвейера:

$F = 8$ (ручной труд, перемещение тяжестей, неудобная поза, столкновения тележек, шум, вибрация, пыль, избыточная физическая нагрузка)

$N = 27$

$$K_{\text{ТГ1}} = \frac{8}{27} \approx 0,296, \quad (4.2)$$

После внедрения конвейера:

$F = 3$ (контрольная нагрузка, шум от оборудования, необходимость следить за автоматикой)

$N = 27$

$$K_{\text{ТГ}} = \frac{3}{27} \approx 0,111, \quad (4.3)$$

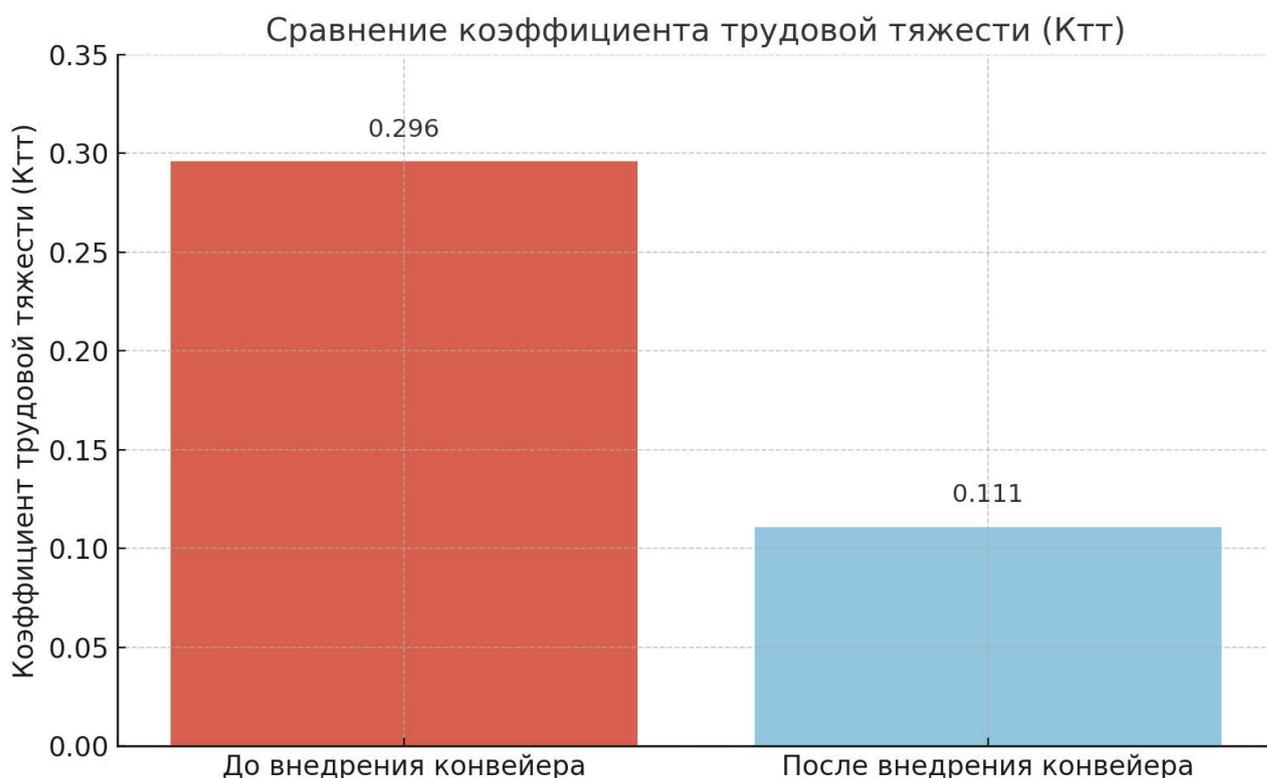


Рисунок 4.1 – График сравнения коэффициента трудовой тяжести

Снижение коэффициента $K_{\text{ТГ}}$ более чем в 2,6 раза подтверждает улучшение условий труда. Кроме того, внедрение цепного конвейера позволяет оптимизировать ритм работы, снизить утомляемость, а также уменьшить длительность операций с высокой физической нагрузкой, что положительно отражается на показателях производственного здоровья и снижении числа микротравм.

4.2 Обоснование безопасности конструкции

Цепной конвейер спроектирован с учётом требований промышленной безопасности, устойчивости конструкции и защиты обслуживающего персонала

от возможных опасных факторов. Приводная цепь, звёздочки и натяжные участки полностью закрыты металлическими защитными кожухами.

Шумовая нагрузка

– При эксплуатации конвейера основной источник шума – зацепление цепи со звёздочками. По расчётам: $L_{зв} \approx 50-55$ дБА

Норматив:

– По СанПиН РК №168 от 03.03.2022: допустимый уровень шума в рабочей зоне – до 85 дБ.

– Фактически на рабочем месте оператора – не превышает 55 дБ, что в пределах допустимого уровня без обязательного применения СИЗ органов слуха.

Средства индивидуальной защиты (СИЗ)

Персонал должен быть обеспечен следующими СИЗ:

Таблица 4.1 – Перечень средств индивидуальной защиты при выполнении работ

Вид работ	СИЗ
Обслуживание	Перчатки диэлектрические, каска, очки
Работа с цепью	Спецодежда с плотной тканью, краги
Замена компонентов	Защитные очки, спецобувь
Пуско-наладка	Беруши (при уровне шума > 80 дБ)
Дополнительно: аптечка, огнетушитель, знаки безопасности вблизи привода.	

Таким образом, конструкция цепного конвейера соответствует требованиям охраны труда и промышленной безопасности. Применение защитных кожухов, допустимые уровни шума и использование СИЗ снижают риски травматизма и создают безопасные условия работы на участке ТРИМ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненное исследование продемонстрировало значительный эффект от внедрения автоматизированной системы перемещения на участке ТРИМ предприятия Hyundai Trans Kazakhstan. Использование цепного напольного конвейера в сочетании с интегрированной системой Andon позволило существенно улучшить организацию производственного процесса и снизить влияние человеческого фактора.

Анализ до и после модернизации показал значительное уменьшение потерь времени, связанных с непроизводительными действиями, и сокращение физической нагрузки на работников. Это, в свою очередь, повысило эргономичность рабочих мест и снизило риск получения производственных травм.

Технические расчёты, проведённые в рамках проекта, подтвердили целесообразность выбора компонентов и адекватность заложенных параметров. Прочностные и кинематические характеристики выбранного оборудования находятся в пределах нормативов, а коэффициенты запаса указывают на надёжность при длительной эксплуатации.

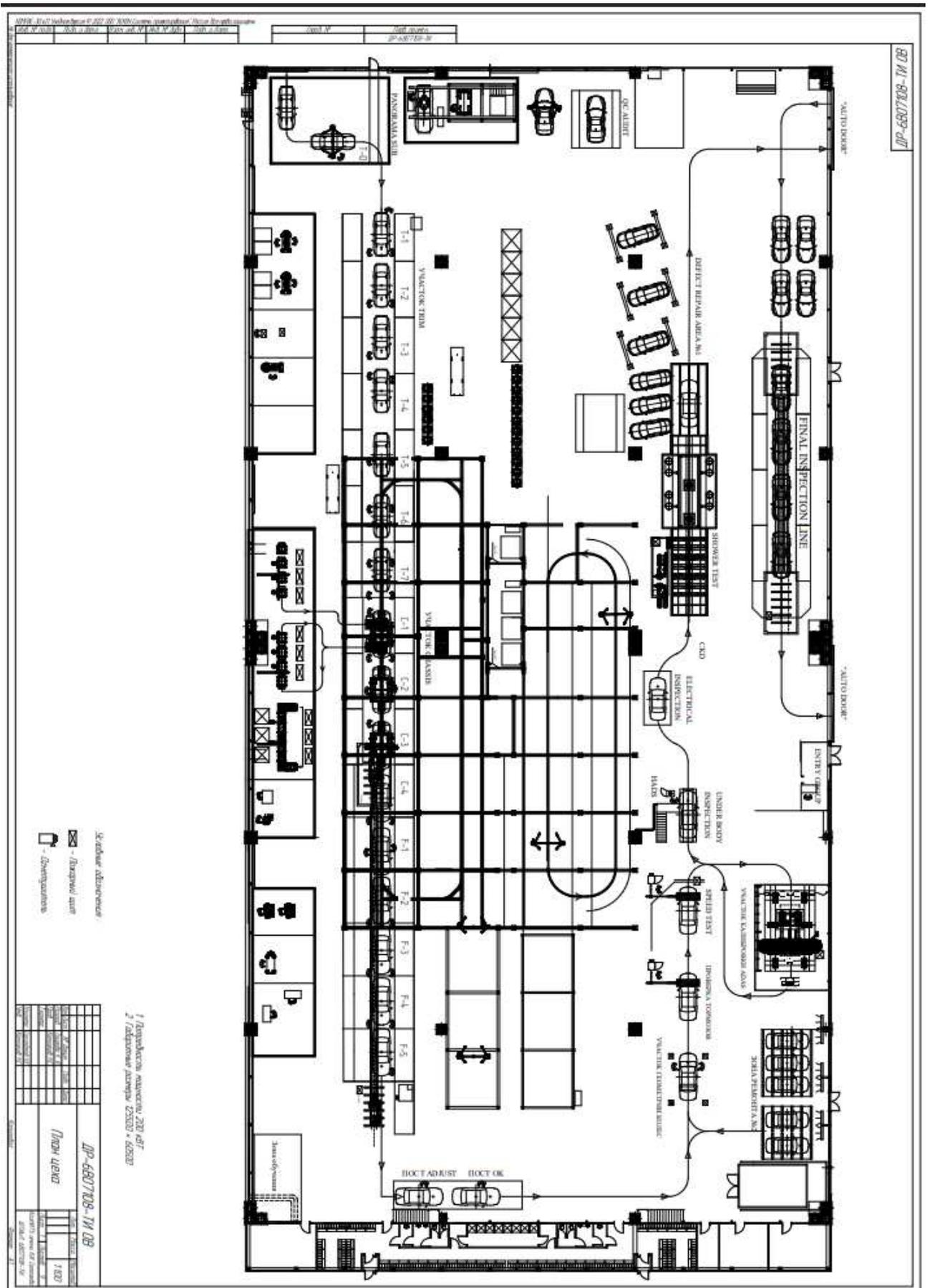
С экономической точки зрения проект обеспечил рост производственной эффективности без увеличения численного состава персонала. Благодаря устранению ручного перемещения тележек и синхронизации рабочих операций удалось сократить продолжительность сборочного цикла, повысить производительность линии и снизить затраты, связанные с простоем и рекламациями.

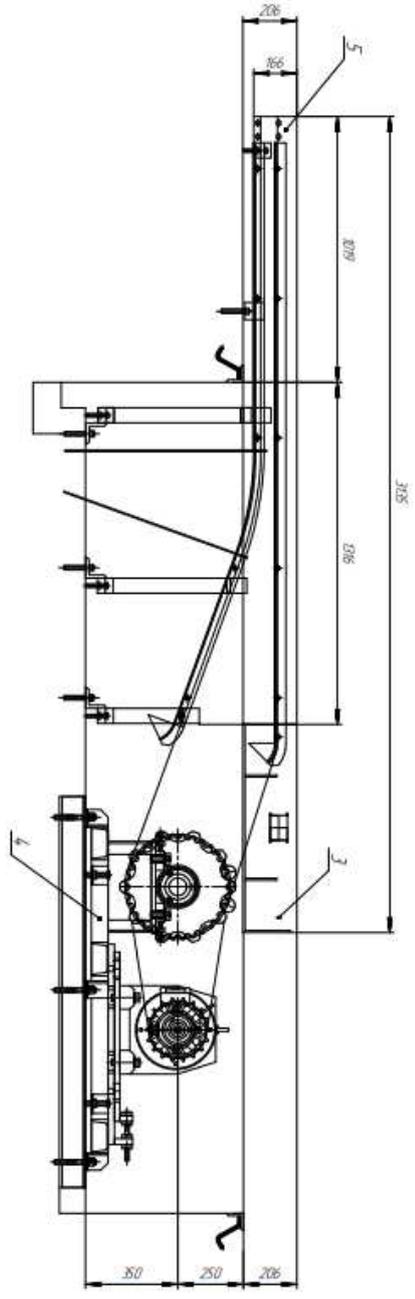
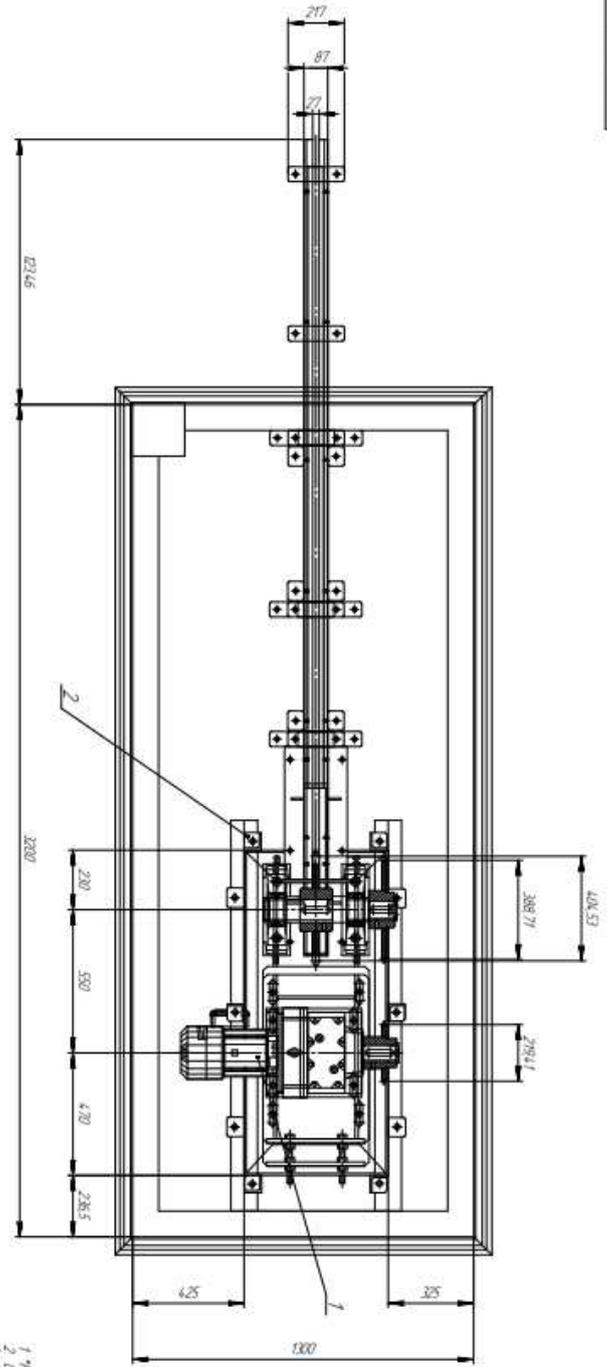
Полученные результаты демонстрируют, что автоматизация участка ТРИМ — это не только способ повышения эффективности конкретного производственного узла, но и стратегически верное направление модернизации всего предприятия. Разработанная система может быть успешно внедрена на других автомобильных заводах, что делает данную работу практически значимой и масштабируемой в условиях современной промышленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://hyundaiplant.kz/ru/>
2. Петухов В. Н. Автоматизация технологических процессов и производств. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. – 432 с.
3. Аверченков В. И., Дьяконов В. П. Транспортные машины и конвейеры: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2017. – 288 с.
4. Сафонов А. А. Механизация и автоматизация производственных процессов машиностроения. – М.: Форум, 2018. – 352 с.
5. Гуревич В. И. Надежность промышленных систем автоматизации: современные подходы и решения. – М.: ДМК Пресс, 2016. – 384 с.
6. Исаев В. А. Производственная логистика. – М.: Юрайт, 2021. – 378 с.
7. Жуков А. В. Основы мехатроники и автоматизации: Учебник. – М.: Лань, 2019. – 460 с.
8. Белов В. Г. Проектирование конвейерных систем: Учебное пособие. – М.: Форум, 2020. – 312 с.
9. Поляков В. М. Автоматизация технологических процессов машиностроения. – СПб.: Лань, 2017. – 288 с.
10. Казаков А. И. Конвейеры: расчет, проектирование, эксплуатация. – М.: Машиностроение, 2019. – 340 с.
11. Сидоров А. Н. Детали машин: Расчет и конструирование. – М.: Юрайт, 2021. – 412 с.
12. Жуковский В. П. Детали машин и основы конструирования. – 3-е изд. – М.: Юрайт, 2022. – 456 с.
13. Митрофанов Б. С. Конвейерные установки: справочное руководство. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 276 с.
14. Фёдоров А. Ю. Цепные передачи и цепные конвейеры: расчет и проектирование. – М.: Лань, 2023. – 290 с.
15. Горбунов С. А. Электропривод и автоматизация транспортных систем. – М.: Инфра-Инженерия, 2020. — 328 с.
16. Тарасов В. А. Механизмы и машины: основы теории и расчета. – СПб.: Питер, 2016. – 384 с.
17. Николаев Ю. И. Автоматизация машиностроительных производств. – М.: Академия, 2018. – 296 с.
18. Сидоров А. Н. Детали машин: Расчет и конструирование. – М.: Юрайт, 2021. – 412 с.
19. Казаков А. И. Конвейеры: расчет, проектирование, эксплуатация. – М.: Машиностроение, 2019. – 340 с.

Приложение А



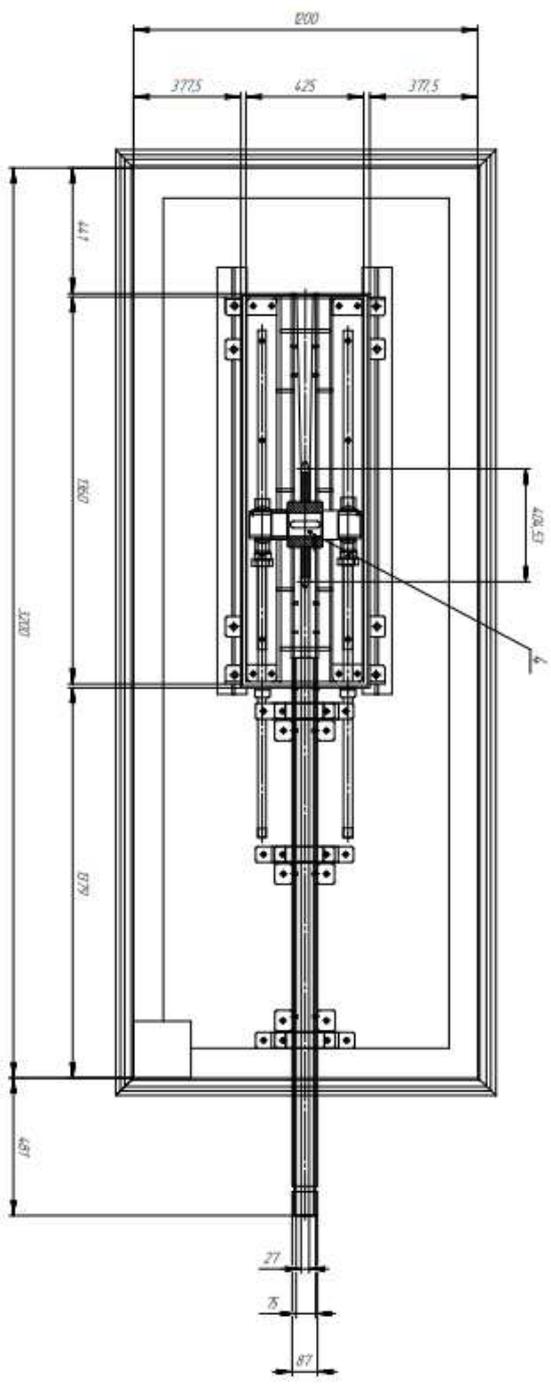
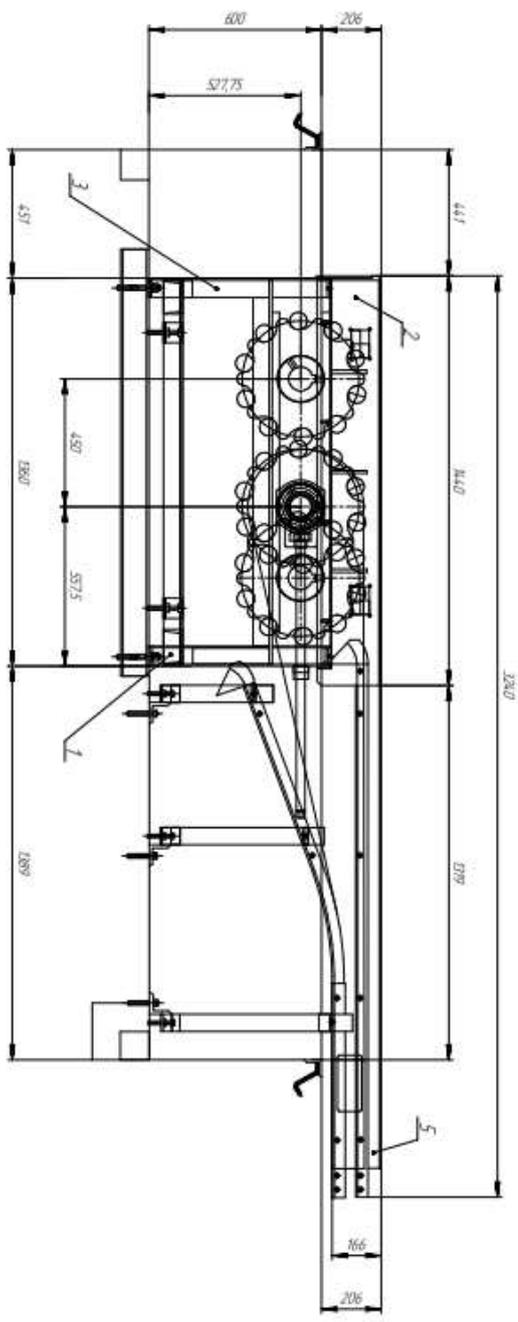


- 1 - Число для заказа.
- 2 - Коды по ГОСТ 77-78.
- 3 - Коды для заказа оборудования, деталей и комплектующих по ОСТ 833-79.
- 4 - Коды для заказа оборудования, деталей и комплектующих по ОСТ 833-79.
- 5 - Коды для заказа оборудования, деталей и комплектующих по ОСТ 833-79.
- 6 - Обозначение деталей, входящих в комплект поставки.
- 7 - Подписи и даты в соответствии с требованиями ГОСТ 2.311-2017.
- 8 - Какое оборудование подлежит замене, указать наименование и количество.
- 9 - Различные варианты исполнения, указать НК, НК/1, НК/2 и т.д.

№ п/п	Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
1	ДР-6807Н8-ТМ	Устройство	1	
2	ДР-6807Н8-ТМ	Устройство	1	
3	ДР-6807Н8-ТМ	Устройство	1	
4	ДР-6807Н8-ТМ	Устройство	1	
5	ДР-6807Н8-ТМ	Устройство	1	

Итого: 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт. 1 шт.

№ п/п	№ документа	Исполнитель	Дата
1	ДР-6807Н8-ТМ	И.И.И.	01.01.2017



DP-6807N8-TH CE

- 1 - Уплотнитель для корпуса.
- 2 - Клапан по ТР ТС 077-76.
- 3 - Клапан или фидер по СТ 1 (ГОСТ 217-82).
- 4 - Реле с оптоэлектронным управлением, сертификат и схема электрической цепи / ТР ТС 031-79.
- 5 - Реле герметичное с двойным контактом, в соответствии с нормативом производства ТР ТС 34.231-2017.
- 6 - Клапан с электроприводом, в соответствии с требованиями к безопасности и инструкции завода.
- 7 - Реле с клапаном герметичным с двойным контактом и клапаном.
- 8 - Герметичное реле с двойным контактом по ТР ТС 34.231-2017.

№ п/п	Обозначение	Наименование	№ документа
1	DP-6807N8-TH	Уплотнитель корпусный	1
2	DP-6807N8-TH	Клапан с фидером	1
3	DP-6807N8-TH	Клапан с оптоэлектронным управлением	1
4	DP-6807N8-TH	Клапан с электроприводом	1
5	DP-6807N8-TH	Реле с двойным контактом	1
6	DP-6807N8-TH	Клапан с электроприводом	1
7	DP-6807N8-TH	Реле с двойным контактом	1
8	DP-6807N8-TH	Герметичное реле с двойным контактом	1

DP-6807N8-TH CE

Исполнитель: _____

Проверено: _____

Дата: _____

