

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Еділбай Жансен Талғатұлы

(Ф.И.О. обучающегося)

6B07108 – Транспортная инженерия

(шифр и наименование ОП)

Тема: «Оптимизация производственного процесса линии сборки автомобилей с использованием ES TOOL на базе завода Hyundai Trans Kazakhstan».

Дипломная работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка использованных источников, приложений, а также графической части, включающей 6 листов чертежей. Объём пояснительной записки составляет 42 страницы.

Работа посвящена на примере действующего предприятия. В ней выполнен анализ текущего состояния участков, выявлены основные проблемы, предложены конкретные технические и организационные решения, а также проведены расчёты, подтверждающие эффективность предлагаемых мер.

В процессе подготовки дипломной работы студент проявил инициативность, ответственность, способность к аналитическому и инженерному мышлению. Он грамотно использовал полученные в университете знания, в том числе в области технологии производства, охраны труда и экологической безопасности.

Тема дипломной работы раскрыта полностью. Работа выполнена на высоком уровне и соответствует предъявляемым требованиям.

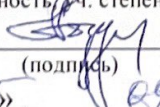
Дипломная работа Еділбай Ж.Т. может быть рекомендован к защите с присвоением ему академической степени бакалавра по образовательной программе 6B07108 – Транспортная инженерия.

Научный руководитель

Доктор технических наук,

профессор, руководитель школы

(должность, уч. степень, звание)


(подпись)

Абдуллаев С. С.

« 05 »

2025 г.

РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Еділбай Жансен Талғатұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

Транспортная инженерия (6B07108)
(шифр и наименование ОП)

На тему «Оптимизация производственного процесса линии сборки автомобилей с
использованием ES TOOL на базе завода Hyundai Trans Kazakhstan».

Выполнено:

- а) графическая часть на 6 листах
- б) пояснительная записка на 42 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Настоящая дипломная работа является крайне актуальной для современного автомобилестроения, требующего повышения качества, эффективности и безопасности сборочных процессов. В работе успешно решены поставленные цели и задачи: проведен анализ текущих проблем, обоснован выбор и принципы интеграции интеллектуальных инструментов и манипулятора, а также рассмотрены важные аспекты охраны труда и экономической эффективности. Научная новизна заключается в разработке комплексного подхода к оптимизации сборочных процессов. Практическая значимость подтверждается возможностью непосредственного внедрения результатов на предприятии ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan», для улучшения качества, снижения издержек и повышения безопасности труда.

Оценка работы

Дипломная работа Еділбай Ж.Т. выполнена на актуальную тему, связана с повышением эффективности производственного процесса. Представлен анализ состояния, предложены практичные решения с расчётами и графическим материалом. Работа отличается хорошей проработкой, соблюдением требований к оформлению и может быть рекомендована к защите с оценкой 9,2 «отлично». Автор заслуживает присвоения степени бакалавра по ОП «6B07108 – Транспортная инженерия».

Рецензент

Ассоциированный профессор, кандидат технических наук
(должность, уч. степень, звание)

(подпись)

Аширбаев Е.К.

«10» июня

2025 г.



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»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Руководитель ОП
«Транспортная инженерия»,
Доктор PhD

ДОПУЩЕН
К ЗАЩИТЕ

Камзанов Н.С
08 2025г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Оптимизация производственного процесса линии сборки автомобилей с
использованием ES TOOL на базе завода Hyundai Trans Kazakhstan»

6B07108 – Транспортная инженерия

Выполнил

Еділбай Жансен Талғатұлы

Рецензент
Кандидат технических наук,
Ассоциированный профессор

Научный руководитель:
д.т.н., профессор
«08» 2025 г.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРСИО
Аширбаев Г.К
2025 г.



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»

6В07108 – Транспортная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

«Транспортная инженерия».

Доктор PhD

Камзанов Н.С.

«14» 09 2025 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Еділбай Жансен Талғатұлы

Тема: «Оптимизация производственного процесса линии сборки автомобилей с использованием ES TOOL на базе завода Hyundai Trans Kazakhstan»

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

Срок сдачи законченной работы «07» июня 2025г.

Исходные данные к дипломной работе: Оптимизация производственного процесса линии сборки, внедрение ES TOOL для повышения эффективности сборочных операций, обзор современных технологий и решений в области обеспечения качества резьбового соединения, контроль затяжки резьбовых соединений с использованием ES TOOL, оснастка для инструментов Atlas Copco, рабочий чертеж цеха.

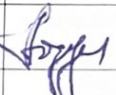
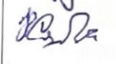
Краткое содержание дипломной работы:

- а) Технологическая часть. Выбор сборочных операций для внедрения ES TOOL, установка инструментов ES TOOL на отдельных постах для увеличения эффективности сборочных процессов, время цикла работ на каждую сборочную операцию с использованием ES TOOL, скорость и метод контроля резьбовых соединений;
 - б) Конструкторская часть. Рассматривается конструктивное устройство и технические особенности инструментов ES TOOL.
 - б) Организационно-технологическая часть., выбор поставщика инструментов, план график поступления и установка инструментов и оснасток на посты сборки;
 - в) Экономическая часть. Экономическая выгода данного проектной работы является оптимизация сборочных процессов, увеличение эффективности сборочных операций и главным образом улучшение контроля качества резьбовых соединений.
- Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):
представлены 15 слайдов презентации работы, чертежи на форматах А3.
Рекомендуемая основная литература: из 21 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть.	08.12.2024 - 10.02.2025	выполнено
Конструкторская часть.	11.02.2025 – 25.03.2025	выполнено
Организационно-технологическая часть. Выбор метода улучшения качества продукции, выбор поставщика оборудования, Экономическая выгода.	26.03.2025 - 27.05.2025	выполнено

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

Наименование разделов	Консультанты (И.О.Ф., уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основные разделы дипломной работы	Абдуллаев С.С., д.т.н., профессор	30.05.2025г.	
Нормоконтролер	Сарсанбеков С.С. ОП «Транспортная инженерия» Старший преподаватель	04.06.2025г.	

Научный руководитель




Абдуллаев С.С.

Задание принял к исполнению обучающийся

Еділбай Ж.Т.

Дата

« 1 » февраля 2025 г.

АННОТАЦИЯ

Дипломная работа состоит из 3-х частей. В технологической части рассматривается оптимизация сборочных операций на участках мелкоузловой сборки автомобиля за счёт внедрения инструментов ES TOOL, с целью повышения производительности, качества затяжки и снижения человеческого фактора. Рассматриваются принципы работы каждого типа инструмента, особенности применения в зависимости от конструкции автомобиля и доступности узлов, время цикла выполнения каждой операции, параметры скорости и контроля момента затяжки, механизмы фиксации инструмента, использование дополнительной оснастки и оптимальное количество операторов. В конструкторской части рассматриваются инструменты ES TOOL, их конструктивные особенности, типы исполнения (пистолетный, прямой, угловой) на предприятии ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan». В третьей части представлена экономическая выгода проектной работы, выраженная в снижении процента брака, сокращении времени выполнения операций, снижении затрат на доработку, увеличении производительности и расчёте срока окупаемости внедрения системы с применением интеллектуальных сборочных инструментов.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 3 бөлімнен тұрады. Технологиялық бөлімде автомобильдің ұсақ торапты құрастыру учаскелеріндегі құрастыру операцияларын ES TOOL құралдарын енгізу арқылы оңтайландыру мәселесі қарастырылады, бұл өнімділікті арттыруға, бұрау сапасын жақсартуға және адам факторын азайтуға бағытталған. Әр түрлі құрал түрлерінің жұмыс істеу принциптері, автомобиль құрылымына және тораптардың қолжетімділігіне байланысты қолдану ерекшеліктері, әр операцияны орындау цикліне кететін уақыт, бұрау жылдамдығы мен моментін бақылау параметрлері, құралды бекіту механизмдері, қосымша арнаулы саймандарды қолдану және операторлардың оңтайлы саны қарастырылады. Конструкторлық бөлімде «Hyundai Trans Kazakhstan» ЖШС кәсіпорнында қолданылатын ES TOOL құралдары, олардың құрылымдық ерекшеліктері, орындалу түрлері (пистолетті, тік, бұрышты) сипатталады. Үшінші бөлімде жобаның экономикалық тиімділігі көрсетіледі, ол ақаулардың пайызын азайтумен, операцияларды орындау уақытының қысқаруымен, қайта өңдеуге кететін шығындардың төмендеуімен, өнімділіктің артуымен және Atlas Copco интеллектуалды құрастыру құралдарын қолдану арқылы жүйені енгізудің өзін-өзі ақтау мерзімінің есебімен көрініс табады.

ABSTRACT

The diploma thesis consists of three parts. The technological part examines the optimization of assembly operations in the small-unit assembly sections of a vehicle through the implementation of ES TOOL equipment, aimed at increasing productivity, improving tightening quality, and reducing the human factor. The principles of operation of each type of tool are considered, as well as their application features depending on the vehicle design and accessibility of the assemblies, the cycle time for each operation, tightening speed and torque control parameters, tool fixation mechanisms, use of additional special equipment, and the optimal number of operators. The design part describes the ES TOOL equipment used at the «Hyundai Trans Kazakhstan» LLP plant, their structural features, and types of execution (pistol, straight, angled). The third part presents the economic benefits of the project, expressed in the reduction of defect rates, shortening of operation times, reduction of rework costs, increase in productivity, and calculation of the payback period of the system implemented through the use of intelligent assembly tools.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Современный завод	8
1.1 Автомобильный завод ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan»	8
1.2 Цех мелкоузловой сборки CKD	9
2 Анализ проектной работы	13
2.1 Актуальность исследования	13
2.2 Выбор узлов для внедрения инструментов ES TOOL	13
2.3 Текущий процесс установки модулей подвески и колёс	14
2.4 Проблемы существующих методов сборки	14
2.5 Преимущества внедрения ES TOOL	14
2.6 Релизация проектной работы	15
3 Выбор поставщика	17
3.1 Обзор рынка сборочных интеллектуальных инструментов	17
3.2 Сравнительный анализ производителей и поставщиков	21
3.3 Гибкость применения и модульность серии Tensor	21
4 Анализ предложений и выбор моделей гайковёртов	22
4.1 Применение моделей инструментов ES TOOL	22
4.2 Конструктивные особенности инструментов серии Tensor ST	24
4.3 Интеграция ES TOOL в существующую производственную систему	24
5 Интеграция ES TOOL в существующую производственную систему	35
5.1 Принципы интеграции и технические аспекты совместимости	35
5.2 Контроллер Power Focus 6000, и его роль в системной интеграции и управлении.	35
6 Техника промышленной безопасности и охрана труда	38
6.1 Обеспечение охраны труда и промышленной безопасности при эксплуатации интеллектуальных сборочных систем	38
6.2 Электробезопасность оборудования	38
6.3 Механическая безопасность и эргономика	39
6.4 Безопасность процесса и прослеживаемость	40
6.5 Организационные меры и обучение персонала	40
6.6 Условия эксплуатации	40
7 Расчетно-экономическая часть	40
7.1 Экономия во времени после внедрения инструментов ES TOOL	42
7.2 Расчет экономии на заработной плате	44
7.3 Повышение производительности в количестве продукции	44
7.4 Сравнительный анализ вариантов технического обслуживания	45
Заключение	46
Список использованной литературы	47
Приложение	49

ВВЕДЕНИЕ

Автомобилестроение является одним из ключевых направлений промышленного развития Казахстана, способствуя экономическому росту, созданию новых рабочих мест и повышению технологического уровня производства. Отечественная автомобильная промышленность активно развивается благодаря государственным программам поддержки, привлечению иностранных инвестиций и расширению локализации производства. Казахстанские предприятия не только обеспечивают внутренний рынок качественными автомобилями, но и увеличивают объемы экспорта, укрепляя позиции страны в международной торговле.

Для эффективного развития отрасли необходимы высококвалифицированные инженерные кадры, способные внедрять современные технологии, оптимизировать производственные процессы и обеспечивать высокое качество выпускаемой продукции. Современное автомобилестроение предъявляет повышенные требования к компетенциям специалистов, включая владение методами автоматизированного производства, использование высокоточного оборудования и анализ технологических процессов. Подготовка таких специалистов невозможна без практической работы на промышленных предприятиях, где обучающиеся смогут получить необходимые навыки и опыт работы в реальных производственных условиях.

В рамках сотрудничества для профессиональной подготовки будущих инженерных кадров с октября 2024г. по июль 2025г. была проведена производственная практика на предприятии ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» — одном из крупнейших отечественных предприятий по производству автомобилей. Практика позволила автору изучить особенности организации производства, технологические процессы сборки автомобилей и важность применения современных решений в производстве. Наблюдения, сделанные автором в ходе производственной практики, стали основой для дальнейшего исследования и разработки дипломной работы, направленной на оптимизацию производственных процессов и повышение эффективности линии сборки автомобилей.

1 Современный завод

1.1 Автомобильный завод ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan».

Автомобильная промышленность Казахстана демонстрирует устойчивый рост, и завод ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» в г.Алматы, являющийся дочерним предприятием компании «Астана Моторс», играет ключевую роль в автомобильной промышленности Казахстана. Общая площадь предприятия: 34 тыс. кв. м на территории 25 гектаров.

21 апреля 2019 года состоялась церемония закладки капсулы в основание будущего завода с участием высокопоставленных лиц из Казахстана и Южной Кореи. Первый автомобиль крупноузловой сборки сошел с конвейера в апреле 2020 года. Осенью того же года был запущен процесс мелкоузловой сборки, включающий операции по сварке и окраске.

С момента своего запуска в 2020 году предприятие выпустило 165 595 автомобиля, демонстрируя стабильный рост производства: в 2022 году — 37 205 автомобилей, в 2023 году — 48 857 автомобилей, а за 2024 год — 45 410 автомобилей.



Рисунок 1 – Автомобильный завод ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan».

В 2024 году предприятие начало второй этап модернизации, увеличив производственную мощность до 50 000 автомобилей в год. Для этого были построены новые цеха: цех крупноузловой сборки (SKD) площадью 5 221,61 кв. м и цех устранения дефектов площадью 2 352,13 кв. м. Территория завода расширилась до 18,36 га за счет дополнительного участка в 3,36 га.

Строительные работы начались 1 сентября 2024 года и завершились 30 ноября 2024 года, что позволило выйти на новую производственную мощность с 2025 года.

Второй этап модернизации, запланированный на период с декабря 2024 года по март 2025 года, предусматривает реконструкцию и модернизацию цехов сварки, окраски и сборки. На данный момент завод ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» производит 10 моделей автомобилей Hyundai, включая Tucson, Sonata, Elantra, Palisade, Staria, i30, Bayon, i20 и Custin. В то же время предприятие внедряет мелкоузловое производство (CKD) модели Santa Fe, расширяя ассортимент выпускаемой продукции и укрепляя позиции компании на автомобильном рынке.

В связи с расширением производства, штат сотрудников ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» в 2025 году возрастет с 1300 до 1 700 человек, что способствует развитию местного рынка труда и экономики в целом.

Планируется установка современного оборудования, включая сварочные роботы, автоматические конвейеры и системы подачи кузовов, системы нанесения лакокрасочных покрытий и полиуретанового клея-герметика для лобовых стекол, что позволит увеличить производительность и улучшить качество продукции.

Эти стратегические инициативы направлены на укрепление позиций предприятия ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» в автомобильной отрасли, удовлетворение растущего спроса на качественные автомобили на внутреннем рынке, и развитие экспортного потенциала Казахстана.

1.2 Цех мелкоузловой сборки CKD

Цех мелкоузловой сборки, известный также как CKD (Complete Knock Down), занимает стратегически важное место в производственном процессе предприятия ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan». Именно здесь начинается ключевая стадия превращения множества отдельных компонентов в полноценный продукт, соответствующий международным стандартам качества и надёжности.

Работа цеха требует точной координации, строгого соблюдения технологической последовательности и высокой дисциплины исполнения. Каждый участок цеха функционирует в тесной связке с другими, обеспечивая равномерную загрузку и непрерывность производственного потока. Все процессы выстроены с учётом корпоративных стандартов Hyundai, что позволяет достичь стабильности, повторяемости и высокой производственной культуры.

Цех ориентирован на эффективную реализацию локализации, что даёт возможность развивать местную промышленную базу и снижать зависимость от внешних поставок.

Процесс сборки автомобилей включает в себя следующие этапы:

TRIM – начальный этап, на котором автомобиль получает своё внутреннее оснащение. Здесь устанавливаются элементы безопасности, блоки управления, электропроводка, шумоизоляция и панель приборов. Также на этом этапе устанавливаются ветровое стекло и заднее стекло, а робот YASKAWA наносит герметик. Панорамная крыша устанавливается с помощью пневматических манипуляторов.

Важно отметить, что на этом этапе двери снимаются и направляются на участок DOOR SUB, где они собираются отдельно. Это делается для удобства работы операторов и предотвращения возможных повреждений. Кузова перемещаются по последовательному конвейеру на специальных тележках.

CHASSIS – это участок, где автомобиль получает свою ходовую часть. Здесь устанавливаются передняя и задняя подвески, двигатель, топливная система и глушитель. Кузова перемещаются на 12 EMS-подвесах, которые не только транспортируют автомобиль по линии, но и поднимают или опускают его на необходимую высоту, обеспечивая операторам удобный доступ к узлам. Металлоконструкция этого участка имеет высоту 8,5 метра, а её вес составляет 126 тонн.

FINAL – заключительный этап, на котором на автомобиль устанавливаются финальные элементы. Сюда входят кресла, колеса и двери, возвращенные с участка DOOR SUB, которые фиксируются на своих местах. Кузова перемещаются по плиточному SLAT-конвейеру. После этого автомобиль заполняется техническими жидкостями: бензином, тормозной жидкостью, антифризом, омывающей жидкостью и фреоном. По завершении сборки и после того, как автомобиль покидает конвейер, специалисты тщательно проверяют зазоры кузова, устраняя возможные отклонения.

Контроль качества особая роль отводится на каждом этапе. Предусмотрены процедуры проверки, которые позволяют оперативно выявлять и устранять любые отклонения от нормы. Это гарантирует, что конечный продукт будет соответствовать не только техническим требованиям, но и ожиданиям клиентов по надёжности и внешнему виду.

Цех мелкоузловой сборки не просто реализует производственную функцию — он отражает уровень технологического развития и организационной зрелости завода. Его эффективность и слаженность напрямую влияют на общую производительность предприятия, сроки выпуска и стабильность качества готовой продукции. Благодаря этому цеху осуществляется не просто сборка — формируется основа для репутации бренда на местном рынке и за его пределами.

После того как кузов прошел этапы сварки и окраски, он поступает в цех мелкоузловой сборки, где последовательно устанавливаются:

- **Интеграция внутренних систем:** Производится монтаж электрооборудования, системы кондиционирования и других внутренних систем.

- **Монтаж ходовой части:** Устанавливаются подвеска, тормозная система и колеса.

– **Установка силового агрегата и трансмиссии:** Двигатель и коробка передач монтируются на подготовленный кузов.

– **Установка элементов интерьера и экстерьера:** Кузов оснащается сиденьями, панелями, стеклами и внешними деталями.

Каждый этап сборки строго контролируется на соответствие стандартам качества Hyundai Motor Company.

В рамках второго этапа модернизации завода, запланированного на период с декабря 2024 года по март 2025 года, предусмотрены следующие улучшения в цехе сборки CKD:

– **Увеличение протяжённости сборочной линии с 16 до 25 основных станций** представляет собой значительное усовершенствование производственной инфраструктуры, направленное на повышение эффективности и гибкости всех этапов сборки. Новая структура линии предусматривает распределение операций по трём основным участкам: 10 основных станций участка TRIM, 5 станции участка CHASSIS, а также 10 основных постов участка FINAL.

Такое расширение позволяет перераспределить производственные нагрузки, сократить время выполнения отдельных операций за счёт их детализации, а также улучшить логистику внутри линии. Увеличенное количество станций способствует более равномерному темпу сборки, снижает риски перегрузки персонала и оборудования и создаёт возможности для внедрения дополнительных контрольных точек по качеству.

Помимо того, данное изменение даёт больше возможностей для масштабирования производства и адаптации под различные комплектации автомобилей. Повышенная гибкость линии делает её более устойчивой к изменению производственных планов и позволяет оперативно реагировать на запросы рынка без ущерба для производительности.

В конечном счёте, модернизация структуры сборочной линии напрямую влияет на общее качество выпускаемой продукции, улучшая производственную дисциплину и создавая условия для дальнейшего роста и развития завода в соответствии с современными стандартами автомобильной промышленности.

– **Установка автоматической конвейерной линии шасси с кузовными подвесами EMS,** обеспечивающей точность и стабильность при транспортировке кузовов между станциями.

– **Интеграция конвейеров на линиях монтажа деталей интерьера и экстерьера,** что ускорит процесс установки компонентов и снизит вероятность ошибок.

– **Интеграция цепного конвейера для дверей,** что облегчит транспортировку дверей из цеха окраски на пост под сборки отделки дверей.

– **Внедрение дополнительных манипуляторов и робота для нанесения герметика на лобовые стекла,** что повысит точность и качество установки деталей автомобиля и нанесение герметика.

– Использование роботов-тягачей AGV для транспортировки кузовов из цеха окраски в цех сборки, и внутри цеха сборки, что обеспечивает бесперебойность и безопасность внутрепроизводственных логистических операций. Автономные роботы AGV позволяют доставлять кузова с цеха окраски кузова на участок TRIM, и от участка TRIM на пост перегрузки кузова на подвес EMS, облегчая работу операторов.

Эти модернизации направлены на увеличение производительности цеха сборки до 6 автомобилей в час, что позволит заводу эффективно удовлетворять растущий спрос на продукцию.

2 Анализ проектной работы

2.1 Актуальность исследования

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения производительности и качества сборки автомобилей в условиях расширения производства. Внедрение инновационных технологий в производственные процессы является основополагающим фактором повышения качества и эффективности сборки автомобилей. На участках CHASSIS и FINAL завода ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» планируется внедрить изменения, направленные на оптимизацию процессов затяжки критически важных резьбовых соединений для безопасности автомобилей. Для этого будет использован специальный инструмент ES TOOL, обеспечивающий контроль и сохранение данных о моменте затяжки каждого резьбового соединения.

2.2 Выбор узлов для внедрения инструментов ES TOOL

Выбор модулей передней и задней подвески, а также колёс в качестве приоритетных узлов для внедрения интеллектуального электроинструмента обусловлен их критической ролью в обеспечении безопасности, надёжности и стабильности автомобиля.

Модуль передней подвески – включает в себя элементы, обеспечивающие крепление передней подвески и рулевого управления. Точная установка этого модуля критична для правильной геометрии передней оси, что напрямую влияет на управляемость и устойчивость автомобиля. Ошибки в затяжке крепежных элементов могут привести к смещению углов установки колёс, повышенному износу шин и снижению эффективности рулевого управления.

Модуль задней подвески – обеспечивает крепление задней подвески и влияет на устойчивость автомобиля при движении. Неправильная затяжка крепежных элементов может вызвать смещение задней оси, что приведёт к ухудшению курсовой устойчивости и повышенному износу шин. Кроме того, в автомобилях с полным приводом модуль задней подвески так же передаёт крутящий момент к колёсам, и его надёжность критична для безопасности движения.

Колёса – являются единственным элементом, контактирующим с дорогой, и их правильная установка имеет первостепенное значение для безопасности. Неправильная затяжка колесных болтов может привести к их ослаблению или поломке, что в худшем случае может вызвать потерю колеса во время движения. Кроме того, чрезмерная затяжка может привести к деформации дисков и повреждению резьбы. Использование интеллектуального электроинструмента позволяет обеспечить точную и равномерную затяжку, минимизируя риски, связанные с человеческим фактором.

2.3 Текущий процесс установки модулей подвески и колёс

В настоящее время на участках CHASSIS и FINAL установка передних и задних балок, а также колёс осуществляется с применением стандартного ручного и электроинструмента общего назначения. В качестве основного оборудования используются аккумуляторные гайковёрты таких брендов, как Makita, DeWALT и аналогичных. Инструменты не имеют встроенных систем контроля крутящего момента, не подключён к централизованной системе сбора данных и не обеспечивает автоматическую фиксацию параметров затяжки. Все операции выполняются оператором вручную, с визуальным или механическим контролем момента затяжки с использованием внешних динамометрических ключей, где это предусмотрено технологией.

2.4 Проблемы существующих методов сборки

Контроль момента затяжки резьбовых соединений на текущем этапе осуществляется оператором вручную, с использованием механических динамометрических ключей или ориентировочно – по субъективным ощущениям при работе с электроинструментом, не оснащённым системой контроля крутящего момента. Такой подход предполагает значительную зависимость качества выполнения операции от человеческого фактора, включая опыт, внимательность и физическое состояние оператора. Это, в свою очередь, может приводить к вариативности усилия затяжки, отклонениям от заданных значений, а также к риску как недозатяжки, так и перетяжки соединений.

Дополнительно, отсутствие автоматизированной системы регистрации параметров затяжки означает, что информация о фактически установленном моменте не сохраняется и не может быть использована для последующего анализа или отслеживания отклонений. В результате затруднено выявление и предотвращение систематических ошибок, нет возможности оперативного реагирования на отклонения, а также отсутствует объективная база данных, необходимая для построения статистики, оценки стабильности процесса и проведения улучшений в рамках концепции качества, основанной на данных.

2.5 Планируемые изменения с использованием ES TOOL

Внедрение инструмента ES TOOL позволит автоматизировать и стандартизировать процесс затяжки резьбовых соединений при установке мостов и колёс. Основные аспекты изменений включают:

1. **Автоматический контроль момента затяжки:** инструменты ES TOOL оснащены системой, которая обеспечивает точное измерение и контроль момента затяжки каждого резьбового соединения, что гарантирует соответствие установленным требованиям и повышает надёжность соединений.
2. **Сохранение и анализ данных:** Инструмент будет фиксировать параметры каждой затяжки, включая величину момента и время затяжки. Эти данные будут сохраняться в базе данных для последующего анализа, что позволит

выявлять тенденции, предотвращать повторение ошибок и совершенствовать процесс сборки.

3. **Интеграция с системой управления производством:** ES TOOL будет интегрирован с существующей системой управления производством, что обеспечит централизованный контроль и мониторинг процессов затяжки, а также позволит оперативно реагировать на отклонения от нормы.

4. **Преимущества внедрения ES TOOL:**

– **Повышение качества сборки:** Точный контроль момента затяжки снизит вероятность недостаточной или чрезмерной затяжки, что улучшит надёжность и безопасность, и следовательно качество выпускаемых автомобилей.

– **Улучшение прослеживаемости:** Сохранение данных о затяжках позволит отслеживать историю каждого резьбового соединения, что облегчит выявление и устранение неисправностей.

– **Сокращение времени на доработки:** Стабильное качество затяжки уменьшит количество дефектов, требующих последующего исправления, что повысит общую производительность.

Обучение и контроль персонала: Фиксация данных об операторах позволит оценивать их работу, выявлять потребности в дополнительном обучении и предотвращать повторение ошибок.

2.6 Реализация проектной работы

Внедрение ES TOOL будет осуществляться поэтапно:

Пилотное тестирование: На отдельном посту участка CHASSIS будет проведено тестирование инструмента для оценки его эффективности и выявления возможных проблем.

Обучение персонала: Операторы пройдут обучение по работе с новым инструментом, включая правильное использование и интерпретацию данных.

Полномасштабное внедрение: После успешного тестирования и обучения инструмент будет внедрён на выделенных постах участка CHASSIS с полной интеграцией в систему управления производством.

Мониторинг и улучшение: Будет осуществляться постоянный мониторинг процесса с использованием собранных данных для выявления областей для дальнейшего улучшения.

Внедрение интеллектуального сборочного инструмента ES TOOL на производственных участках CHASSIS и FINAL завода ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan» является важным элементом стратегии модернизации и цифровой трансформации предприятия. Этот шаг направлен на обеспечение стабильного и контролируемого качества на ключевых этапах сборки, таких как установка модулей передней и задней подвески, а также монтаж колёсных узлов.

Оборудование ES TOOL позволяет автоматизировать контроль момента затяжки резьбовых соединений, обеспечивая не только высокую точность, но и повторяемость операций. В отличие от традиционного ручного или

аккумуляторного инструмента, интеллектуальные решения позволяют задавать точные параметры затяжки, автоматически фиксировать и сохранять данные каждого соединения в цифровом виде. Это значительно повышает прослеживаемость производственного процесса, упрощает аудит качества и снижает влияние человеческого фактора.

Особое значение внедрение ES TOOL приобретает в условиях массового производства, где важны скорость, надёжность и отсутствие отклонений. Автоматизация операций позволяет снизить количество ошибок и дефектов, уменьшить объёмы повторной доработки, а также сократить производственные простои, связанные с нарушениями технологии сборки. Интеграция инструмента в существующую цифровую инфраструктуру предприятия открывает возможности для дальнейшей оптимизации логистики, планирования и анализа производственных данных в реальном времени.

3 Выбор поставщика

3.1 Обзор рынка сборочных интеллектуальных инструментов

С целью выбора оптимального сборочного инструмента для применения на автомобильной сборочной линии был проведён обзор и анализ предложений ведущих мировых производителей в данной области. Основное внимание уделялось оборудованию, обеспечивающему высокую точность затяжки, стабильность параметров, эргономику, а также возможность интеграции в современные производственные и цифровые системы.

Рассматривались инструменты таких компаний, как Stanley Assembly Technologies, Bosch Rexroth, Ingersoll Rand и Atlas Copco.

Stanley Assembly Technologies предлагает интеллектуальные системы сборки с функцией программирования момента и угла затяжки, возможностью подключения к системам мониторинга и автоматизированного контроля. Инструменты Stanley отличаются высоким качеством сборки и широко применяются на сборочных линиях крупных автопроизводителей.

Поставщиком инструментов Stanley выступает компания ООО «КОМАИР». Компания входит в состав COMAIR Spa (Италия). Обе организации выступают официальными и эксклюзивными дистрибьюторами сборочного инструмента брендов STANLEY (США) и DOGA (Франция) на территории Италии, России и стран СНГ. Их деятельность охватывает как поставку оборудования от указанных производителей, так и разработку индивидуальных решений для сборочных процессов на производстве.

Bosch Rexroth специализируется на высокоточном электроинструменте с развитыми функциями анализа параметров затяжки и возможностью интеграции с MES- и ERP-системами. Их решения характеризуются надёжностью, стабильной работой в условиях интенсивной эксплуатации и наличием гибких настроек под разные типы операций.

Поставщиком инструментов Bosch выступает компания ТОО «НТ ІМРЕХ». Компания является официальным диллером в Центральной Азии

Ingersoll Rand предлагает широкий ассортимент электрических и пневматических сборочных инструментов, ориентированных на снижение физической нагрузки на оператора, надёжность в условиях длительной работы и стабильность передаваемого момента. Их продукция также поддерживает интеграцию с цифровыми системами управления производством.

Поставщиком инструментов Ingersoll Rand выступает компания Gateway Ventures SA. Компания выполняет полный комплекс работ — от монтажа и пусконаладки до гарантийного и постгарантийного сервиса оборудования.

Atlas Copco, в свою очередь, имеет широкую линейку интеллектуальных сборочных решений с возможностью тонкой настройки параметров затяжки, анализа данных, удалённого мониторинга и точной адаптации под конкретные технологические процессы. Продукция отличается высокой повторяемостью результатов, удобством в эксплуатации и развитой системой технической

поддержки. К тому же всеми вышеперечисленными преимуществами конкурентов.

Компания Atlas Copco — один из мировых лидеров в сфере сборочного инструмента. Её оборудование применяется на множестве автозаводов, включая такие марки, как Volkswagen, BMW, Volvo, Tesla, General Motors, Hyundai и Kia. В России инструментами Atlas Copco оснащены проекты BMW, Mercedes, HAVAL, Hyundai, Kia и Volvo. В Казахстане поставки осуществляются на ТОО «СарыаркаАвтоПром» (Allur Auto, ранее АО «АЗИЯ АВТО»). В Узбекистане — на предприятия General Motors, Volkswagen, SamAuto и MAN. Поставщик инструментов Atlas Copco — компания ТОО «Ламэд» — насчитывает свыше 115 сотрудников и имеет годовой оборот более 20 млн долларов США. В штате — 10 квалифицированных специалистов по обслуживанию промышленного инструмента.

3.2 Сравнительный анализ производителей и поставщиков

Параметр оценки	Метод оценки
Стоимость	Самая низкая цена — главный приоритет. Если цена более чем на 20% ниже ближайшего конкурента, предложение считается демпинговым и исключается из конкурса.
Качество оборудования	Второй по важности параметр после стоимости. Оценивается по техническому обслуживанию, надежности (срок службы подшипников), функциональности (скорость подъема/спуска). Если ниже требуемого уровня — предложение исключается.
Производственные возможности	Предпочтение отдается компаниям, которые проектируют, производят и тестируют продукцию самостоятельно. Компании, которые только проектируют или отдают на аутсорсинг, получают низкую оценку.
Срок изготовления и установки	При конкурентной цене, несоответствие сроков изготовления, поставки, монтажа и наладки требованиям ведет к низкой оценке предложения.
Уровень оборудования	Приоритет отдается предложениям, использующим новые технологии. При равенстве других параметров, выбирается технологически более продвинутое решение.
Уровень компании	Оценка по следующим критериям: а) наличие инженерной команды; б) опыт в проектах 6 УР и выше; в) наличие производственных мощностей; г) наличие собственного ПО; д) международный/европейский опыт. Высокая стоимость не гарантирует качество без наличия этих факторов.
Способность реагировать	Оценивается полнота, оперативность и обязательность ответов на запросы НТК касательно изменения параметров в ТЗ.

Рисунок 2 – Сравнительная таблица поставщиков инструмента

	Пункты	Значимость	Критерий оценки	STANLEY (Комаир)	BOSCH (НТ ИМПЕХ)	INGERSOLL (Gateway)
1	Стоимость (тр)	50%	Самая низкая цена без НДС и пошлин (DAP)	631 635 219,00	Отсутствует вариант с DAP	137 348 431,00
			Самая низкая цена с НДС и пошлинами (DDP)	654 162 019,00 3 ●	277 589 171,00 4 ●	153 937 602,00 5 ●
2	Качество инструмента	15%	Надежность, производительность, обслуживание	Наличие датчика крутящего момента. Наличие датчика угла. Оборудование применяется на сборке автомобилей FERRARI. 5 ●	Инструмент не требует технического обслуживания в течение 1 миллиона полных циклов нагрузки. Срок службы до 5 млн. циклов. 3 ●	Среднее качество оборудования. Бесщеточный двигатель постоянного тока. Управление Poka Yoke. 4 ●
3	Производственные возможности	10%	Спроектировать/изготовить самостоятельно	Наличие инженерного конструкторского центра. Инструмент Стенли США. Манипуляторы – Италия, Турция, Россия ПО – Россия. 5 ●	Наличие высококвалифицированных специалистов, наличие сервисного центра в Европе и России 3 ●	Наличие инженерного центра. Изготовление инструмента в США, Тайвань, Италия. 4 ●
4	Сроки поставки и запуска	10%	Соблюдение требуемых сроков выполнения проекта	Общий период: 8-10 месяцев. 3 ●	Общий период: 5-5,5 месяцев. 3 ●	Общий период: 6-7 месяцев. 4 ●
5	Уровень инструмента	10%	В приоритете новые технологии, новые металл. структуры.	Мировой лидер в производстве промышленного интеллектуального инструмента. Демонстрация на 6 месяцев «Сервера + ПО для сбора данных». 5 ●	АвтоВАЗ – Тольятти; Hyundai, BSH – Санкт-Петербург; ЯМЗ – Ярославль; Schnellecke – Санкт-Петербург. 3 ●	Приложение INSIGHT – работа со смартфоном и планшетом. 4 ●
6	Уровень компании поставщика	5%	В приоритете компании подходящего масштаба	Сервисные центры в России. При условии заключения договора обязуются открыть сервисный центр в РК. 4 ●	Отсутствие сервисного центра в РК. Срок ремонта 5-7 дней в России, без учета логистики. 3 ●	Количество выполненных проектов в СНГ: 5. Сервис в городе Алматы и Костанай. Обучение сотрудников для обслуж. ТО на заводе НТК. 5 ●
7	Обратная связь	Дополнительно	Скорость и точность реагирования на требования	Быстрое реагирование и предложения технических решений. 4 ●	Реагирование с задержкой. Неправильный подбор инструмента. КП не актуально. 3 ●	Быстрое реагирование и предложения технических решений. 5 ●
ОБЩАЯ ОЦЕНКА				4,14	3,57	4,42

Рисунок 3 – Сравнительный анализ Stanley, Bosch, Ingersoll.

	Пункты	Значимость	Критерий оценки	Atlas Copco (Ламед)
1	Стоимость	50%	Самая низкая цена (\$) исключает демпинг (более 20%)	299 099 722,00 (Отсутствует вариант с DDP) 4 ●
2	Качество оборудования	15%	Надежность, производительность, обслуживание	Высокое качество оборудования. Алгоритм "DigiTork": измерение силы тока, частоты, напряжения и температуры. 5 ●
3	Производственные возможности	10%	Спроектировать/изготовить самостоятельно	Наличие инженерного центра. Изготовление инструмента в Германии, Швеции и Венгрии. 5 ●
4	Сроки поставки и запуска	10%	Соблюдение требуемых сроков выполнения проекта	Общий период: 6-6,5 месяца. 5 ●
5	Уровень оборудования	10%	В приоритете новые технологии, новые металл. структуры.	Наличие датчика крутящего момента. Заводы использующие инструмент Volkswagen, BMW, Volvo, Testla, General Motors, Hyundai, Kia, Mercedes, HAVAL В Казахстане ТОО "СарыаркаАвтоПром, АО «АЗИЯ АВТО». 5 ●
6	Уровень компании поставщика	5%	В приоритете компании подходящего масштаба	Количество выполненных проектов в СНГ: 5. Сервис в городе Алматы и Костанай. Обучение сотрудников для обслуж. ТО на заводе НТК. 4 ●
7	Обратная связь	Дополнительно	Скорость и точность реагирования на требования	Быстрое реагирование и предложения технических решений 5 ●
ОБЩАЯ ОЦЕНКА				4,71

Рисунок 4 – Сравнительный анализ Atlas Copco.

Анализ включал оценку ключевых критериев, таких как точность и стабильность затяжки, уровень автоматизации, удобство работы с инструментом, программируемость, совместимость с цифровыми системами, а также доступность сервиса и обучения персонала. На основании проведенного сравнительного анализа было принято решение о выборе оборудования, которое в наибольшей степени соответствует требованиям к производительности, качеству и технологической совместимости с действующей линией сборки.

По результатам анализа было принято решение в пользу оборудования компании Atlas Copco, как наиболее соответствующего всем предъявленным требованиям. Поставщиком инструментов и решений для внедрения в сборочную линию выбрана компания ТОО «Ламэд», обладающая необходимым опытом и компетенциями для сопровождения проекта, поставки и технической поддержки продукции Atlas Copco на всех этапах внедрения.

Выбор поставщика Atlas Copco обусловлен совокупностью факторов, критически важных для современного серийного производства. В первую очередь, инструменты Atlas Copco отличаются высокой точностью затяжки, подтвержденной статистическим показателем сигма (σ) — разброс значений крутящего момента у этих инструментов составляет менее 5% от заданного значения, что соответствует требованиям 6 σ -подхода к качеству. Это обеспечивает стабильность затяжки и сводит к минимуму вероятность недотягов или перетягов в резьбовых соединениях.

Дополнительно к этому, инструменты Tensor обладают следующими ключевыми преимуществами:

- **Встроенный трансдьюсер** (датчик крутящего момента), обеспечивающий замкнутую систему контроля и автоматическое отключение при достижении заданного значения;
- **Полная прослеживаемость данных**: каждый цикл затяжки фиксируется в системе, может быть проанализирован и экспортирован, что упрощает аудит качества и соответствие стандартам;
- **Интеграция с контроллерами Power Focus 6000**, что позволяет создавать многоступенчатые стратегии затяжки, адаптироваться к различным типам резьбовых соединений и автоматически переключаться между задачами;
- **Удобство эксплуатации** — эргономичный дизайн снижает утомляемость оператора, особенно при многочасовой работе на сборочной линии; **Низкий уровень вибрации и шума**, что благоприятно сказывается на здоровье и производительности операторов;



Рисунок 5 – Преимущества интеллектуальных инструментов Atlas Copco.

3.3 Гибкость применения и модульность серии Tensor

Интеллектуальные инструменты Atlas Copco серии **Tensor** спроектированы с учётом максимально возможной адаптивности к условиям современного серийного производства. Одним из ключевых преимуществ данной серии является модульный принцип конструкции, который позволяет быстро адаптировать инструмент под различные производственные задачи без необходимости полной замены оборудования.

Универсальность конструктивных исполнений

Серия Tensor включает в себя инструменты в прямом исполнении (Straight), пистолетном (Pistol) и угловом (Angle) вариантах. Благодаря этому появляется возможность применять их в различных технологических зонах — от легко доступных участков сборки до труднодоступных и ограниченных пространств.

Адаптация под различные моменты затяжки

Инструменты Tensor охватывают широкий диапазон рабочих крутящих моментов — от ниже 5 Н·м до более чем 1000 Н·м, что позволяет использовать одну и ту же серию как при сборке мелких компонентов, так и при установке массивных модулей, таких как подвеска или колёса. Это упрощает сборку, унифицирует обучение персонала и снижает затраты на обслуживание.

4 Комплексная оценка и сравнение предложений поставщиков

4.1 Анализ предложений и выбор моделей гайковёртов

В рамках дипломной работы представлен подробный обзор интеллектуальных сборочных инструментов (ES TOOL) серии Tensor от компании Atlas Copco. Эти инструменты предназначены для обеспечения высокой точности, надёжности и эффективности в процессе сборки, особенно на критически важных этапах, таких как установка модулей передней и задней подвески, а также колёс.

Серия Tensor IxB

Серия Tensor IxB представляет собой инновационную платформу интеллектуальных сборочных инструментов с интегрированным контроллером, что позволяет упростить инфраструктуру и повысить гибкость производственного процесса. Ключевые особенности:

- **Интегрированный контроллер:** Упрощает установку и снижает необходимость в дополнительном оборудовании.
- **Беспроводная связь:** Обеспечивает гибкость и мобильность на производственной линии.
- **Эргономичный дизайн:** Уменьшенный вес и компактные размеры снижают утомляемость оператора.
- **Интуитивный интерфейс:** Встроенный дисплей и световые индикаторы облегчают взаимодействие с инструментом.

Серия Tensor ST

Серия Tensor ST включает в себя проводные интеллектуальные инструменты, предназначенные для выполнения операций с высоким крутящим моментом и требующих высокой точности и надёжности. Эти инструменты оснащены датчиками момента и угла поворота, что обеспечивает точный контроль процесса затяжки. Ключевые особенности:

- **Высокая точность:** Обеспечивает стабильность и повторяемость операций.
- **Прочная конструкция:** Подходит для использования в тяжёлых условиях эксплуатации.
- **Широкий диапазон крутящего момента:** Позволяет использовать инструмент для различных задач.
- **Совместимость с контроллерами:** Интеграция с системами управления для сбора и анализа данных.

Серия Tensor DS

Серия Tensor DS разработана для использования в автоматизированных сборочных линиях, где требуется высокая скорость и точность затяжки. Инструменты этой серии обеспечивают цифровой контроль момента и угла затяжки, что позволяет достичь высокого качества сборки. Ключевые особенности:

- **Цифровой контроль:** Обеспечивает точную настройку параметров затяжки.
- **Высокая скорость:** Позволяет увеличить производительность сборочной линии.
- **Надёжность:** Снижает риск ошибок и дефектов в процессе сборки.
- **Интеграция с системами управления:** Позволяет собирать и анализировать данные для улучшения процессов.

Выбор интеллектуальных инструментов для оптимизации сборочных операций

Для достижения целей по оптимизации сборочных операций на линии сборки автомобилей были выбраны интеллектуальные инструменты серии Tensor ST производства компании Atlas Copco. В частности, для внедрения рассматриваются модели ETP ST101-300-20F (пистолетного типа), ETD ST101-300-20 (прямого типа) и ETV ST101-270-20 (углового типа). Эти модели, интегрированные в систему управления Power Focus 6000, представляют собой высокоточные электрические гайковерты, оснащенные интегрированными датчиками крутящего момента и угла поворота, что является ключевым для современных сборочных процессов.

Выбор данных инструментов обусловлен их исключительными характеристиками, которые способствуют значительному повышению эффективности и качества производственного процесса. Инструменты Tensor ST обеспечивают полную прослеживаемость каждого резьбового соединения: все параметры затяжки, включая заданный и фактический крутящий момент, угол поворота, скорость и статус выполнения операции, записываются в реальном времени и могут быть централизованно архивированы. Это позволяет осуществлять всесторонний контроль качества, оперативно выявлять и анализировать любые отклонения, а также предотвращать выпуск дефектной продукции. Дополнительно, применение этих инструментов ведет к повышению производительности труда за счет оптимизации цикла затяжки, сокращения времени выполнения операций и минимизации вероятности человеческих ошибок благодаря эргономичному дизайну и системе визуальной и звуковой обратной связи для оператора.

4.2 Применение моделей инструментов ES TOOL

Таблица 2 – Технические характеристики инструментов ES TOOL.

Параметр	ETP ST101-300-20-F (пистолетный)	ETD ST101-300- 20-T40-F (прямой)	ETV ST101-270- 20 (угловой)
Тип конструкции	Пистолетный	Прямой	Угловой
Диапазон крутящего момента	90–300 Н·м	70–300 Н·м	65–270 Н·м
Максимальная скорость вращения	293 об/мин	345 об/мин	380 об/мин
Длина	303 мм	756 мм	672 мм
Вес	5,2 кг	7,5 кг	7,3 кг
Размер выходного вала	3/4 дюйма		
Питание	Трехфазное напряжение 200 В		
Мощность двигателя	1500 Вт		
Система отключения	Датчик крутящего момента (трансдюсер)		
Уровень звукового давления	<70 дБ(А)		
Уровень вибрации	<2,5 м/с ²		
Сертификация	CQC, EAC, KC		
Совместимость	Контроллер Power Focus 6000		

4.3 Конструктивные особенности инструментов серии Tensor ST

Инструменты серии Tensor ST от компании Atlas Copco обладают тщательно продуманной модульной конструкцией, которая обеспечивает высокую надёжность, точность и удобство в эксплуатации в условиях современного поточного производства. Конструкция каждого инструмента учитывает специфические требования промышленной сборки, включая долговечность, минимизацию ошибок оператора и совместимость с цифровыми системами управления производственным процессом. Благодаря модульности компоненты, такие как редукторный узел, датчики, электропривод и управляющие модули, могут быть легко заменены или адаптированы под конкретные задачи без необходимости полной замены инструмента. Это обеспечивает гибкость внедрения, упрощает техническое обслуживание и снижает совокупную стоимость владения оборудованием. Эргономичный корпус, сбалансированная масса и возможность интеграции с подвесными системами делают инструменты серии Tensor особенно удобными в длительном использовании, снижая физическую нагрузку на оператора и повышая общую производительность труда.

Взаимозаменяемость компонентов и масштабируемость

Модули датчиков, силовые элементы, контроллеры и оснастка имеют высокую степень унификации. Это даёт возможность при выходе из строя или изменении производственной задачи заменить только один узел без необходимости полной замены инструмента.

ES TOOL модели ETP ST101-300-20-F



Рисунок 3 – Общий вид ES TOOL модели ETP ST101-300-20-F.

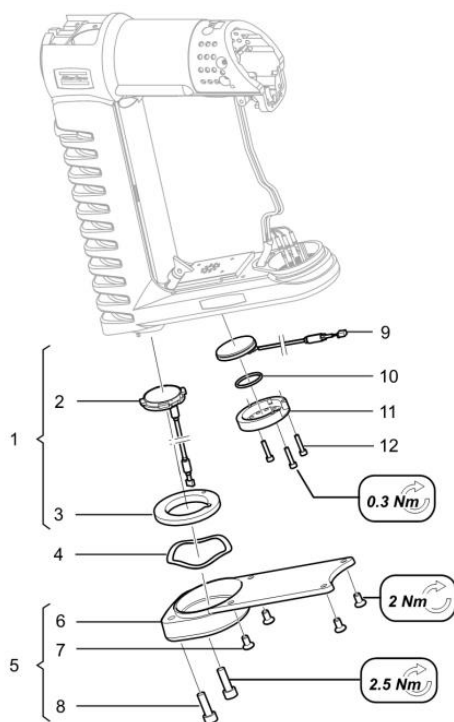


Рисунок 4 – Схема конструкции модуля коммутации и динамика.

1 (2, 3) – модуль связи; 5 (6, 7, 8) – крышка в сборе; 9 – динамика в сборе;
10 – уплотнительное кольцо; 11 – кронштейн динамика; 12 – винты.

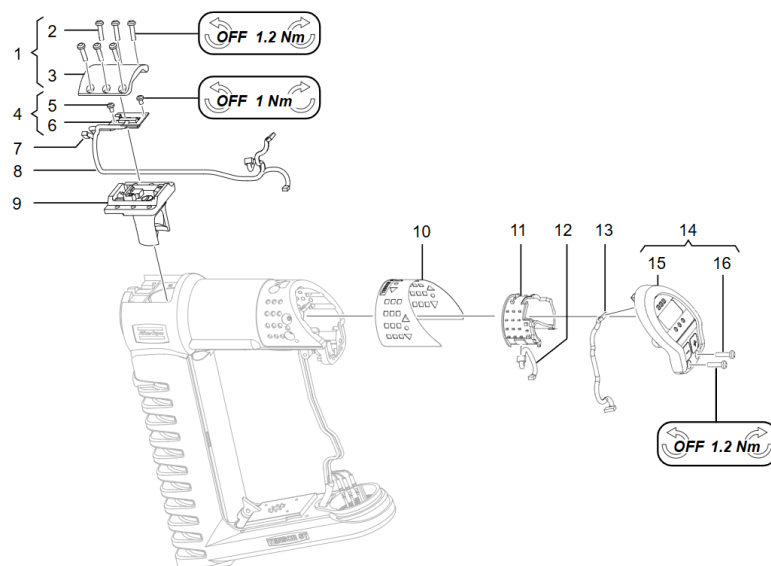


Рисунок 5 – Схема конструкции модуля коммутации и динамика.

1 (2, 3) - крышка в сборе; 4 (5, 6) - плата соединений; 7, 8 – проводка; 9 – кронштейн; 10 - защитная накладка; 11 - гибкая плата с LED; 12, 13 – проводка; 14 (15, 16) – селектор.

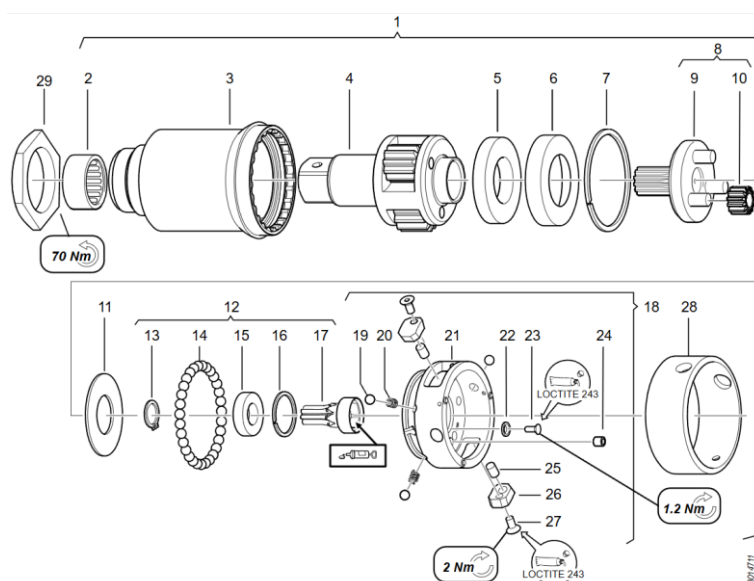


Рисунок 6 – Схема конструкции редуктора.

1 - Редуктор в сборе; 2 - Игольчатый подшипни; 3 - Зубчатый венец; 4 - Планетарный механизм; 5 - Шариковый подшипник; 6 – Втулка; 7 - Стопорное кольцо; 8 - Планетарный вал; 11 – Шайба; 12 - Вал в сборе; 18 – Кожух; 28 – Обойма.

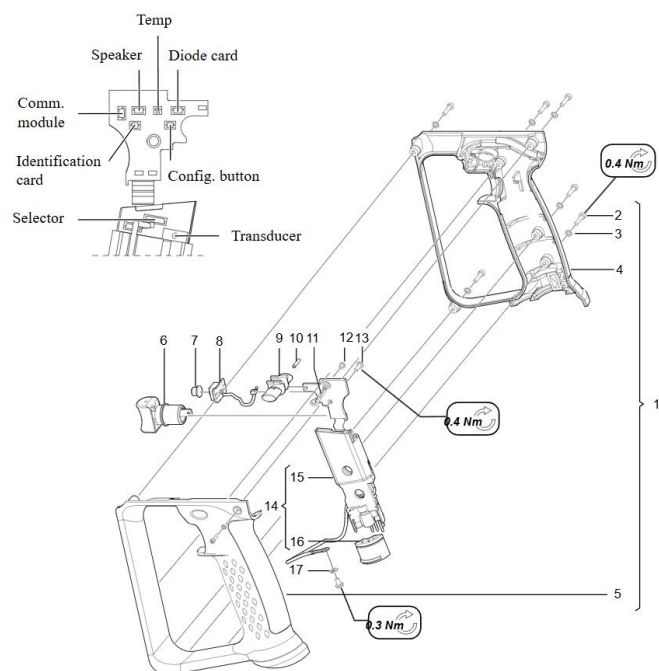


Рисунок 7 – Схема конструкции рукоятки в сборе.

1 – Рукоятка; 6 - Кнопка в сборе; 7 - Настраиваемая кнопка; 8 - Карта конфигураций; 9 - реверсивная кнопка; 14 (15, 16) - Модуль основной карты; 16 - Контактный разъем.

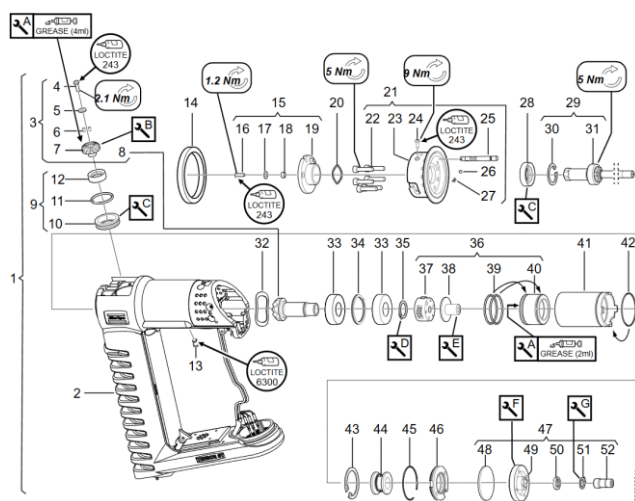


Рисунок 8 – Схема конструкции внутреннего механизма.

1 (2-13) - Корпус мотора; 14 (15, 16), 19 - Идентификационная карта;
 21 (22-27) – Кронштейн; 29 (30-31) - Вал в сборе; 32, 34 - Пружинная шайба;
 33 - Шариковый подшипник; 36 (37-40) - Планетарный механизм;
 44 – Тензодатчик; 45 - Стопорное кольцо; 46 - Кольцо датчика.

ES TOOL модели ETD ST101-300-20



Рисунок 9 – Общий вид ES TOOL модели ETD ST101-300-20.

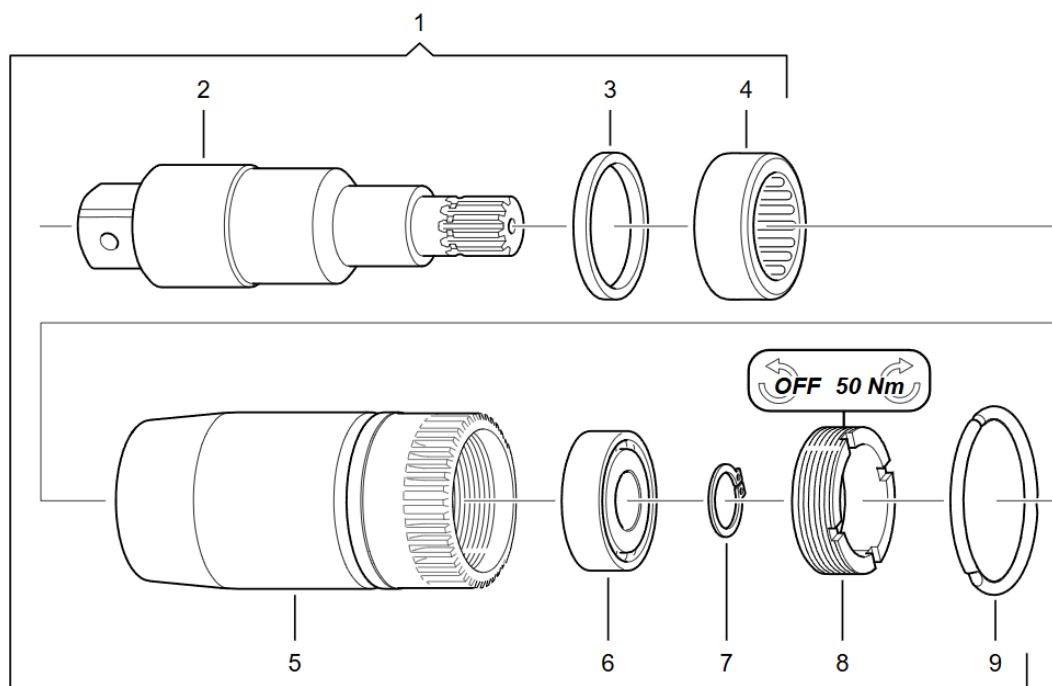


Рисунок 10 – Схема конструкции передней части в сборе.

- 1 – Передняя часть в сборе; 2 – Вал; 3 – Уплотнительное кольцо;
 4 – Игольчатый подшипник; 5 – Корпус; 6 – Шариковый подшипник;
 7 – Стопорное кольцо; 8 – Винт с кольцом; 9 – Кольцо.

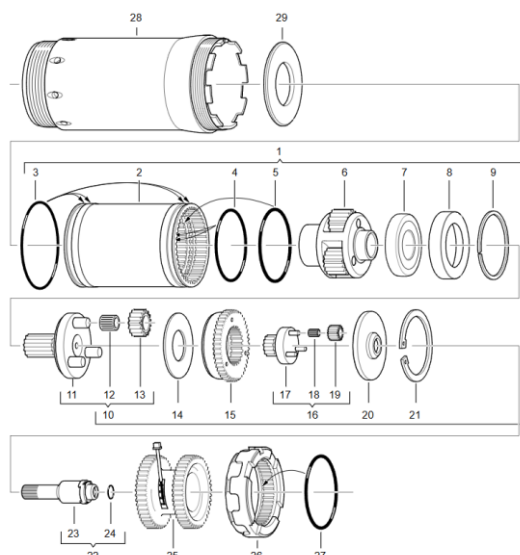


Рисунок 11 – Схема конструкции редуктора.

- 1 — Планетарная шестерня в сборе; 2 — Обод шестерни; 3 — Уплотнительное кольцо; 4 — Уплотнительное кольцо; 5 — Уплотнительное кольцо;
 6 — Планетарная шестерня в сборе; 7 — Втулка; 8 — Шариковый подшипник;
 9 — Стопорное кольцо; 10 — Планетарная шестерня в сборе;
 11 — Планетарный вал в сборе; 12 — Игольчатый подшипник; 13 — Зубчатое колесо; 14 — Шайба; 15 — Обод шестерни; 16 — Планетарная шестерня в сборе; 17 — Планетарный вал; 18 — Игольчатый подшипник; 19 — Зубчатое колесо; 20 — Шайба; 21 — Стопорное кольцо; 22 — Вал в сборе; 23 — Вал;
 24 — Уплотнительное кольцо; 25 — Датчик крутящего момента;
 26 — Зубчатый обод; 27 — Уплотнительное кольцо; 28 — Корпус шестерни;
 29 — Шайба.

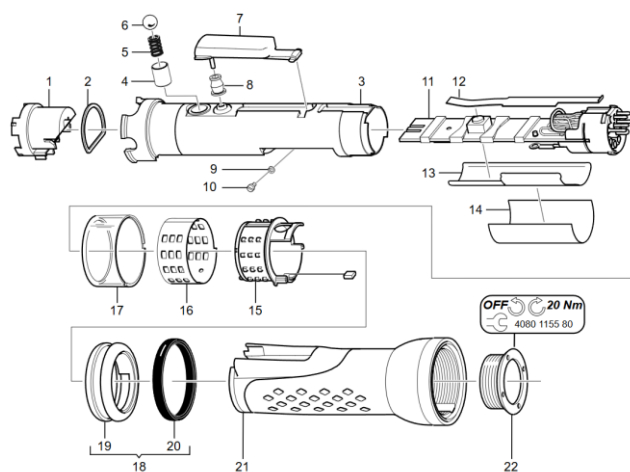


Рисунок 12 – Схема конструкции рукоятки в сборе.

- 1 — Динамик в сборе; 2 — Прокладка динамика; 3 — Корпус рукоятки; 4 — Рычаг реверсивного кольца; 5 — Пружина; 6 — Шарик; 7 — Курок; 8 — Уплотнение курка; 9 — Шайба; 10 — Винт; 11 — Основная плата в сборе; 12 — Пружина курка; 13 — Крышка; 14 — Метка ESD; 15 — Гибкая светодиодная плата в сборе; 16 — Этикетка; 17 — Крышка светодиода; 18 — Реверсивное кольцо в сборе; 19 — Реверсивное кольцо; 20 — Ручка реверсивного кольца; 21 — Наружная ручка; 22 — Заднее кольцо; 23 — Шпильковый ключ.

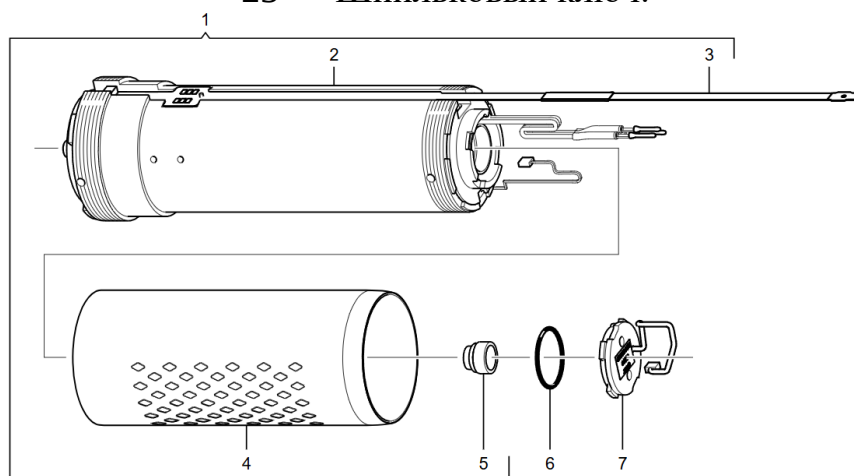


Рисунок 13 – Схема конструкции мотора в сборе.

- 1 — Двигатель в сборе; 2 — Двигатель; 3 — Кабель; 4 — Рукоятка; 5 — Магнит в сборе; 6 — Уплотнительное кольцо; 7 — Модуль коммутации.

ES TOOL модели ETD ST101-300-20



Рисунок 14 – Общий вид ES TOOL модели ETV ST101-270-20.

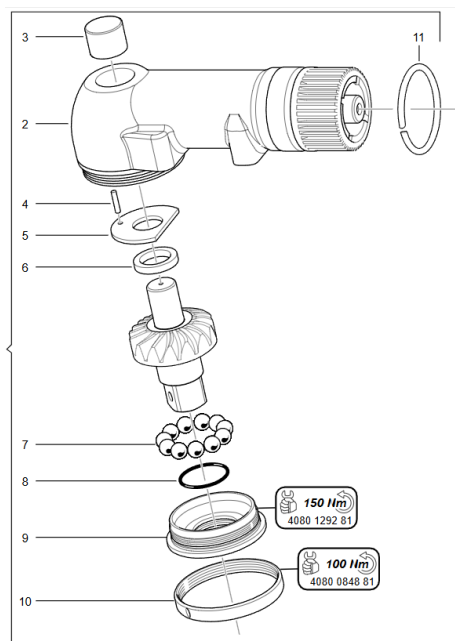


Рисунок 5.2 – Схема конструкции угловой головки.

- 1 — Угловая головка в сборе; 2 — Угловой корпус; 3 — Подшипник;
4 — Пружинный штифт; 5 — Шайба; 6 — Опорное кольцо; 7 — Шарик;
8 — Уплотнительное кольцо; 9 — Обойма подшипника; 10 — Защитное кольцо;
11 — Кольцо.

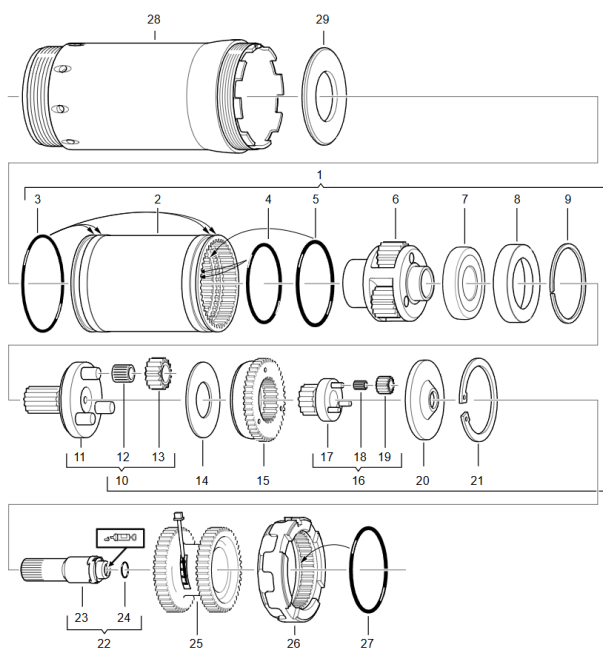


Рисунок 15 – Схема конструкции редуктора.

- 1 – Планетарная передача в сборе; 2 – Обод зубчатого колеса;
 3 – Уплотнительное кольцо; 4 – Уплотнительное кольцо; 5 – Планетарная передача в сборе; 6 – Втулка; 7 – Шариковый подшипник; 8 – Стопорное кольцо; 9 – Планетарная передача в сборе; 10 – Планетарный вал;
 11 – Игольчатый подшипник; 12 – Зубчатое колесо; 13 – Шайба; 14 – Обод зубчатого колеса; 15 – Планетарная передача в сборе; 16 – Планетарный вал;
 17 – Игольчатый подшипник; 18 – Зубчатое колесо; 19 – Крышка;
 20 – Стопорное кольцо; 21 – Вал в сборе; 22 – Вал; 23 – Уплотнительное кольцо; 24 – Датчик крутящего момента; 25 – Зубчатое кольцо;
 26 – Уплотнительное кольцо; 27 – Корпус редуктора; 28 – Шайба.

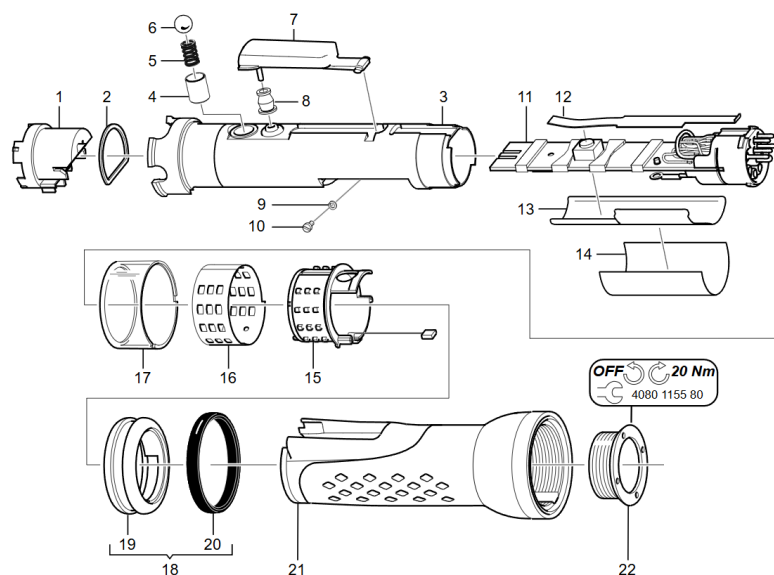


Рисунок 16 – Схема конструкции рукоятки в сборе.

1 – Динамик в сборе; 2 – Прокладка динамика; 3 – Корпус ручки; 4 – Рычаг реверсивного кольца; 5 – Пружина; 6 – Шарик; 7 – Курок; 8 – Уплотнение курка; 9 – Шайба; 10 – Винт; 11 – Основная плата в сборе; 12 – Пружина курка; 13 – Накладка крышки; 14 – ESD-этикетка; 15 – Гибкая плата светодиодов в сборе; 16 – Этикетка; 17 – Крышка светодиода; 18 – Реверсивное кольцо в сборе; 19 – Реверсивное кольцо; 20 – Рукоятка реверсивного кольца; 21 – Ручка наружная; 22 – Заднее кольцо.

5 Интеграция ES TOOL в существующую производственную систему

5.1 Принципы интеграции и технические аспекты совместимости

Ключевым аспектом, обеспечивающим эффективность данного подхода, является принципиальная возможность их интеграции в существующую производственную систему предприятия без необходимости радикальной реструктуризации действующей инфраструктуры. Инструменты Tensor ST, являясь программируемыми электрическими гайковертами, функционируют на основе продвинутых контроллеров, которые поддерживают широкий спектр стандартных промышленных протоколов передачи данных. Это гарантирует их совместимость с доминирующими на рынке системами управления производством и позволяет осуществлять двусторонний обмен информацией в реальном времени. Интеграция обеспечивает централизованный контроль параметров затяжки, мониторинг выполнения операций, сбор детализированных данных о каждом цикле затяжки (крутящий момент, угол, время) и их последующую архивацию. Данный подход минимизирует риски, связанные с внедрением новых технологий, поскольку позволяет использовать уже имеющиеся сетевые ресурсы и информационные системы завода, обеспечивая планомерный переход к цифровизированным и более интеллектуальным сборочным процессам с сохранением непрерывности производственного цикла.

5.2 Контроллер Power Focus 6000, и его роль в системной интеграции и управлении.

Центральным элементом, обеспечивающим эффективную интеграцию интеллектуальных сборочных инструментов серии Tensor ST в существующую производственную инфраструктуру автомобильного завода, является контроллер Power Focus 6000. Данный контроллер выступает в роли ключевого связующего звена (хаба) между периферийными исполнительными устройствами (гайковертами Tensor ST) и высокоуровневыми производственными информационными системами предприятия (MES, ERP, SCADA).

Назначение и функциональные возможности: Основное назначение Power Focus 6000 заключается в прецизионном управлении параметрами затяжки и сборе данных в реальном времени. Он позволяет программировать и хранить обширную библиотеку программ затяжки, каждая из которых может быть адаптирована под конкретные требования к крутящему моменту, углу поворота, скорости и последовательности операций для различных резьбовых соединений. Контроллер обеспечивает мониторинг процесса затяжки, включая контроль за соблюдением заданных допусков, и немедленное информирование оператора о любых отклонениях посредством встроенной визуальной и звуковой индикации.

Роль в интеграции с существующей системой: Архитектура Power Focus 6000 разработана с учетом максимальной совместимости с различными промышленными средами. Контроллер оснащен широким спектром коммуникационных интерфейсов и поддерживает множество стандартных промышленных протоколов передачи данных, таких как Profinet, Ethernet/IP, Modbus TCP/IP, Fieldbus. Это позволяет ему без затруднений интегрироваться в уже функционирующую проводную и беспроводную сетевую инфраструктуру завода. Благодаря этим возможностям, данные о каждом цикле затяжки – включая идентификатор инструмента, оператора, номер программы, фактические значения крутящего момента и угла, результат (годен/негоден) – могут быть в реальном времени переданы в централизованные базы данных или системы верхнего уровня. Это обеспечивает полную прослеживаемость каждого резьбового соединения, что является фундаментальным требованием для обеспечения качества и безопасности в автомобилестроении. Возможность удаленной настройки, диагностики и обновления программного обеспечения контроллера также способствует минимизации времени простоя и упрощению обслуживания, интегрируя его в общую систему управления жизненным циклом оборудования предприятия. Таким образом, Power Focus 6000 не только управляет инструментами, но и служит интеллектуальным шлюзом, обеспечивающим гармоничное и эффективное внедрение передовых технологий Atlas Copco в существующие производственные процессы.



Рисунок 17 – Общий вид контроллера Atlas Copco модели Power Focus 6000.

Контроль и обзор с помощью виртуальной станции

Виртуальная станция — это ключевой элемент сборочной линии. Она управляет инструментами, связью и аксессуарами на рабочем месте.

Управление несколькими инструментами через виртуальные станции сокращает количество кабелей, сетевых соединений и аппаратных компонентов. Использование меньшего количества оборудования снижает энергопотребление до 80%.

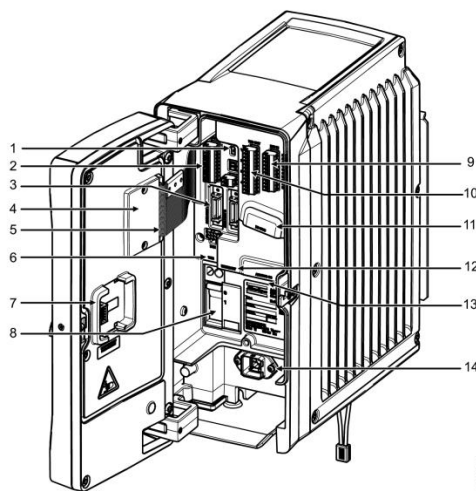


Рисунок 18 – Схема конструкции контроллера Power Focus 6000.

1. Удалённый запуск; 2. Аварийная остановка; 3. COM-порты; 4. Аккумулятор;
5. Кабель; 6. USB-порт; 7. IAM (Интеллектуальный модуль приложений);
8. Устройство остаточного тока (RCBO); 9. Цифровой вход; 10. Цифровой
выход; 11. Вход/выход (I/O) шина; 12. Заводской Ethernet-порт; 13. Модуль
Anybus CC; 14. Силовой разъём.

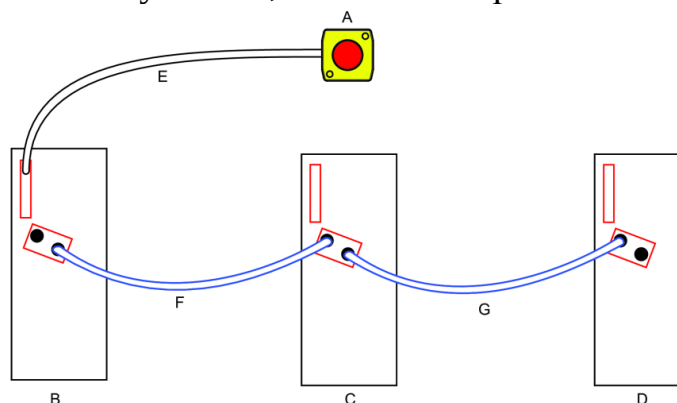


Рисунок 19 – Схема кнопки аварийной остановки (EMERGENCY STOP).

А. Кнопка аварийной остановки; В,С,Д. Контроллер; F,G,E.
Проводка.

6 Техника промышленной безопасности и охрана труда

6.1 Обеспечение охраны труда и промышленной безопасности при эксплуатации интеллектуальных сборочных систем

Внедрение интеллектуальных сборочных систем, включающих электрические гайковерты Atlas Copco серии Tensor ST (модели ETP ST101-300-20F, ETD ST101-300-20, ETV ST101-270-20), центральный контроллер Power Focus 6000 и манипулятор Torque Arm AX1-1.5-R-B, требует тщательного соблюдения норм охраны труда и промышленной безопасности. Фундаментальным требованием, как указано во всех предоставленных руководствах по эксплуатации, является обязательное изучение и понимание всех инструкций по безопасности персоналом, задействованным в эксплуатации, монтаже, ремонте, техническом обслуживании, замене принадлежностей или работе вблизи данного оборудования, с целью минимизации рисков травматизма.

6.2 Электробезопасность оборудования

Электрический характер инструментов Tensor ST и контроллера Power Focus 6000 обуславливает необходимость строгого соблюдения требований электробезопасности. Ключевые аспекты включают:

- **Изоляция и заземление:** Все элементы электрической цепи должны иметь надлежащую изоляцию. Обязательным является эффективное заземление корпуса инструмента и контроллера, соответствующее действующим нормам (ПУЭ, ГОСТ). Регулярная проверка целостности заземляющих проводников и защитной изоляции является обязательной.
- **Защитные устройства:** Цепи питания должны быть оснащены устройствами защитного отключения (УЗО) и автоматическими выключателями, обеспечивающими своевременное отключение электропитания при возникновении перегрузок или коротких замыканий.
- **Подключение:** Подключение оборудования к электросети должно осуществляться квалифицированным персоналом в соответствии со схемами, представленными в технических руководствах, исключая самовольные модификации или использование поврежденных кабелей.

6.3 Требования к электрической безопасности

POWER FOCUS 6000 работает от однофазной линии напряжения 115 или 230 В переменного тока.

Таблица 3.1 – Рекомендуемые номиналы предохранителей для сети

Инструмент	Напряжение [В]	Предохранитель [А]
ST101	115	15

Таблица 3.2 – Потребляемая мощность

Инструмент	Выключенный режим [Вт]	Режим ожидания [Вт]	Активный режим [Вт]
ST101	<0.5	<26	1500

*Потребляемая мощность была измерена в режиме ожидания без подключения каких-либо вспомогательных устройств контроллера или инструмента.

Сетевые подключения

Заводская сеть (Factory LAN) — 100/100 Мбит/с

Сервисная сеть (Service LAN) — 100/100 Мбит/с

6.4 Механическая безопасность и эргономика

Обеспечение механической безопасности и улучшение эргономических условий являются критически важными при работе с высокомоментными инструментами:

- **Компенсация реактивного крутящего момента:** Применение манипулятора Torque Arm AX1-1.5-R-B является обязательным для гайковертов с высоким крутящим моментом. Данный манипулятор полностью компенсирует реактивный крутящий момент, исключая передачу ударных нагрузок на кисть и предплечье оператора. Это предотвращает развитие профессиональных заболеваний опорно-двигательного аппарата и исключает риск потери контроля над инструментом.
- **Предотвращение защемлений и ударов:** При работе с манипулятором необходимо обеспечить свободное пространство в зоне его перемещения. Операторы должны быть обучены правилам безопасного позиционирования инструмента, исключая защемление рук или других частей тела между инструментом, манипулятором и монтируемым компонентом.
- **Эргономика инструментов:** Конструкция гайковертов Tensor ST (пистолетного, прямого, углового типа) подобрана для минимизации физической нагрузки и обеспечения оптимального положения руки оператора в зависимости от пространственной ориентации резьбового соединения, снижая утомляемость при длительной работе.

6.5 Безопасность процесса и прослеживаемость

Интеллектуальные функции системы также вносят вклад в безопасность, однако требуют контроля:

- **Контроль затяжки:** Система Power Focus 6000 осуществляет непрерывный мониторинг параметров затяжки. Выход за пределы допустимых значений крутящего момента или угла поворота немедленно сигнализируется, что предотвращает создание некачественных или потенциально опасных соединений, влияющих на безопасность конечного продукта.
- **Программное обеспечение и авторизация:** Доступ к настройкам программ затяжки на контроллере Power Focus 6000 должен быть строго ограничен авторизованным персоналом. Несанкционированное изменение параметров может привести к дефектам сборки, угрожающим безопасности.
- **Калибровка и техническое обслуживание:** Регулярная калибровка гайковертов и контроллера, а также своевременное техническое обслуживание всех компонентов системы в соответствии с рекомендациями производителя, являются критически важными для поддержания точности и безопасности функционирования оборудования.

6.6 Организационные меры и обучение персонала

Эффективность системы охраны труда всецело зависит от организационных мероприятий:

- **Инструктаж и обучение:** Весь персонал, работающий с данным оборудованием, должен пройти обязательный вводный и периодический инструктаж по охране труда, а также специализированное обучение по безопасному использованию каждого компонента системы.
- **Использование СИЗ:** Операторы должны быть обеспечены и обязаны использовать соответствующие средства индивидуальной защиты (СИЗ), включая защитные перчатки, очки, специальную обувь, при необходимости – средства защиты органов слуха.
- **Аварийные процедуры:** Должны быть разработаны и доведены до сведения персонала четкие процедуры действий в аварийных ситуациях, включая порядок экстренного отключения оборудования и оказания первой помощи.

6.7 Условия эксплуатации

Контроллер Power Focus 6000

Данный контроллер спроектирован для безопасного и надежного функционирования при соблюдении следующих условий окружающей среды:

- **Размещение:** Использование исключительно внутри помещений.
- **Высота эксплуатации:** До 2 000 м над уровнем моря.

- **Рабочий температурный диапазон:** От +5.0 °C до +50.0 °C (от +41.0 °F до +122.0 °F).
- **Температура хранения:** От +5.0 °C до +50.0 °C (от +41.0 °F до +122.0 °F).
- **Относительная влажность:** Максимально 80 % при температуре до 31 °C (89 °F), с линейным уменьшением до 50 % при 40 °C (104 °F).
- **Стабильность питающего напряжения:** Допустимы колебания напряжения питающей сети до ± 10 % от номинального значения.
- **Перенапряжения:** Выдерживает переходные перенапряжения до уровней категории II, а также временные перенапряжения, возникающие в сети питания.
- **Степень загрязнения:** Эксплуатация допускается в условиях степени загрязнения 2.

Комплексное применение данных мер обеспечивает минимизацию рисков для здоровья и безопасности работников, а также гарантирует надежность и качество сборочных операций на автомобильном производстве.

7 Расчетно-экономическая часть

7.1 Экономия во времени после внедрения инструментов ES TOOL

Этап	До внедрения	После внедрения
Время на затяжку (сек)	339	150
Время на проверку (сек)	130	0
Итого на операцию (сек)	469	150
Экономия (сек)		319

ШАГ 1. Экономия времени на одну операцию:

$$\Delta t = t_{\text{до}} - t_{\text{после}}, \quad (1.1)$$

где $t_{\text{до}} = 469$ сек. — время выполнения операции до внедрения нового оборудования; $t_{\text{после}} = 150$ сек. — время выполнения операции после внедрения; Δt — экономия времени на одну операцию.

$$\Delta t = 469 - 150 = 319 \text{ сек.}$$

ШАГ 2. Умножим на годовой объём продукции:

$$\Delta T_{\text{год}} = \Delta t \times N, \quad (1.2)$$

где $\Delta t = 319$ сек. — экономия времени на одну операцию; $N = 50000$ — годовой объём продукции; $\Delta T_{\text{год}}$ — общая экономия времени за год.

$$\Delta T_{\text{год}} = 319 \times 50000 = 15\,950\,000 \text{ сек.}$$

ШАГ 3. Переводим в часы:

$$\Delta T_{\text{часы}} = \frac{\Delta T_{\text{год}}}{3600}, \quad (1.3)$$

где $\Delta T_{\text{год}} = 15\,950\,000$ сек. — общая экономия времени за год; 3600 — количество секунд в одном часе; $\Delta T_{\text{часы}}$ — экономия времени в часах.

$$\Delta T_{\text{часы}} = \frac{15\,950\,000}{3600} = 4430.56 \text{ ч.}$$

ШАГ 4. Рассчитаем эквивалент в человеко-месяцах:

Вариант 1: 160 ч/мес

$$\text{ЧМ}_1 = \frac{T_{\text{общ}}}{T_{\text{М1}}} \quad (1.4)$$

где $T_{\text{общ}}$ — общее количество часов, сэкономленных в результате оптимизации;
 $T_{\text{м1}}$ — фонд рабочего времени одного человека в месяц, вариант 1 (160 ч/мес);
 ЧМ_1 — эквивалент сэкономленного времени в человеко-месяцах.

$$\text{ЧМ}_1 = \frac{4430,56}{160} \approx 27,7$$

Вариант 2: 173 ч/мес

$$\text{ЧМ}_2 = \frac{T_{\text{общ}}}{T_{\text{м2}}}, \quad (1.5)$$

где $T_{\text{общ}}$ — общее количество часов, сэкономленных в результате оптимизации;
 $T_{\text{м2}}$ — фонд рабочего времени одного человека в месяц, вариант 1 (173 ч/мес);
 ЧМ_2 — эквивалент сэкономленного времени в человеко-месяцах.

$$\text{ЧМ}_2 = \frac{4430,56}{173} \approx 25,6$$

Процент сокращения времени:

$$P_{\text{сокр}} = \frac{T_{\text{до}} - T_{\text{после}}}{T_{\text{до}}} \times 100\%, \quad (1.6)$$

где $P_{\text{сокр}}$ — процент сокращения времени; $T_{\text{до}}$ — время выполнения операции до внедрения улучшений (469 часов); $T_{\text{после}}$ — время выполнения операции после улучшений (319 часов).

$$P_{\text{сокр}} = \frac{469 - 319}{469} \times 100\% = 31,98\%$$

Шаг 5. Перевод в эквивалент полных рабочих ставок (FTE)

Вариант 1: 160 ч/мес

$$\text{FTE}_1 = \frac{T_{\text{общ}}}{12 \times T_{\text{м1}}}, \quad (1.7)$$

где FTE_1 — эквивалент полной рабочей ставки (в людях); 12 — количество месяцев в году.

$$\text{FTE}_1 = \frac{4430,56}{12 \times 160} = 2,31 \text{ чел.}$$

Вариант 2: 173 ч/мес

$$FTE_2 = \frac{T_{\text{общ}}}{12 \times T_{M2}}, \quad (1.8)$$

где FTE_2 – эквивалент полной рабочей ставки (в людях); 12 – количество месяцев в году.

$$FTE_2 = \frac{4430,56}{12 \times 173} = 2,13 \text{ чел.}$$

Вывод: При объёме 50 000 изделий в год и указанных значениях времени, мы экономим примерно: 2.13–2.31 штатных сотрудника в год. Это позволяет перераспределить функциональные обязанности таким образом, что тот же (или даже больший) объем производства может быть обеспечен меньшим количеством сотрудников. Таким образом, сокращение двух человек из четырех, оставляя двух операторов, становится технически обоснованным и логичным.

7.2 Расчет экономии на заработной плате

Экономия фонда оплаты труда (ФОТ) при использовании интеллектуального инструмента составляет:

Расчёт экономии фонда оплаты труда (ФОТ):

$$ЗП_{\text{год}} = ЗП_{\text{мес}} \times 12, \quad (2.1)$$

где $ЗП_{\text{мес}}$ – месячная заработная плата одного сотрудника (350 000 тг);

$ЗП_{\text{год}}$ – годовая заработная плата одного сотрудника

$$ЗП_{\text{год}} = 350\,000 \times 12 = 4\,200\,000 \text{ тг}$$

Двое сотрудников:

$$\text{ФОТ}_{\text{двое}} = ЗП_{\text{год}} \times 2, \quad (2.2)$$

где $\text{ФОТ}_{\text{двое}}$ – суммарный годовой ФОТ для двух сотрудников.

$$\text{ФОТ}_{\text{двое}} = 4\,200\,000 \times 2 = 8\,400\,000 \text{ тг}$$

7.3 Повышение производительности в количестве продукции

Если раньше за 1 час делали X изделий, а теперь — Y, можно измерить, насколько вырос выпуск:

$$П_{\text{д.в.}} = \frac{3600}{t}, \quad (3.1)$$

где $П_{\text{д.в.}}$ – Производительность до внедрения ES TOOL

$$\begin{aligned}
P_{\text{д.в.}} &= \frac{3600}{469} \approx 7.67 \text{ изделий/час} \\
P_{\text{п.в.}} &= \frac{3600}{t},
\end{aligned}
\tag{3.2}$$

где $P_{\text{п.в.}}$ – Производительность после внедрения ES TOOL

$$P_{\text{д.в.}} = \frac{3600}{150} = 24 \text{ изделия/час}$$

7.4 Сравнительный анализ вариантов технического обслуживания

Для оценки оптимального способа технического обслуживания инструментов Atlas Copco на предприятии Hyundai Trans Kazakhstan произведено сравнение двух схем:

Параметр	С отправкой инструмента	С приездом специалиста
Количество инструментов	4	4
Стоимость обслуживания за 1 ед., тг	216 400	475 000
Общая сумма, тг	865 600	1 900 000
Разница в затратах, тг	—	+1 034 400

Вывод: обслуживание с отправкой инструмента экономически выгоднее, однако формат с выездом специалиста исключает простои оборудования, повышает оперативность ремонта и снижает производственные риски.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью данной дипломной работы было обоснование и внедрение системы интеллектуальных инструментов ES TOOL в производственные процессы сборки на заводе ТОО «Hyundai Trans Kazakhstan».

В ходе исследования были рассмотрены существующие методы сборки, выявлены их недостатки, предложены технические решения по автоматизированной затяжке резьбовых соединений, а также произведена оценка экономической эффективности внедрения оборудования. Были разработаны предложения по модернизации сборочной линии, включая выбор оборудования, методы его интеграции в производственную систему, а также анализ возможных рисков.

Особое внимание было уделено конструкторским особенностям инструмента, его преимуществам по сравнению с традиционными решениями, а также требованиям по охране труда и безопасности при эксплуатации.

Внедрение данных интеллектуальных инструментов в сборочные процессы переднего и заднего модулей подвески и колёс позволило значительно повысить точность и повторяемость операций, улучшить прослеживаемость данных и снизить количество дефектов, что в конечном итоге способствует повышению конкурентоспособности продукции и удовлетворенности клиентов.

Экономический анализ подтвердил быструю окупаемость проектной работы и его стратегическую значимость для повышения производительности и качества на предприятии. Разработанные рекомендации могут быть масштабированы и применены на других участках сборочной линии, что открывает перспективы дальнейшей оптимизации всего производственного цикла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пять шагов к бездефектной сборке / Atlas Corpro. – Швеция: Atlas Corpro Industrial Technique, 2019. – 49 с.
2. Краткое руководство по методам статистического анализа использования сборочного инструмента / Atlas Corpro. – Швеция: Atlas Corpro Industrial Technique, 2018. – 36 с.
3. Техническое руководство по системе Power Focus 6000 / Atlas Corpro. – Швеция: Atlas Corpro Tools AB, 2020. – 64 с.
4. Молчанов, И.П. Инструмент для точной сборки в машиностроении: технологии и применение/И.П. Молчанов.– М.: Машиностроение, 2016. – 188 с.
5. Ломов, С.А. Инструментальное обеспечение сборочных операций: учебное пособие / С.А. Ломов. – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 128 с.
6. Назаров, А.В. Контроль и управление качеством продукции на машиностроительном производстве/А.В. Назаров. – М.: Инфра-М, 2020. – 318 с.
7. Колесников, В.М. Организация и управление производственными процессами / В.М. Колесников. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 288 с.
8. Смирнов, А.Г. Производственная логистика: учебное пособие / А.Г. Смирнов. – М.: КноРус, 2016. – 248 с.
9. Пискунов, С.А. Техническое обслуживание и ремонт оборудования: учебник / С.А. Пискунов. – СПб.: Лань, 2018. – 304 с.
10. Рогов, Е.В. Основы промышленной безопасности и охраны труда / Е.В. Рогов. – М.: Юрайт, 2021. – 232 с.
11. Промышленный инструмент и оснастка: каталог / Atlas Corpro. – Швеция: Atlas Corpro AB, 2021. – 97 с.
12. Сапожников, А.Н. Цифровое производство и индустрия 4.0: принципы, технологии, внедрение / А.Н. Сапожников. – М.: Дашков и К°, 2022. – 290 с.
13. Липсиц, И.В. Экономика предприятий: учебник / И.В. Липсиц. – М.: Юрайт, 2019. – 432 с.
14. Андреев, А.И. Производственная автоматизация и роботизация / А.И. Андреев. – М.: Эксмо, 2020. – 280 с.
15. Солодов, А.Г. Надежность и диагностика оборудования / А.Г. Солодов. – М.: Академия, 2022. – 224 с.
16. Atlas Corpro. Инновации в сборке: автоматизация и точность. – Швеция: Atlas Corpro Press, 2023. – 40 с.
17. Киселёв, П.Н. Интеллектуальные системы управления моментом затяжки в автопроме / П.Н. Киселёв. – М.: НИИТ, 2020. – 144 с.
18. Bosch Rexroth. Решения по автоматизации сборки и контроля качества / Bosch Rexroth GmbH. – Германия: Rexroth Media, 2018. – 58 с.
19. Панин, Д.А. Электроинструмент в промышленной сборке: теория и практика / Д.А. Панин. – М.: МГТУ, 2019. – 216 с.
20. Технологии точной затяжки в автомобильной промышленности / Под ред. М.Ш. Хасанова. – Казань: Техпром, 2021. – 172 с.

21. Интеллектуальные системы контроля затяжки в автомобилестроении /
Под ред. А.В. Смирнова. – М.: Машиностроение, 2020. – 198 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ