

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

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Альтернативные источники энергии транспортных средств

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Проектирование участка обслуживания аккумуляторных батарей  
гибридного автотранспорта

Обучающийся

И.В. Рожков

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент А.В. Бобровский

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

Консультанты

канд. физ.-мат. наук, доцент Д.А. Романов

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

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Тольятти 2025

## **Аннотация**

Выпускная квалификационная работа посвящена проектированию специализированного участка обслуживания аккумуляторных батарей (АКБ) гибридного автотранспорта. В работе проведен анализ существующих технологий обслуживания АКБ, определены основные технологические процессы, оборудование и инструменты, необходимые для эффективного и безопасного обслуживания тяговых батарей различных типов. Проект участка включает в себя планировку помещения, расчет необходимого количества персонала, описание технологических операций, а также оценку экономической эффективности создаваемого участка. В результате работы разработана технологическая документация, содержащая пояснительную записку, планы размещения оборудования, схемы технологических процессов и расчеты основных технико-экономических показателей. Работа актуальна в связи с ростом количества гибридного автотранспорта и потребностью в специализированных сервисных центрах, обеспечивающих качественное и безопасное обслуживание их тяговых батарей.

Работа состоит из пяти глав, в которых последовательно раскрываются теоретические и практические аспекты разработки: обзор нормативов и требований к оснащению и планировке участка, концептуальное проектирование стенда, детальные расчёты и чертежи узлов, разработка технологии проведения испытательных работ, технико-экономическое обоснование. В заключении подведены итоги, сформулированы рекомендации по внедрению проекта. Список использованных источников включает нормативные документы, монографии и статьи по альтернативной энергетике и испытательной технике.

## **Abstract**

The final qualifying work is devoted to the design of a specialized section for servicing batteries of hybrid vehicles. The work analyzes existing technologies for servicing batteries, defines the main technological processes, equipment and tools necessary for efficient and safe servicing of traction batteries of various types. The design of the section includes the layout of the premises, calculation of the required number of personnel, description of technological operations, as well as an assessment of the economic efficiency of the created section. As a result of the work, technological documentation was developed containing an explanatory note, equipment placement plans, process flow diagrams and calculations of the main technical and economic indicators. The work is relevant due to the growing number of hybrid vehicles and the need for specialized service centers that provide high-quality and safe servicing of their traction batteries.

The work consists of five chapters, which consistently reveal the theoretical and practical aspects of the development: an overview of standards and requirements for equipping and planning the section, conceptual design of the stand, detailed calculations and drawings of units, development of technology for testing, feasibility study. The conclusion summarizes the results and formulates recommendations for the implementation of the project. The list of references includes regulatory documents, monographs and articles on alternative energy and testing equipment.

## Содержание

|                                                                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Введение .....                                                                                                      | 6  |
| 1 Рабочей проект участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта .....                        | 8  |
| 1.1 Описание производимых на участке обслуживания аккумуляторных батарей .....                                      | 8  |
| 1.2 Оборудование, размещенное на участке обслуживания аккумуляторных батарей .....                                  | 10 |
| 1.3 Персонал, работающий на участке обслуживания аккумуляторных батарей .....                                       | 14 |
| 1.4 Расчет площади участка обслуживания аккумуляторных батарей ...                                                  | 15 |
| 2 Подбор аналогов передвижного стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей .....                         | 17 |
| 2.1 Обоснование проведения подбора оборудования .....                                                               | 17 |
| 2.2 Анализ конструкций стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей .....                                 | 18 |
| 3 Конструкции стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей                                                | 25 |
| 3.1 Техническое задание на разработку стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей .....                  | 25 |
| 3.2 Техническое предложение на разработку стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей .....              | 27 |
| 3.3 Расчет сил, воздействующих на механизм в процессе эксплуатации                                                  | 34 |
| 4 Технологический процесс ремонта аккумуляторной батареи гибридного автомобиля .....                                | 40 |
| 4.1 Условия работы аккумуляторной батареи .....                                                                     | 40 |
| 4.2 Технологический процесс ремонта аккумуляторной батареи .....                                                    | 42 |
| 5 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта ..... | 46 |

|                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 Описание участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта .....                    | 46 |
| 5.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на участке обслуживания аккумуляторных батарей ..... | 47 |
| 5.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на участке обслуживания аккумуляторных батарей .....        | 48 |
| 5.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке обслуживания аккумуляторных батарей .....             | 50 |
| 5.5 Расчет затрат на заработную плату персонала .....                                                       | 52 |
| Заключение .....                                                                                            | 56 |
| Список используемой литературы и используемых источников .....                                              | 59 |

## Введение

В условиях стремительного роста парка гибридных и электрических автомобилей обслуживание аккумуляторных батарей выходит на первый план как ключевой фактор надежности, безопасности и экологической чистоты транспортных средств. Специализированный участок обслуживания позволяет не только продлить срок службы аккумуляторов, но и снизить затраты на их эксплуатацию, минимизировать риск аварийных ситуаций, связанных с некорректным ремонтом или утилизацией. При этом комплексный подход к проектированию такого участка – от выбора технологического процесса до организации рабочего пространства и обеспечения мер промышленной безопасности – остаётся недостаточно разработанным в отечественной практике.

Цель работы состоит в разработке проекта участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта, обеспечивающий эффективную, безопасную и экономически обоснованную эксплуатацию оборудования и персонала.

Объектом исследования является технологическая инфраструктура сервисных предприятий, выполняющих работы по диагностике, ремонту и утилизации аккумуляторных батарей гибридных автомобилей.

Предметом исследования выступают процессы и средства технического обслуживания, организационно-технологические решения и обоснование параметров участка обслуживания АКБ.

Задачи исследования в рамках ВКР можно сформулировать следующим образом:

- Выполнить анализ конструкции современных типов аккумуляторных батарей гибридных автомобилей, их эксплуатационные характеристики и требования к сервисному обслуживанию;
- проанализировать нормативно-техническую базу и лучшие практики организации работ по диагностике, ремонту и утилизации АКБ;

- сформулировать технические требования и функциональные задания на проектируемый участок;
- разработать планировку, выбрать основное и вспомогательное оборудование, учесть требования безопасности и экологии;
- произвести экономико-организационный расчёт и оценить эффективность проектного решения.

Методологическая основа исследования включает методы системного и функционального анализа, технико-экономического обоснования, компьютерного моделирования планировки, а также нормативные документы по промышленной безопасности и охране окружающей среды.

Научная новизна работы состоит в комплексной интеграции современных технологий обслуживания гибридных АКБ и унификации процессов с учётом российских условий эксплуатации, что позволяет повысить качество услуг и снизить издержки при организации сервисного участка.

Практическая значимость состоит в том, что результаты работы могут быть использованы при проектировании и модернизации АТП, служить методическим пособием для специалистов по организации технического обслуживания гибридного транспорта.

Работа состоит из пяти глав, в которых последовательно раскрываются теоретические основы, анализ нормативов и практик, проектирование технологической схемы и планировки, подбор оборудования и обеспечение безопасности, экономико-организационный расчёт. В конце приведены заключение и список использованных источников. Заключение подводит итоги проделанной работы и даёт рекомендации по внедрению проекта.

## **1 Рабочей проект участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта**

### **1.1 Описание производимых на участке обслуживания аккумуляторных батарей**

Описание участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта включает перечень технологических операций, организацию рабочего пространства и принципы взаимодействия специалиста с оборудованием. Основная цель участка – обеспечить надёжность, безопасную эксплуатацию и максимальный ресурс зарядно-разрядного устройства высоковольтных аккумуляторных батарей (АКБ). Для достижения цели участка, осуществляется комплекс связанных технологических операций, которые условно можно разделить на следующие группы.

Приёмка и входной контроль АКБ, поступающих на участок:

- регистрация автомобиля и батарейного модуля в базе данных;
- визуальный осмотр на предмет механических повреждений, протечек электролита (для свинцово-кислотных элементов) и нарушений целостности оболочки;
- замер напряжения по блокам-модулям и проверка равномерности остаточной ёмкости.

Диагностика и оценка состояния АКБ, поступающих на участок:

- измерение внутреннего сопротивления с помощью импульсного тестера;
- проверка состояния системы терморегулирования (жидкостное охлаждение или воздух);
- считывание кодов ошибок и параметров управления из блока управления батареями (BMS).

Техническое обслуживание и профилактика АКБ, поступающих на участок:

- очистка клемм, шин и коннекторов от окислов и загрязнений;
- проверка и подтяжка болтовых соединений силовых цепей;
- обновление программного обеспечения блока управления батареями (при необходимости).

Зарядно-разрядные испытания АКБ, поступающих на участок:

- балансировка напряжений по ячейкам или модулям с помощью автоматизированных зарядных станций;
- проведение теста на способность выдерживать заявленный пиковый ток нагрузки;
- контроль температурных режимов во время циклов заряд-разряд.

Ремонт и замена модулей АКБ, поступающих на участок:

- сборка/разборка батарейного блока на боксы или стеллажи;
- замена дефектных ячеек или модулей с последующей проверкой их рабочих характеристик;
- герметизация и сборка узлов в соответствии с требованиями производителя.

Завершающий контроль и оформление результатов

- повторный тест ёмкости и сравнение с первоначальными значениями;
- составление акта выполненных работ с указанием эксплуатационных характеристик после обслуживания;
- выдача рекомендаций по интервалам последующих проверок.

Санитарно-экологические и меры безопасности на участке включают следующие мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности производимых работ:

- организация помещения для сбора отработанных материалов (электролит, фильтры, упаковка);
- использование средств индивидуальной защиты (перчатки, очки, изолирующие коврики);

- процедуры нейтрализации и утилизации отходов в соответствии с экологическими нормами.

Рациональная компоновка оборудования (стеллажи для модулей, зарядные станции, диагностические стенды) и чёткий регламент операций позволяют минимизировать время простоя и повысить надёжность батарейных систем гибридных автомобилей.

## **1.2 Оборудование, размещенное на участке обслуживания аккумуляторных батарей**

Ниже приведён обобщённый перечень и основные требования к оборудованию, которое обычно размещают на участке технического обслуживания свинцово-кислотных аккумуляторных батарей. Оборудование разбито на группы для удобства восприятия.

Зарядно-разрядная техника.

- стационарные зарядные устройства (автоматические/полуавтоматические) с режимами «постоянное напряжение и ограниченный ток» и контролем температуры;

- разрядные стенды или программируемые нагрузки для проверки ёмкости и контроля падения напряжения под нагрузкой;

- устройства для рестарта «тяжёлых» батарей (импульсные зарядные устройства).

Измерительные приборы и манометрия.

- вольтметры/мультиметры (класс точности не ниже 0,5, с гальванической развязкой или категорией «CAT III»);

- амперметры и токовые клещи (до 1000 А);

- ареометры/денсиметры для измерения плотности электролита (диапазон 1,05–1,30 г/см<sup>3</sup>);

- термометры (–10...+60 °С) и пирометры для контроля температуры ячеек;

- рН-метр или тест-полоски для контроля кислотности промывочных растворов.

Столярно-монтажное оборудование.

- слесарные верстаки с анти-коррозийным покрытием и съёмными лотками для сбора протечек (полиэтилен, нержавейка, ПВХ);

- полки или стойки для хранения аккумуляторов (несущая способность не менее 300 кг/секция, с защитными бортиками).

Подъёмно-транспортные средства

- тали или кран-балки (г/п от 200 до 1000 кг) с электроприводом и защитой от искрообразования (исполнение «ЕХ» при необходимости);

- ручные тележки для перемещения зарядно-разрядных модулей.

Станция промывки и долива воды.

- водоразборный кран с деминерализованной водой;

- шланги и насадки из кислотостойких материалов;

- централизованный или локальный слив (лоток) с нейтрализатором серной кислоты (вещество на основе карбонатов);

- пеногенератор для удаления загрязнений с корпуса аккумуляторов.

Перечень оборудования, размещенного на участке, приводится в таблице 1.

Таблица 1 – Оборудование участка обслуживания аккумуляторных батарей

| Группа оборудования                | Наименование технологического оборудования участка | Марка, модель | Габаритные размеры, мм, | Кол-во |
|------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------|-------------------------|--------|
| Зарядно-разрядная техника          | Выпрямитель для зарядки АКБ                        | ВАГЗ-120-60   | 1800x700                | 1      |
|                                    | Стеллаж для зарядки АКБ                            | б/н           | 2500x700                | 2      |
|                                    | Передвижной стенд для ускоренной зарядки АКБ       | ЗУ-1200       | 750x500                 | 1      |
| Измерительные приборы и манометрия | Стенд для проверки и разряда АКБ                   | б/н           | 1000x840                | 1      |

Продолжение таблицы 1

|                                    |                                          |          |          |   |
|------------------------------------|------------------------------------------|----------|----------|---|
| Измерительные приборы и манометрия | Стенд для слива электролита              | ЭУТ-89   | 1200x860 | 1 |
|                                    | Стол для проверки АКБ                    | б/н      | 800x420  | 1 |
| Столярно-монтажное оборудование    | Шкаф для инструмента и посуды            | 6220     | 1000x520 | 1 |
|                                    | Верстак                                  | 6140     | 1400x700 | 1 |
|                                    | Вытяжной шкаф для хранения аккумуляторов | самоизг. | 400x400  | 2 |
|                                    | Ванна для мойки деталей АКБ              | самоизг. | 975x860  | 1 |
|                                    | Шкаф для инструмента                     | 6250     | 1000x520 | 1 |
|                                    | Станок сверлильный                       | НС-12А   | 700x465  | 1 |
|                                    | Передвижной стеллаж для хранения АКБ     | самоизг. | 1100x620 | 2 |
|                                    | Тигель для плавки                        | Т-4      | 780x420  | 2 |
|                                    | Ларь для отходов                         | б/н      | 500x500  | 1 |
| Станция промывки и долива воды     | Установка для приготовления электролита  | КБ-3     | 1350x600 | 1 |
|                                    | Раковина                                 | б/н      | 500x500  | 1 |
|                                    | Дисцилятор с электроподогревом           | ДЦС-10   | 800x700  | 1 |

Кроме основного оборудования, связанного с обслуживанием аккумуляторных батарей, на участке размещено следующее оснащение и инструмент.

Системы вентиляции и аспирации воздуха.

- общеобменная вентиляция – не менее 5–7-кратного воздухообмена в час;
- локальные вытяжные зонты или канальные аспираторы над рабочими местами для удаления аэрозолей серной кислоты;
- корпусные вентиляционные щели вверху стен (по СНиП).

Средства пожарной защиты на участке.

- огнетушители порошковые (класс ВС) и/или пенные (класс АВ);
- пожарный щит с ломом, багром, запасом песка и нейтрализатора;
- противопожарные перегородки и двери (EI 30–EI 60).

Средства индивидуальной защиты (СИЗ) на участке

- перчатки резиновые и кислотостойкие рукавицы;
- защитные очки или экраны;
- фартуки и наколенники из ПВХ/поливинилхлорида;
- респираторы или полумаски с фильтрами против аэрозолей серной кислоты (класс защиты не ниже A2P3).

Аптечка и аварийное оборудование

- душ «глаз–лицо» для промывки кислотных брызг (вода комнатной температуры);
- станция экстренной нейтрализации проливов (контейнер с нейтрализующим порошком);
- аптечка первой помощи по требованиям ГОСТ Р 12.4.009.

Электроинструмент и оснастка

- инструменты с изолированными рукоятками (отличаются маркировкой «1000 В»);
- ключи и отвёртки из коррозионностойких сплавов;
- аккумуляторные (или пневматические) гайковёрты для крупных болтовых соединений;

Основные требования к оборудованию и помещению можно сформулировать следующим образом. Корпуса и поверхности стендов и оборудования должны быть устойчивы к агрессивной среде, кислотам и механическим ударам. Электробезопасность на участке должна иметь класс защиты IP 54 и выше, УЗО/автоматы дифференциальной защиты в электрическом щите. Взрывозащищённость (для помещений с повышенным риском выделения водорода) исполнение «EX» по ГОСТ Р 51330.0. Освещённость на рабочих местах участка должна быть не менее 300 лк по

норме СП 52.13330.2016. Температура и влажность на участке находится в пределах +15...+30 °С, относительная влажность  $\leq 75$  %. Покрытие пола: нескользкое, химически стойкое, с уклоном к сливному лотку. Разметка проездов и путей эвакуации, знаки безопасности (ПВХ, ПЭТ-лейблы по ГОСТ 12.4.026).

Соблюдение перечисленных требований обеспечивает безопасность персонала, надёжность операций по обслуживанию и длительный срок службы технологического оборудования. Оснащение создаёт прочную основу для следующего этапа разработки – прямого проектирования испытательного стенда и отработки методики проведения испытаний.

### **1.3 Персонал, работающий на участке обслуживания аккумуляторных батарей**

Точное обоснование численности производственного персонала на испытательном участке является ключевым фактором обеспечения заданных темпов и качества проведения испытаний. Недокомплект специалистов приводит к простоем оборудования и срывам сроков проведения испытаний, тогда как избыточная численность — к нерациональному расходу фонда рабочего времени и излишним затратам на заработную плату. Расчёт штатной численности позволит сбалансировать трудовые ресурсы с объёмами и номенклатурой испытательных работ, гарантировать своевременное выполнение плановых заданий и соблюдение технологической дисциплины.

В рамках раздела будут рассмотрены исходные данные для расчёта численности (в том числе фонд рабочего времени участка — 8820 человеко-часов), нормативы времени на операции подготовительных и испытательных работ, а также применяемые коэффициенты учёта непроизводительного времени и резервов. На основании этих показателей будет определено оптимальное количество испытателей и операторов соответствующих квалификационных разрядов, что обеспечит эффективное функционирование

испытательного участка в заданном режиме работы. Расчет численности персонала приводится в таблице 2

Таблица 2 – Численность рабочих на участке

| Виды работ              | %   | Трудоемкость,<br>чел-час | Число рабочих<br>явочное, чел |
|-------------------------|-----|--------------------------|-------------------------------|
| Испытательные работы    | 65  | 5733,0                   | 3                             |
| Подготовительные работы | 35  | 3087,0                   | 2                             |
| ИТОГО                   | 100 | 8820                     | 5                             |

Следовательно, исходя из общей численности, явочное число рабочих принято в количестве 5 человек. Указанное распределение по видам работ стоит считать условным, поскольку работы производятся как совокупность одного производственного процесса.

#### **1.4 Расчет площади участка обслуживания аккумуляторных батарей**

Цель расчёта площади участка — обеспечить компактное, но при этом безопасное и удобное размещение всех элементов технологического процесса: зарядных устройств, стенов, верстаков, узкопроходной оснастки и складских мест для АКБ и материалов. В процесс расчёта будут заложены требования нормативных документов по минимальным зазорам между стендами и оборудованием, по ширине проходов для технического персонала и обслуживающей техники, а также по нормативам пожарной и производственной безопасности. Полученные данные позволят обеспечить рациональное использование производственной площади, своевременный и беспрепятственный доступ к каждому рабочему месту, а также

оптимизировать материальный и трудовой потоки при выполнении текущего ремонта автомобилей.

Расчет испытательного участка выполняется по формуле:

$$F_y = F_{об} \cdot K_p, \text{ м}^2 \quad (1)$$

где  $F_{об}$  – площадь, занятая оборудованием,  $\text{м}^2$

$K_p$  – коэффициент плотности расстановки оборудования,  $K_p = 4,0$

Тогда фактическая площадь участка составит.

$$F_y = 14 \cdot 4,0 = 56 \text{ м}^2$$

В результате проведённых расчётов участка ремонта аккумуляторных батарей были достигнуты следующие результаты в рамках поставленных задач на выполнение ВКР.

Подбор оборудования выполнен с учётом технологического нормирования, типов ремонтируемых АКБ и объёма работ. Предложенные стенды, подъёмники и вспомогательные устройства обеспечивают требуемую пропускную способность и надёжность эксплуатации, что позволит минимизировать простои и повысить качество обслуживания. Численность производственного персонала рассчитана на основе нормативов времени на операции и планового выпуска работ. Полученные значения отвечают требованиям оптимизации затрат на оплату труда и гарантируют соблюдение установленных сроков ремонта АКБ без излишнего штата.

Площадь участка определена с учётом эргономики рабочих мест, проходов для обслуживания оборудования и складских зон. Достаточный запас площади обеспечит удобство технологии ремонта, соблюдение норм безопасности и возможность оперативного расширения при увеличении объёма работ.

## **2 Подбор аналогов передвижного стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей**

### **2.1 Обоснование проведения подбора оборудования**

Актуальность и необходимость проведения анализа аналогов конструкции передвижного стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей обусловлены следующими факторами:

Сравнительный анализ существующих промышленных тележек и стеллажей позволяет выявить лучшие решения по конструкции ярусов, механизму откидывания полок и подбору колесных опор с возможностью самоустановки при движении. Изучение грузоподъемных характеристик аналогов (до 500 кг на всю тележку и до 100 кг на полку) помогает сверить реальные показатели с нормативными требованиями и избежать «перерасхода» материалов или недостаточной запаса прочности.

Снижение производственных и эксплуатационных затрат осуществляется за счет следующих факторов:

- анализ массовых аналогов способствует выявлению более выгодных технологических приёмов изготовления (штамповка, сварка, сборка из стандартных профилей), что позволяет оптимизировать себестоимость;
- сравнение поставщиков и материалов (сталь разных марок, полимерные или алюминиевые накладки, колесные опоры) даёт возможность выбрать наиболее экономичные и при этом надёжные компоненты.

Анализ существующих систем фиксации батарей и кабель-менеджмента позволяет адаптировать лучшие решения по защите от перетирания проводов и случайного падения элементов. Изучение аналогов в части противокоррозионной защиты, организации вентиляции зарядных устройств и откидывающихся элементов повышает безопасность персонала при манипуляциях с тяжёлыми аккумуляторами. Поиск на рынке сертифицированных тележек и стеллажей гарантирует, что выбранные

технические решения отвечают требованиям ГОСТ, ТУ и правил промышленной безопасности при работе с электробатареями. Сравнение электрозаземления, изоляции и класса пожарной опасности аналогичных изделий помогает избежать штрафных санкций и остановки производства.

На основе выявленных преимуществ и недостатков конкурирующих конструкций формируется техническое задание с конкретными требованиями к материалам, геометрии полок, типу колес, механизмам фиксации и безопасности. Результаты анализа аналогов служат отправной точкой для расчётов прочности, эргономических оценок и прототипирования, что ускоряет этапы проектирования и испытаний.

Таким образом, комплексное изучение и систематизация аналогичных на рынке конструкций мобильных стеллажей является обязательным этапом при разработке собственной оптимизированной конструкции, обеспечивающей надёжность, безопасность и экономическую эффективность обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта.

## **2.2 Анализ конструкций стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей**

Произведем подбор оборудования, в соответствии с полученным для разработки заданием на подбор стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей. По тематике, принятой на проработку в рамках выполнения работы бакалавра, найдены следующие конструкторские решения, применяемые на испытательном участке.

Изделие предназначено для демонтажа и транспортировки аккумуляторных батарей. На раме тележки смонтированы полки, откидывающиеся при разгрузке, рисунок 1

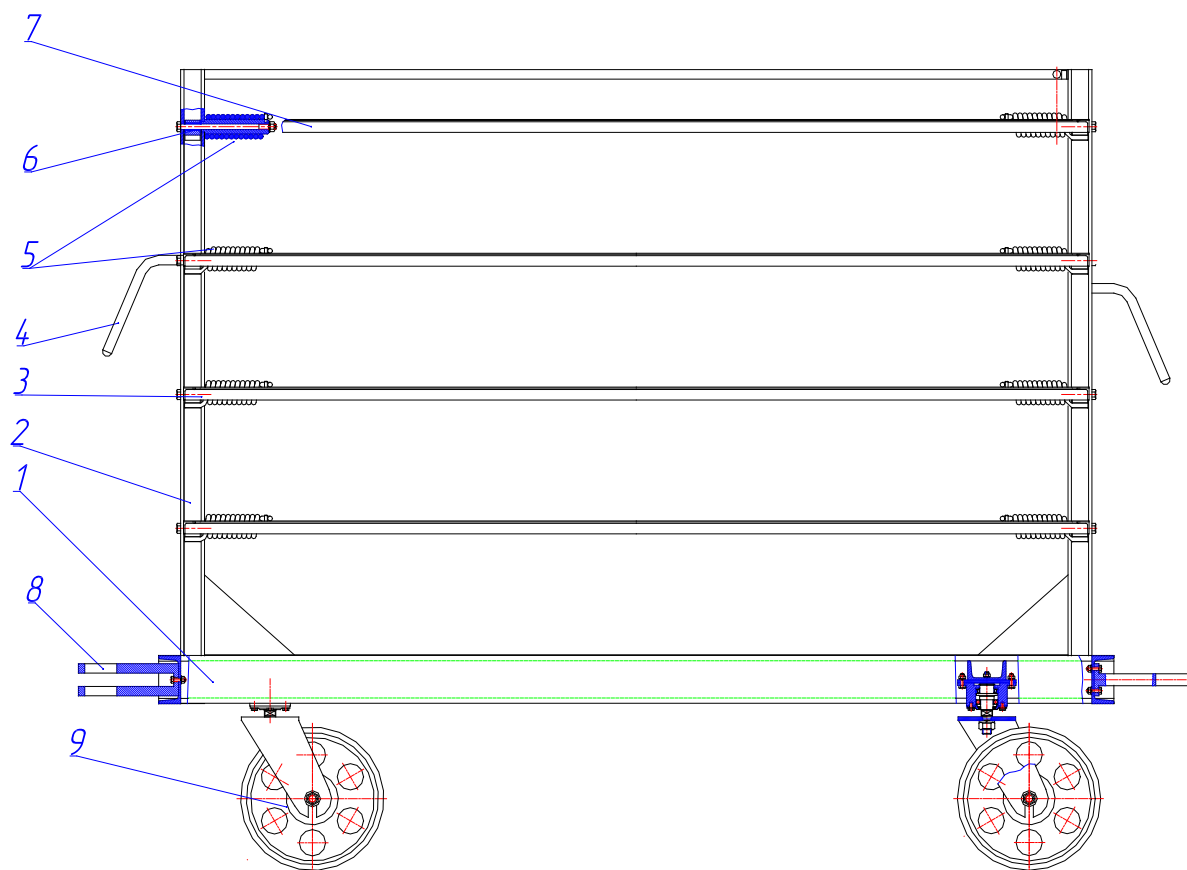


Рисунок 1 – Тележка для транспортировки и хранения АКБ

«Тележка для перевозки и хранения штучных грузов содержит раму 1 со стойками 2 и колесами 9, подвижные подпружиненные полки 3, закрепленные на стойках 2 посредством полуосей 6. Тележка имеет рукоятки 4 для ручного транспортирования и проушину 8 для подсоединения к транспортному средству. При перемещении (транспортировании) тележки полки находятся в горизонтальном зафиксированном положении.

Перед загрузкой тележки необходимо расфиксировать верхнюю полку, для чего необходимо повернуть (поднять) вверх рычаг. После этого полки беспрепятственно под действием пружин 5 поднимаются в верхнее положение. Загрузка полок производится автоматически, начиная с нижней полки. После загрузки всех полок верхняя опускается вниз. При этом прилив на стержне, под действием прижимной пружины, выходит из корпуса и

опускается вниз. При этом прилив упирается в стенку корпуса, фиксируя тем самым горизонтальное положение полок.» [15]

Одним из аналогов будет являться устройство для транспортирования агрегатов по авторскому свидетельству № 757362, рисунок 2.

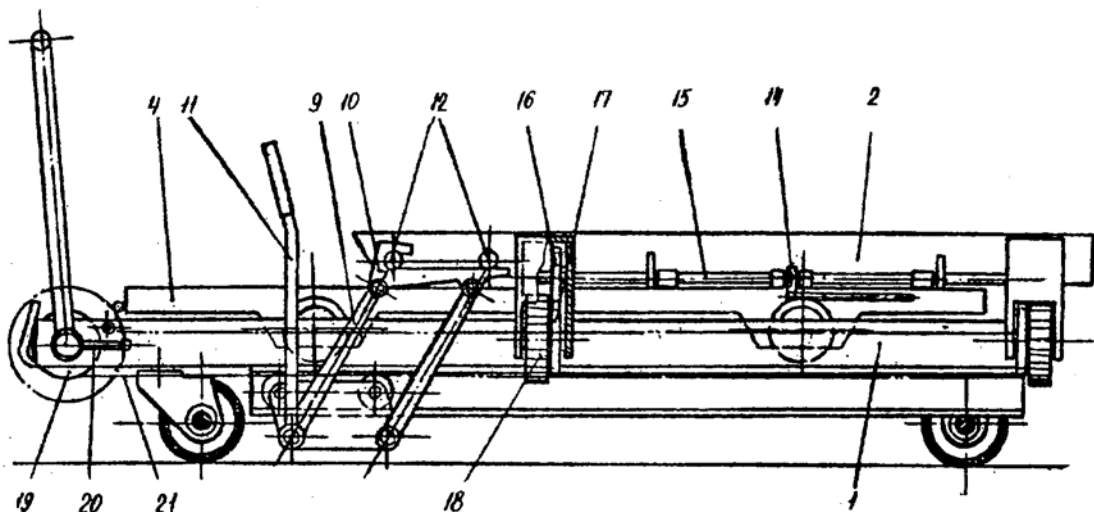


Рисунок 2 – Устройство для транспортирования агрегатов по авторскому свидетельству № 757362

«Устройство для транспортирования агрегатов содержит тележку 1, мостик 2 для перекрытия осмотровой канавы 3 и каретку 4. На платформе 5 тележки 1 и на мостике 2 имеются соответственно направляющие 6 и 7 для перемещения каретки 4.» [18]

На тележке на роликах 8 подвижно установлен захватный механизм, образованный двумя парами поворотных рычагов 9, расположенных с противоположных сторон тележки 1 и шарнирно соединенных с профилированными захватами 10. Захватный механизм с одной стороны имеет рукоятку 11, предназначенную для поворота рычагов 9 и перемещения всего захватного механизма вдоль тележки 1.

«Мостик 2 выполнен в виде дополнительной тележки, имеющей штыри 12, находящиеся в зацеплении с захватами 10 захватного механизма.

Дополнительная тележка может быть снабжена приводом для облегчения ее перемещения вдоль осмотровой канавы. Привод образован рычагом 13, храповым механизмом 14, валиком 15, ведущими шестернями 16 и ведомыми шестернями 17, соединенными с колесами 18 дополнительной тележки.

Для облегчения перемещения каретки 4 она может быть выполнена с приводом, содержащим барабан 19 с ручкой 20, закрепленный с возможностью вращения на тележке 1, и трос 21, запасованный так, чтобы привод обеспечивал перемещение каретки в обоих направлениях.

Устройство для транспортирования агрегатов работает следующим образом.

Тележку 1 с размещенными на ней мостиком 2 и кареткой 4 перекачивают к транспортному средству, установленному на осмотровой канаве 3 и размещают тележку напротив требующего замены агрегата.

При необходимости, например при замене колесного моста, соответствующий конец транспортного средства вывешивают над осмотровой канавой имеющимся над ней грузоподъемным устройством.» [14]

При замене некоторых агрегатов, например промежуточного моста автомобилей, требующих перемещения вдоль осмотровой канавы для расцепления соответствующих крепежных элементов или вывода некоторых деталей заменяемых агрегатов из зацепления с другими агрегатами транспортного средства, тележку 1 после установки этих агрегатов на размещенную на мостике каретку расцепляют с мостиком и последний, выполненный в виде дополнительной тележки, перекачивают на необходимое расстояние вдоль осмотровой канавы, пользуясь для облегчения работы приводом. Тележку 1 снова стыкуют и сцепляют с мостиком и далее цикл повторяется.

Другим аналогом конструкции будет являться тележка для транспортировки агрегатов по авторскому свидетельству № 582127, рисунок 3.

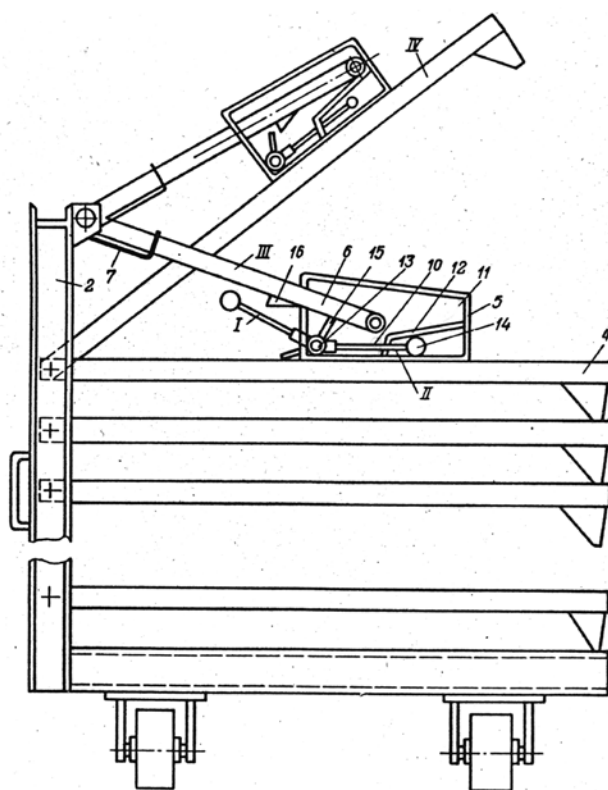


Рисунок 3 – Тележка для транспортировки агрегатов по авторскому свидетельству №582127

«Тележка для перевозки и хранения штучных грузов содержит раму 1 со стойками 2 и колесами 3, подвижные подпружиненные полки 4, закрепленные на стойках 2 посредством полуосей (не показано), фиксатор, состоящий из упора 5, закрепленного на верхней полке Г-образного рычага 6 и пружин 7. Тележка имеет рукоятки 8 для ручного транспортирования и проушину 9 для подсоединения к транспортному средству. Упор 5 имеет два гнезда 10 и 11, с поверхностями которых взаимодействует рычаг 6 в верхнем и нижнем положении полок, и наклонную поверхность 12, по которой рычаг 6 скользит при опускании верхней полки. В гнезде 10 шарнирно установлена опора 13 для рычага, состоящая из рукоятки 14 и лапки 15. На рычаге 6 закреплен прилив 16.

При перемещении (транспортировании) тележки полки находятся в горизонтальном зафиксированном положении.» [14]

Еще один аналог, обнаруженный в процессе аналогов, это грузоподъемная тележка по авторскому свидетельству № 1638053, рисунок 4.

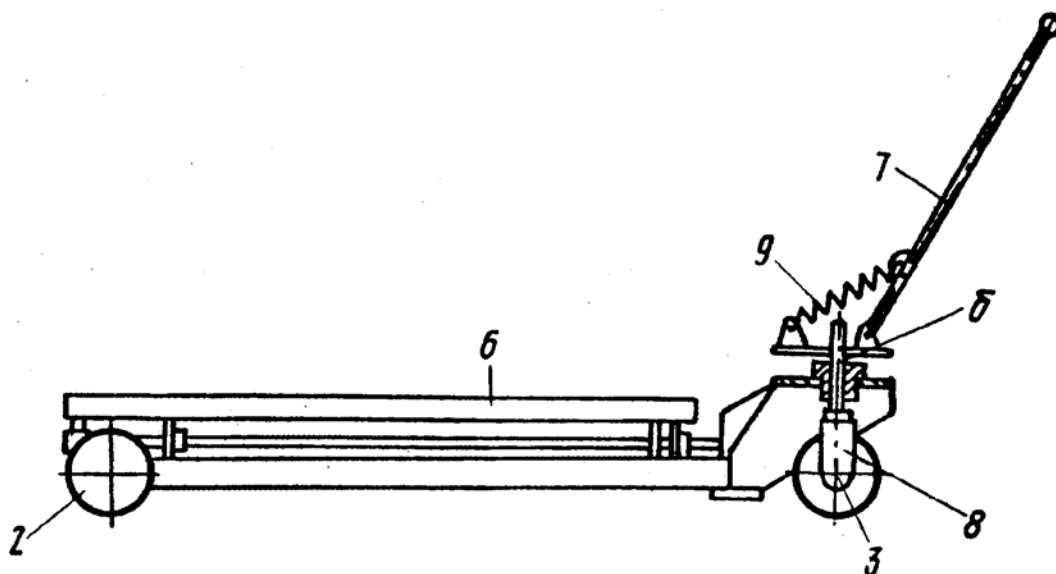


Рисунок 4 – Грузоподъемная тележка по авторскому свидетельству

№ 1638053

«Тележка имеет раму 1 с ходовыми колесами 2 и управляющим колесом 3. На раме 1 имеются упоры 4 с отверстиями а, через которые проходят скалки 5, закрепленные на грузонесущей платформе 6. В движение тележка приводится с помощью рукояти 7, закрепленной на оси б вилки 8, в которой закреплена ось колеса 3. Под действием пружины 9 рукоять в нерабочем положении тележки приводится в вертикальное положение. В смонтированных на раме 1 опорах 10 установлены с возможностью вращения вокруг собственных осей валы 11 и 12, на которых жестко закреплены кулачки 13 и звездочки 14, связанные друг с другом цепью 15. На валу 12, кроме того, установлено червячное колесо 16, находящееся в зацеплении с червяком 17, закрепленным на валу 18, смонтированном на раме 1. На валу 18 закреплено также храповое колесо 19 и с возможностью вращения на валу установлен рычаг 20 с педалью 21 и подпружиненной пружиной 22 собачкой 23. Кулачки 13 взаимодействуют с упорами 24, закрепленными на грузонесущей

платформе 6, Рычаг 20 пружиной 25 связан с рамой 1. Профиль кулачка 13 может быть выполнен на части окружности; минимального радиуса, соответствующей углу поворота кулачка на  $90^\circ$ , а сам кулачок в этом случае выполнен симметричным. Кулачок 13 может быть выполнен в виде двуплечего рычага 26 с жестко закрепленными на его концах пальцами 27, на которых установлены подшипники качения.» [14]

В результате проведённого обоснования необходимости анализа аналогов конструкции передвижного стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей установлено, что выполнение этапа позволило:

- выявить и систематизировать ключевые технические и эргономические решения, применяемые в существующих образцах;
- оценить преимущества и недостатки различных конструктивных схем по критериям грузоподъёмности, безопасности, мобильности и удобства эксплуатации;
- обосновать выбор оптимальных материалов и технологических приёмов при изготовлении каркаса, полок с откидывающимися ярусами и механизмов самоустанавливающихся колёс;
- снизить риски при внедрении собственного решения за счёт использования проверенных в промышленности практик и стандартных модификаций.

Таким образом, анализ аналогов является обязательным и эффективно обосновывает дальнейшую разработку передвижного стеллажа с грузоподъёмностью 500 кг и нагрузкой на полку до 100 кг. Полученные результаты позволяют сформировать техническое задание на проектирование и обеспечить конкурентоспособность готового изделия по показателям надёжности, эргономичности и экономичности.

### **3 Конструкции стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей**

#### **3.1 Техническое задание на разработку стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей**

Разработка конструкторской документации и изготовление опытного образца передвижного стеллажа для хранения аккумуляторных батарей, обеспечивающего безопасное, удобное и эффективное хранение с учетом специфики обращения с АКБ.

Стеллаж предназначен для хранения аккумуляторных батарей различных типов и размеров в условиях эксплуатации в помещении зарядки АКБ, с температурой и влажностью на участке в пределах +15...+30 °С, относительной влажностью  $\leq 75$  %. Покрытие пола: нескользкое, химически стойкое.

Технические требования к проектируемому стеллажу:

- общая грузоподъемность: 500 кг (равномерно распределенная нагрузка);
- грузоподъемность одной полки: 100 кг (равномерно распределенная нагрузка);
- количество полок: 5, регулируемых по высоте;

Материал изготовления стеллажа – конструкционная сталь, устойчивая к коррозии. Допускается использование полимерных покрытий для повышения коррозионной стойкости и улучшения внешнего вида.

Конструкция стеллажа – сварная, жесткая, с учетом равномерного распределения нагрузки. Наличие колес с фиксаторами для предотвращения самопроизвольного перемещения. Необходимо обеспечить устойчивость стеллажа при максимальной нагрузке.

Полки изготавливаются из перфорированного металла для обеспечения вентиляции. Края полок должны быть закруглены или обработаны для предотвращения повреждения батарей.

Конструкция должна исключать возможность опрокидывания стеллажа при максимальной нагрузке. Необходимо предусмотреть защиту от случайного падения батарей с полок (например, бортики). Температура окружающего воздуха от +15 °С до ...+30 °С, влажность не более 75%. Стеллаж должен иметь эстетичный внешний вид и соответствовать требованиям эргономики.

Документация на разрабатываемый стеллаж:

- техническое описание стеллажа;
- компоновочные чертежи;
- детальные чертежи всех узлов и деталей;
- спецификация материалов и комплектующих;
- технологический процесс изготовления;
- протокол испытаний на прочность и устойчивость;
- руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию.

Контроль качества должен осуществляться на всех этапах разработки и изготовления в соответствии с действующими стандартами и нормами. Необходимо предусмотреть входной контроль материалов и комплектующих, операционный контроль на этапах производства и приемочный контроль готового изделия.

Приемка работы будет производиться по акту, подписанному представителями заказчика и исполнителя, после успешного прохождения всех испытаний и проверки соответствия стеллажа требованиям данного технического задания.

Данное техническое задание является основой для разработки проекта и может быть уточнено и дополнено в процессе согласования с заказчиком.

### **3.2 Техническое предложение на разработку стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей**

Настоящее техническое предложение описывает разработку и изготовление передвижного стеллажа для хранения аккумуляторных батарей, предназначенного для использования в условиях эксплуатации в помещении зарядки АКБ, с температурой и влажностью на участке в пределах +15...+30 °С, относительной влажностью  $\leq 75$  %. Покрытие пола: нескользкое, химически стойкое. Стеллаж обеспечит безопасное и удобное хранение батарей, учитывая специфику их обращения.

Технические характеристики стеллажа:

- Общая грузоподъемность: 500 кг;
- Грузоподъемность одной полки: 100 кг;
- Количество полок: 5;

Материал изготовления стеллажа – конструкционная сталь, устойчивая к коррозии. с полимерным покрытием для защиты от коррозии]

Конструкция стеллажа – сварная, жесткая, с учетом равномерного распределения нагрузки. Колеса с фиксаторами для предотвращения самопроизвольного перемещения являются частью конструкции стеллажа.

Полки изготавливаются из перфорированного металла для обеспечения вентиляции. Края полок должны закруглены и обработаны для предотвращения повреждения батарей. Конструкция предусматривает элементы безопасности, такие как бортики на полках, защита от опрокидывания в виде фиксаторов.

Разработка стеллажа разбивается на следующие этапы разработки.

Проектирование. Разработка чертежей и технической документации стеллажа, включающей спецификацию материалов и компонентов. Утверждение проекта Заказчиком.

Изготовление. Изготовление стеллажа на основе утвержденной проектной документации. Контроль качества на всех этапах производства.

Аналогом конструкции будет являться тележка для транспортировки агрегатов по авторскому свидетельству № 582127, рисунок 5.

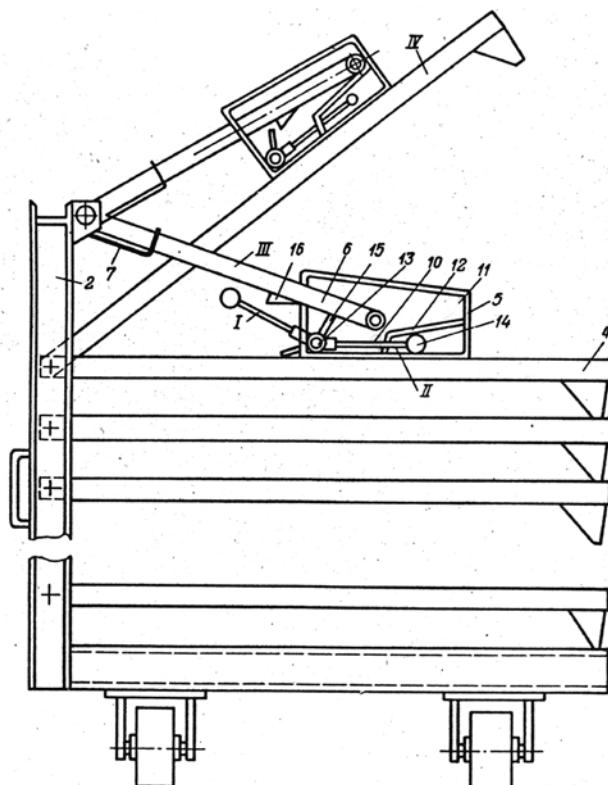


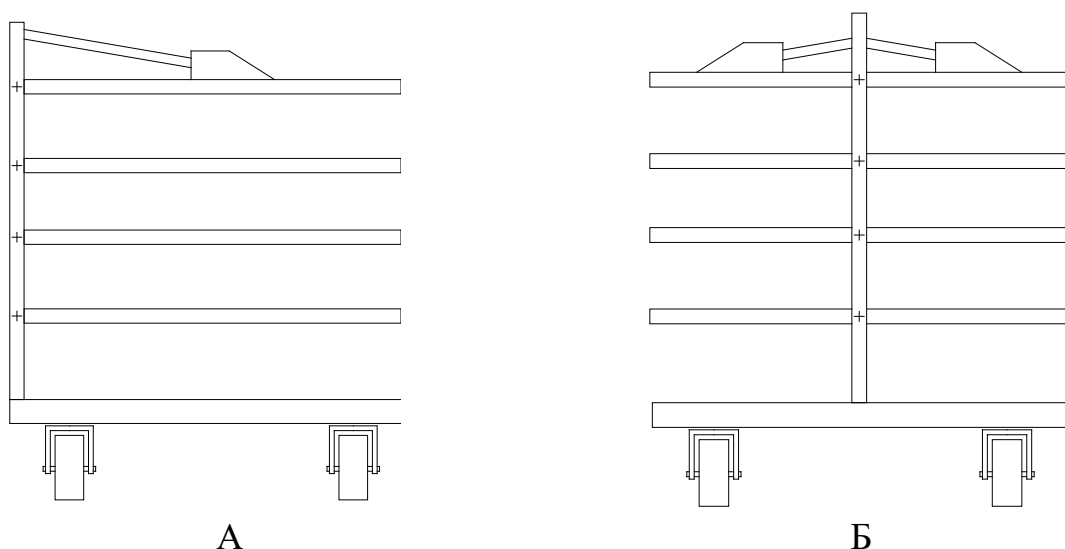
Рисунок 5 – Тележка для транспортировки агрегатов по авторскому  
свидетельству №582127

«Тележка для перевозки и хранения штучных грузов содержит раму 1 со стойками 2 и колесами 3, подвижные подпружиненные полки 4, закрепленные на стойках 2 посредством полуосей (не показано), фиксатор, состоящий из упора 5, закрепленного на верхней полке Г-образного рычага 6 и пружин 7. Тележка имеет рукоятки 8 для ручного транспортирования и проушину 9 для подсоединения к транспортному средству. Упор 5 имеет два гнезда 10 и 11, с поверхностями которых взаимодействует рычаг 6 в верхнем и нижнем

положении полок, и наклонную поверхность 12, по которой рычаг 6 скользит при опускании верхней полки. В гнезде 10 шарнирно установлена опора 13 для рычага, состоящая из рукоятки 14 и лапки 15. На рычаге 6 закреплен прилив 16.

При перемещении (транспортировании) тележки полки находятся в горизонтальном зафиксированном положении.» [14]

Исходя из сделанных выводов, рассмотрим возможные варианты компоновки изделия и проведем их анализ для выявления наиболее приемлемого варианта, рисунок 6.



А – первый вариант компоновки; Б – второй вариант компоновки

Рисунок 6 – Варианты компоновки изделия

Первый вариант компоновки представляет из себя конструкцию, представленную в описании изобретения. Грузовые полки выполняются консольно закрепленными. Преимуществом данной конструкции является возможность проведения погрузочных работ с одной стороны тележки, а также большую вместительность при одинаковых габаритных размерах. К недостаткам стоит отнести значительную величину выноса полки, что снижает жесткость конструкции.

Второй вариант компоновки предполагает выполнение полок меньшей длины, но закрепленных на центральной стойке. Преимуществом данной конструкции являются меньшая длина выноса полок, что позволит сделать их конструкцию более жесткой, а также возможность более полно использовать площадь полок. К недостаткам стоит отнести меньшую величину загрузки, а также необходимость проведения погрузочных работ с разных сторон, что вызывает некоторые затруднения.

Окончательно принимается первый вариант компоновки.

«На рисунке 7 изображена кинематическая схема изделия с указанными на ней наиболее характерными для данного изделия разрезами. Рассмотрим каждый из них отдельно с проведением анализа, для выявления наилучшего для каждого вариантов компоновки.» [5]

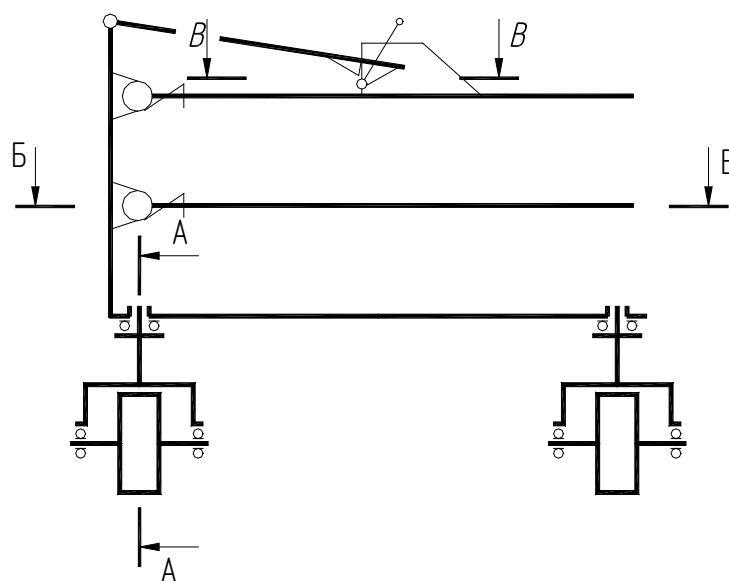
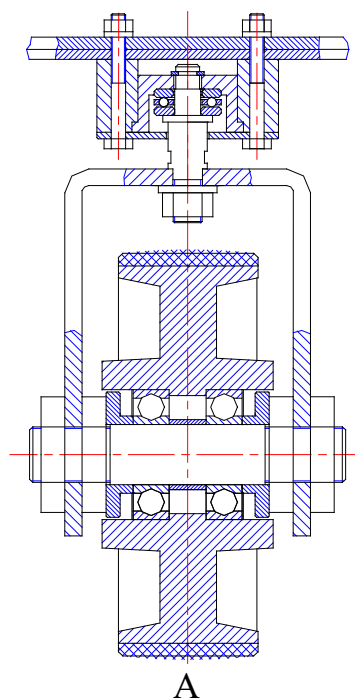


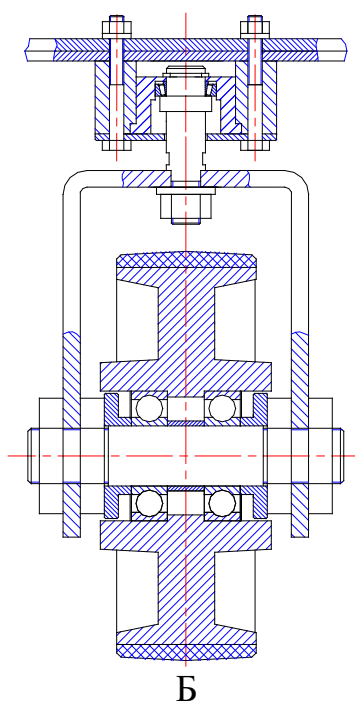
Рисунок 7 – Кинематическая схема тележки.

Рассмотрим предложенные к проработке разрезы, с целью определения наиболее приемлемой компоновки.

На разрезе А-А представлено управляемое колесо, рисунок 8.



А



Б

А – первый вариант компоновки; Б – второй вариант компоновки

Рисунок 8 – Варианты компоновки управляемого колеса

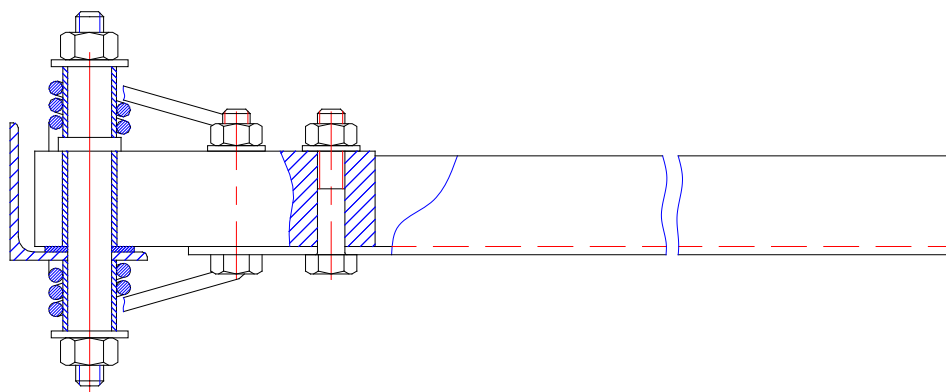
Первый вариант компоновки предполагает использование в конструкции упорного подшипника, что позволит колесу воспринимать

значительные нагрузки в процессе эксплуатации, но потребует применения вставной втулки, чтобы избежать перекоса при движении.

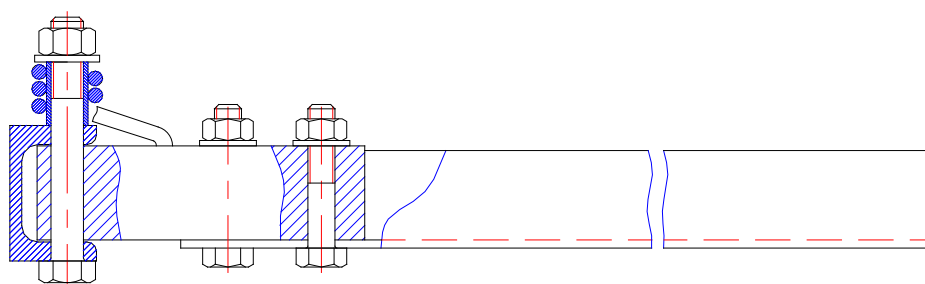
Второй вариант компоновки предполагает применение упорно-радиального подшипника, что позволит обойтись без втулок, при незначительном увеличении габаритов узла.

Окончательно принимаем второй вариант компоновки.

На разрезе Б-Б представлены варианты исполнения крепежа полки, рисунок 9.



А



Б

А – первый вариант компоновки; Б – второй вариант компоновки

Рисунок 9 – Варианты компоновки крепления полки

Первый вариант компоновки предполагает изготовление пружины симметрично относительно поворачиваемой полки, при этом ось пружины является одновременно осью, вокруг которой происходит поворот полки, данное решение позволяет изготавливать пружину из проволоки меньшего диаметра. Однако данный вариант компоновки предполагает изготовление оси сложной формы, кроме того, симметричные пружины создают ряд проблем при монтаже.

Второй вариант компоновки предполагает применение в конструкции асимметричной пружины. Применение такого конструкционного решения позволит произвести закрепление полки в швеллере, а также снизить общие габариты узла. Кроме того, данное исполнение позволит снизить временные затраты при монтаже.

Окончательно применяем второй вариант компоновки узла.

На разрезе В-В представлен механизм стопорения, рисунок 10.

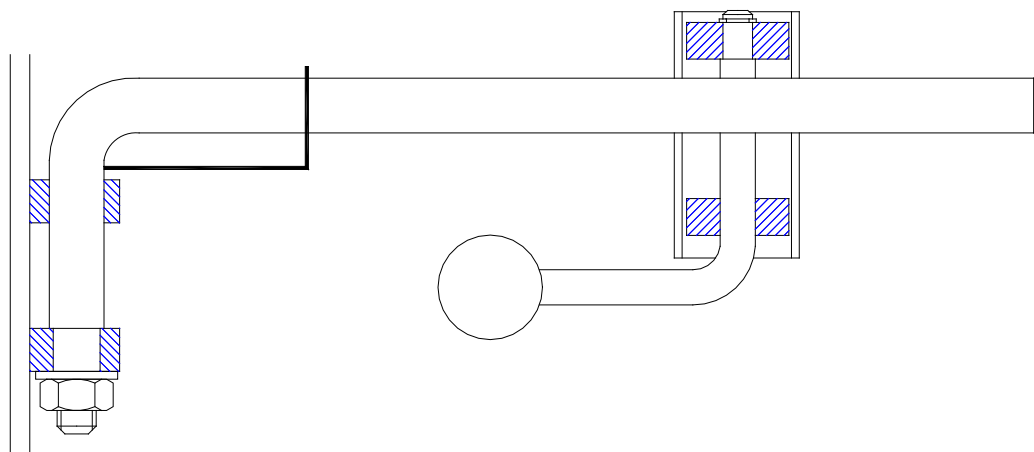


Рисунок 10 – Механизм стопорения полки

На данном виде представлен вариант конструкции, при котором разблокирование стопора осуществляется при помощи рычага, осуществляющее подъем стержня, который стопорится посредством зуба, направленного в обратную сторону по отношению к ориентации зуба, по

конструкции, представленной на конструкции в авторском свидетельстве. Направляющие представляются как отрезок швеллера, с выполненным в нем пазом.

### **3.3 Расчет сил, действующих на механизм в процессе эксплуатации**

«Расчет производится исходя из того, что тележка рассчитана на перемещение грузов массой до 450 кг, при этом масса самой тележки должна приблизительно составить 100 кг. Произведем расчет усилия оператора при перемещении тележки.

Расчет производится по формуле:

$$Fr = f_k \cdot (Q + G) \cdot \cos \beta + (Q + G) \cdot \sin \beta \quad (2)$$

где  $f_k = 0,0185$  – коэффициент трения качения

$\cos \beta$  - уклон дорожного полотна,  $\beta = 1,5^\circ$

$Q$  – вес перемещаемых контейнеров,  $Q = 4500 \text{ Н}$

$G$  – вес тележки,  $G = 1000 \text{ Н}$ » [20]

$$Fr = 0,0185 \cdot (4500 + 1000) \cdot 0,9997 + (4500 + 1000) \cdot 0,0262 = 245,8 \text{ Н}$$

Произведем расчет усилия, необходимого для подъема полки с учетом усилия оператора при опускании полки 50 Н, заложенные в требованиях эргономики. Предполагается использование при подъеме пружин кручения. Полку предполагается изготавливать из сваренных уголков 25 х 25 х 3, покрытие из просеченного листа, ячейка 20 мм, сообразно с предполагаемыми габаритными размерами можно произвести расчет веса полки, габаритные размеры 2000 х 1000.

Масса погонного метра уголка – 1,12 кг; масса всего уголка

$$m = 6 \cdot 1,12 = 6,72 \text{ кг}$$

Масса квадратного метра просеченного листа  $s = 2 \text{ мм}$  – 6,24 кг; масса покрытия:

$$m = 2 \cdot 6,24 = 12,48 \text{ кг}$$

Суммарная масса одной полки 18,72 кг, принимаем для расчета массу полки 19 кг.

Предполагается использование в конструкции пары пружин, таким образом необходимый крутящий момент на каждой из пружин будет рассчитан из условия:

$$M_{\text{кр}} = ((19 + 5) / 2) \cdot 0,5 = 6 \text{ кгс} \cdot \text{м} = 6000 \text{ кгс} \cdot \text{мм}$$

«Рама тележки воспринимает нагрузку от веса груза. Произведем расчет нагрузки на швеллер рамы, исходя из условия, что на каждый из швеллеров приходится нагрузка от половины веса груза и от веса полок. Расчетная схема представлена на рисунке 11.» [5]

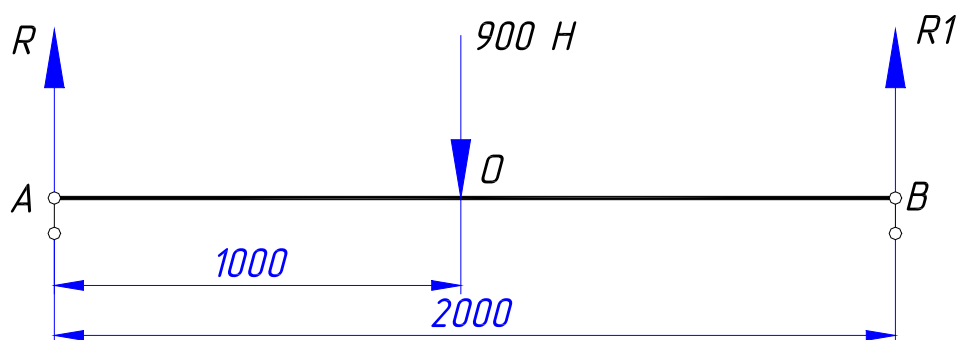


Рисунок 11 – Расчетная схема нагружения швеллера рамы

«Для определения величины реакции в опорах и составления эпюры изгибающих моментов, составим систему уравнения относительно каждой из точек опоры. Так как сила, приходится на середину уголка рамы, реакция на каждой из опор будет составлять половину всей нагрузки, т.е. 450 Н, рисунок 12.» [10]

Составим эпюру изгибающих моментов для швеллера рамы.

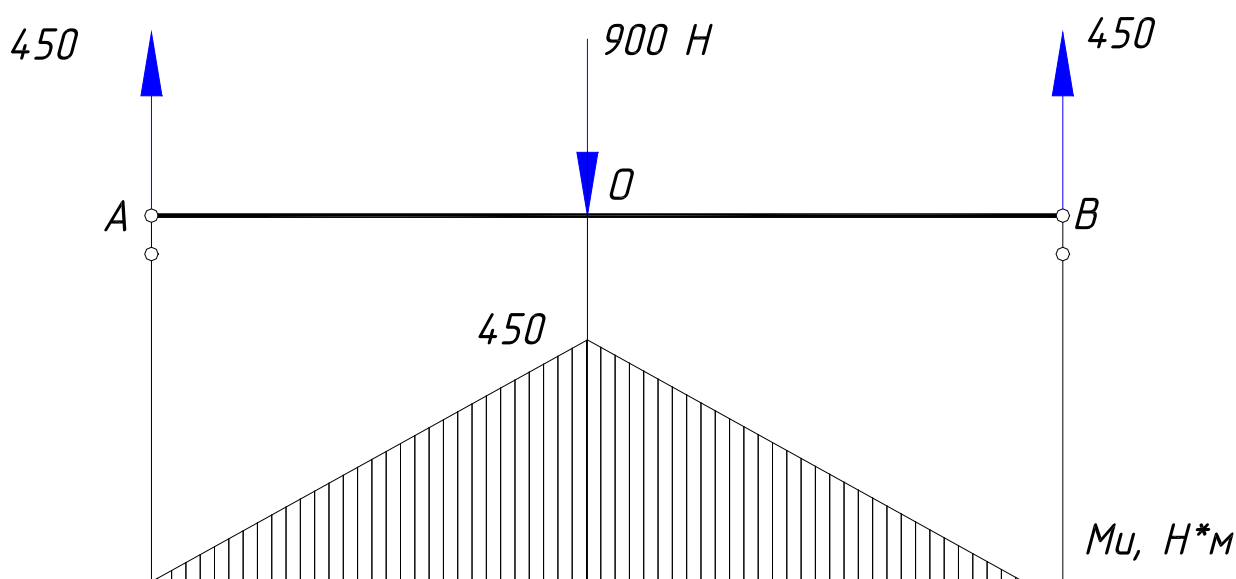


Рисунок 12 Эпюра изгибающих моментов рамы тележки.

Расчет элементов конструкции произведем с расчета пружины кручения. При расчете пружины кручения в качестве исходных данных принимают наибольший крутящий момент (кгс·мм) и наибольший угол закручивания (град.). Из проведенных расчетов имеем  $M_{пр} = 714,3 \text{ Н·м}$ ,  $\alpha = 90^\circ$ ; пружина 1 класса, разряда 3.

Допускаемое напряжение на изгиб в кгс/мм<sup>2</sup>  $[\sigma] = 80 \text{ кгс/мм}^2$

Принимаем индекс пружины  $s = 6$ , коэффициент формы сечения и кривизны витка рассчитываем по формуле:

$$K = \frac{4 * c - 1}{4 * c - 4} \quad (3)$$

$$K = \frac{4 * 6 - 1}{4 * 6 - 4} = 1,2$$

Определим диаметр проволоки

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * M_{кр} * K}{\pi * [\sigma]}} \quad (4)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 * 6000 * 1,2}{3,14 * 80}} = 9,7$$

Нормальное напряжение при Мкр, т.е. проверочный расчет на прочность:

$$\sigma_2 = \frac{32 * M * K}{\pi * d^3} \quad (5)$$

$$\sigma_2 = \frac{32 * 6000 * 1,2}{3,14 * 10^3} = 73,5 \text{ кгс/мм}^2$$

Определим число рабочих витков:

$$n = \frac{100 * K * \alpha}{1,8 * c * [\sigma]} \quad (6)$$

$$n = 12,5$$

Предельный угол закручивания:

$$\alpha_3 = \alpha * 1,25 = 90 * 1,25 = 112,5^\circ$$

Зазор между витками:

$$\delta = 0,1 \div 0,5 \text{ мм}, \delta = 0,2 \text{ мм}$$

Шаг пружины:

$$t = d + \delta, t = 10 + 0,2 = 10,2$$

Высота пружины по формуле:

$$H_o = n \cdot t = 12,5 \cdot 10,2 = 127,5 \text{ мм}$$

В результате проведенных в конструкторском разделе работ по разработке передвижного стеллажа для хранения аккумуляторных батарей, с учетом технического задания и технического предложения, а также выполненного прочностного расчета элементов конструкции, получены следующие выводы.

Разработана конструкция передвижного стеллажа, удовлетворяющая требованиям технического задания, обеспечивающая безопасное и удобное хранение аккумуляторных батарей с общей нагрузкой до 500 кг и нагрузкой на одну полку до 100 кг. Количество полок составляет 5, с возможностью регулировки высоты.

Проведенный прочностной расчет подтвердил достаточную прочность и жесткость всех элементов конструкции стеллажа при максимальных расчетных нагрузках. Результаты расчетов обеспечивают запас прочности с учетом возможных динамических нагрузок при эксплуатации. Выбран оптимальный материал конструкции и обоснован выбор, с учетом прочности, коррозионной стойкости и стоимости.

Разработана конструкторская документация, включающая чертежи общего вида, сборочные чертежи, деталировки и спецификацию материалов,

достаточная для изготовления стеллажа. Документация соответствует требованиям ЕСКД и представлена на листах графической части выпускной квалификационной работы.

Предложенная конструкция стеллажа обеспечивает удобство использования и обслуживания, включая легкость доступа к хранящимся батареям и удобство регулировки высоты полок. Учитывая результаты прочностных расчетов и анализа конструкции, разработанный стеллаж является надежным, безопасным и экономически целесообразным решением для хранения аккумуляторных батарей. В целом, конструкторский раздел выполнен в полном объеме, и разработанная конструкция стеллажа может быть использована для изготовления и последующих испытаний.

## **4 Технологический процесс ремонта аккумуляторной батареи гибридного автомобиля**

### **4.1 Условия работы аккумуляторной батареи**

Ниже приведено описание основных эксплуатационных условий аккумуляторной батареи (АКБ) гибридного автомобиля, которые важно учесть при разработке технологии её ремонта.

В гибридном автотранспорте чаще используются либо никель-металлогидридные (Ni-MH), либо литий-ионные (Li-ion) аккумуляторы, собранные в модули по 5–20 элементов. Конфигурация высоковольтной шины: 200–300 В (Ni-MH) или 200–400 В (Li-ion). Характеристики одного блока (шины) аккумуляторов следующие:

- диапазон напряжений одной ячейки: Ni-MH: 1,2–1,4 В при заряде; Li-ion: 3,0–4,2 В;
- totalная емкость пакета: 1–2 кВт·ч (для классических параллельно-последовательных гибридных схем);
- токи заряда/разряда: до 5–10 С (импульсы рекуперации при торможении) и 0,2–0,5 С при обычном циклическом разряде;
- пределы State of Charge (SoC): в узком диапазоне (20–80 % для Li-ion, 30–60 % для Ni-MH) для долговечности;
- рабочая температура при эксплуатации: от –20 °С до +50 °С (короткие пиковые нагрузки и рекуперация), оптимальный диапазон для заряд-разрядных циклов: +10...+35 °С;
- система терморегуляции: воздушное или жидкостное принудительное охлаждение модулей.

Механические и вибрационные нагрузки:

- вибрации автодорожного типа: 5–25 Гц (малые амплитуды) и до 100–200 Гц (локальные резонансы);

- поперечные и продольные удары при наезде на неровности: до 5–10 g;
- влажность: часто до 90 % при внешней температуре +25 °С;
- запылённость и химически агрессивные пары (соляные аэрозоли, выхлопные газы);
- степень защиты корпуса модулей: не ниже IP5X–IP6X;

Циклический режим и ресурс батареи:

- количество циклов до 80 % остаточной ёмкости: Ni–MH: 2 000–3 000 циклов, Li-ion: 1 000–2 000 циклов;
- средняя глубина разряда (DoD): 30–50 % для продления ресурса.

При работе с аккумуляторными батареями, предъявляются следующие требования к электробезопасности и к обслуживающему персоналу:

- наличие ВВЛ (высокого вольтажа до 400 В);
- средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, обувь, инструменты с изоляцией до 1 000 В);
- стационарные или переносные заземляющие устройства для отключённых пакетов.

Основными технологическими операциями, производимыми на участке ремонта аккумуляторных батарей, будут являться следующие операции:

- диагностика состояния, включающая измерение внутреннего сопротивления, ёмкости, визуальный и УЗ-контроль герметичности;
- разборка/сборка модулей в термокамере при контроле влажности и температуры;
- восстановление контактных групп, включающая ультразвуковую сварку или пайку с последующей проверкой качества соединения;
- балансировка и тестовый цикл «заряд–разряд» на стенде с симуляцией пиковых нагрузок и режимов рекуперации;
- обеспечение безопасного хранения снятых модулей: < 30 % SoC и температура +15...+25 °С.

Учет всех перечисленных условий позволит спроектировать технологический процесс ремонта, гарантирующий безопасность персонала, сохранение эксплуатационных характеристик и продление ресурса батарей гибридных автомобилей.

#### **4.2 Технологический процесс ремонта аккумуляторной батареи**

В разделе приводится типовой порядок работ при ремонте высоковольтного (HV) аккумуляторного блока гибридного автомобиля, на примере батареи с никель-металлогидридными или литий-ионными элементами.

Обеспечение техники безопасности проведения работ:

- Надеть средства индивидуальной защиты (диэлектрические перчатки, защитные очки);
- Отключить систему низкого напряжения (– АКБ 12 В) и обесточить высоковольтную систему по регламенту производителя;
- Убедиться в отсутствии остаточного напряжения.

Снятие батарейного блока с автомобиля:

- сбросить клеммы «–» 12 В АКБ;
- демонтировать декоративные накладки и защитную крышку моторного отсека (или багажника);
- отключить высоковольтные коннекторы (HV+) и заземление;
- отвинтить крепёжные болты опор батарейного блока, аккуратно вынуть блок на стенд.

Вскрытие и предварительная диагностика аккумуляторной батареи:

- снятие внешнего корпуса батареи;
- визуальный осмотр элементов на предмет повреждений, коррозии, течи электролита (NiMH) или вздутий ячеек (Li-ion);
- проверка целостности сигнальных шин BMS и надёжности контактов;

Тестирование отдельных модулей (ячейковых блоков):

- измерение напряжения каждой ячейки/модуля, при отклонении более чем на 100–200 мВ по сравнению с соседями ячейка считается неисправной;
- измерение внутреннего сопротивления (метод LCR-метром или специализированным зарядно-разрядным тестером);
- определение ёмкости модулей: разряд током 0,2 С до определённого напряжения, сравнение с заводской характеристикой;

Ремонт и замена модулей

- удаление неисправных/изношенных ячеек;
- подбор и подготовка заменяемых элементов с идентичными характеристиками (модель, ёмкость, внутреннее сопротивление, температура эксплуатации);
- соединение новых ячеек гибкими никелевыми шинами с использованием контактной сварки (spot-welder). Всё соединение должно соответствовать оригинальному дизайну, без холодных или «перегретых» точек сварки;
- проверка целостности всех соединений и шунтов BMS тестером.

Сборка и балансировка

- установка модулей в корпус, закрепление защёлок/болтов, протяжка по нужному моменту;
- подключение всех термодатчиков, шин BMS и высоковольтных проводов;
- первичная зарядка пакета малым током (C/10–C/20) до среднего напряжения для выравнивания.

Балансировочный цикл для батареи гибридного автомобиля состоит из следующих операций:

- разрядка до минимального рабочего напряжения;
- зарядка до максимального рабочего напряжения с балансировкой каждого модуля до одинакового уровня.

Итоговая проверка и установка на автомобиль:

- подключение блока к стенду-симулятору BMS/ECU, проверка ошибок, протоколов CAN, реакции на нагрузки;
- сброс диагностических кодов в ЭБУ гибридной системы;
- установка батарейного блока на автомобиль в обратном порядке снятия;
- проверка системы гибридного привода на низком и высоком напряжении: тест-драйв, оценка динамики заряда/разряда.

Конкретные моменты (напряжения балансировки, токи тестирования, моменты затяжки) зависят от модели гибрида и регламентированных процедур производителя. Технологическая карта, сформированная на основе описанного технологического процесса, приводится на листе графической части выпускной квалификационной работы.

В результате выполнения раздела, сделаны следующие выводы.

Проведён анализ состава и конструкции аккумуляторной батареи гибридного автомобиля, что позволило выявить наиболее типовые дефекты (сульфатация, коррозия контактов, деградация отдельных элементов). Разработан алгоритм технической диагностики батареи, включающий визуальный осмотр, измерение электрических параметров каждого модуля и оценку состояния элементов с помощью импульсного тестирования. Определены основные этапы технологического процесса ремонта: разборка модуля, очистка и дегазация, замена или восстановление дефектных элементов, проверка контактов и термоуправляющих систем, повторная сборка и финальное тестирование. Выбраны и обоснованы методы подготовки и обработки компонентов: ультразвуковая очистка охлаждающих каналов, лазерная сварка токопроводящих шлейфов, формирующая зарядка для восстановления ёмкостных и циклических характеристик. Разработаны технологические операции и маршрутная карта с нормативами времени, трудоёмкости и расхода материалов, что обеспечивает системный подход и повторяемость результатов.

Обеспечены требования техники безопасности и экологической защищённости: локальная вытяжная вентиляция при работе с электролитом, утилизация отработанных элементов по нормативам, заземление ремонтного оборудования. Проведён экономический расчёт: внедрение предлагаемого процесса обеспечивает сокращение затрат на ремонт в среднем на 25 % и продление срока службы батарей на 30–40 %, что окупает инвестиции в новое оборудование за 1,5–2 года.

Рекомендовано внедрить систему регулярного мониторинга состояния батареи с использованием встроенных датчиков и ПО для раннего выявления деградации и оптимизации интервалов технического обслуживания. Предложены направления дальнейших исследований: автоматизация контроля параметров модулей, разработка методик быстрого «полевого» восстановления, совершенствование процессов термостабилизации при циклировании.

## **5 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта**

### **5.1 Описание участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта**

Описание участка обслуживания аккумуляторных батарей гибридного автотранспорта включает перечень технологических операций, организацию рабочего пространства и принципы взаимодействия специалиста с оборудованием. Основная цель участка – обеспечить надёжность, безопасную эксплуатацию и максимальный ресурс зарядно-разрядного устройства высоковольтных аккумуляторных батарей (АКБ). Для достижения цели участка, осуществляется комплекс связанных технологических операций, которые условно можно разделить на следующие группы.

- Приёмка и входной контроль АКБ, поступающих на участок;
- Диагностика и оценка состояния АКБ, поступающих на участок;
- Техническое обслуживание и профилактика АКБ, поступающих на участок;
- Зарядно-разрядные испытания АКБ, поступающих на участок;
- Ремонт и замена модулей АКБ, поступающих на участок;
- Завершающий контроль и оформление результатов;
- Санитарно-экологические и меры безопасности на участке включают следующие мероприятия, направленные на повышение уровня безопасности производимых работ.

Рациональная компоновка оборудования (стеллажи для модулей, зарядные станции, диагностические стенды) и чёткий регламент операций позволяют минимизировать время простоя и повысить надёжность батарейных систем гибридных автомобилей.

## 5.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на участке обслуживания аккумуляторных батарей

К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 3.

Таблица 3 – Расходные материалы участка

| Наименование материалов              | Используемое количество | Цена за единицу, руб | Сумма, руб |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------------|------------|
| Прокат стальной в ассортименте, кг   | 7500                    | 75                   | 562 500    |
| Металл листовой в ассортименте       | 7500                    | 73                   | 547 500    |
| Вода технологическая, м <sup>3</sup> | 1200                    | 5,0                  | 6 000      |
| Мастика, кг                          | 25                      | 1750                 | 43 750     |
| Крепеж в ассортименте                | 25                      | 250                  | 6 250      |
| Модули аккумуляторов                 | 400                     | 650                  | 260 000    |
| Обтирочный материал, кг              | 75                      | 50                   | 3 750      |
| Прочее                               | -                       | -                    | 15 000     |
| ИТОГО                                |                         |                      | 1 723 100  |

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot \Pi_M^i \quad (7)$$

где  $V_M^m$  – используемое количество  $m$ -ного вида материала, ед.;

$\Pi_M^m$  – цена за единицу  $m$ -ного вида материала, руб.

### 5.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на участке обслуживания аккумуляторных батарей

Расчет амортизационных отчислений на участке производится для учета износа оборудования, используемого в процессе сборки. Амортизация отражает постепенное перенесение стоимости основных средств на себестоимость выпускаемой продукции. Существует несколько методов расчета амортизации, и выбор конкретного метода зависит от учетной политики предприятия. В нашем случае будет применен линейный метод, как наиболее простой метод, при котором годовая сумма амортизации рассчитывается путем деления первоначальной стоимости на срок полезного использования.

«Срок полезного использования устанавливается для каждого объекта основных средств индивидуально, исходя из ожидаемого срока его эксплуатации, с учетом физического и морального износа. Срок полезного использования определяется в соответствии с Классификацией основных средств, включаемых в амортизационные группы.» [9]

Для расчета общей суммы амортизационных отчислений на сборочном участке необходимо рассчитать амортизацию для каждого объекта основных средств, используемого на участке, и затем суммировать полученные значения.

Расчет амортизационных отчислений на оборудование участка приводится в таблице 4.

Таблица 4 – Амортизационные отчисления участка

| Наименование оборудования       | Марка | Стоимость, руб | Число единиц оборудования | Норма отчислений, % | Отчисления, руб |
|---------------------------------|-------|----------------|---------------------------|---------------------|-----------------|
| Стенд контроля тормозных систем | МАНА  | 3 500 000      | 1                         | 14,3                | 2 002 000       |

Продолжение таблицы 7

|                                                                                                                       |                                                                                         |           |   |      |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|---|------|-----------|
| Мощностной стенд (тяговых качеств)                                                                                    | JET BD-11G                                                                              | 3 700 000 | 1 | 10,5 | 388 500   |
| Прибор контроля суммарного люфта в сочленениях рулевого управления                                                    | VISPR·M FVV-210 38301300                                                                | 2 800 000 | 1 | 10,5 | 294 000   |
| Прибор для проверки внешних световых приборов                                                                         | 2M112                                                                                   | 275 000   | 1 | 14,3 | 39 325    |
| Газоанализатор-дымомер                                                                                                | ПГ-10000                                                                                | 75 000    | 1 | 14,3 | 10 725    |
| Стенд контроля амортизаторов                                                                                          | 75-256                                                                                  | 150 000   | 1 | 10,0 | 15 000    |
| Универсальный прибор для проверки тахографов, спидометров, тахометров, таксометров, часов.                            | Aurora PR·INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet                                              | 95 000    | 2 | 10,0 | 19 000    |
| Комплекс компьютерной диагностики двигателя с комплектом накладных датчиков для топливопроводов Ø 4,5 мм, 6 мм и 7 мм | б/н                                                                                     | 125 000   | 2 | 8,0  | 20 000    |
| Устройство для проверки углов установки передних колес                                                                | Сорокин                                                                                 | 25 000    | 8 | 14,5 | 29 000    |
| Устройство вывода выхлопных газов                                                                                     | Грас·                                                                                   | 35 000    | 1 | 10,0 | 3 500     |
| Подъемник двухстоечный                                                                                                | Сорокин                                                                                 | 650 000   | 1 | 15,0 | 97 500    |
| ИТОГО                                                                                                                 |                                                                                         |           |   |      | 2 918 550 |
| Амортизация площади участка                                                                                           | $A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * Н_{а}}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$ |           |   |      | 60 000    |
| ИТОГО                                                                                                                 |                                                                                         |           |   |      | 2 978 550 |

Важно учитывать, что в зависимости от выбранного метода начисления амортизации и учетной политики предприятия, расчет может отличаться.

Необходимо руководствоваться действующим законодательством и внутренними положениями организации.

#### **5.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке обслуживания аккумуляторных батарей**

Расчет затрат на электроэнергию на участке включает в себя несколько этапов и зависит от потребляемой мощности оборудования, режима его работы и тарифов на электроэнергию. В процессе передачи и распределения электроэнергии возникают потери. Величина потерь зависит от состояния электросети и может составлять от 5% до 15%. Для расчета затрат необходимо учесть эти потери, умножив суммарное потребление электроэнергии на коэффициент потерь.

Стоимость электроэнергии рассчитывается исходя из установленных тарифов. Тарифы могут быть дифференцированными в зависимости от времени суток, дня недели и объема потребления.

Расчет затрат на электроэнергию рассчитывается по формуле

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (8)$$

где  $M_i$  – потребляемая электрическая мощность единицы оборудования, кВт;

$T_{\text{маш}}^i$  – годовой фонд машинного времени работы оборудования, ч;

« $K_{\text{од}}$  – коэффициент одновременной работы электродвигателей;

$K_{\text{м}}$  – коэффициент загрузки двигателей по мощности;

$K_{\text{в}}$  – коэффициент загрузки двигателей по времени;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент потерь в сети;

$\text{Ц}_{\text{э}}$  – цена за электроэнергию, руб/кВт;

КПД – электрический КПД единицы оборудования» [9]

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 5.

Таблица 5 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

| Наименование оборудования                                                                  | Марка                                      | Мощность, кВт | Число единиц оборудования | КПД  | Сумма, руб |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------|---------------------------|------|------------|
| Стенд контроля тормозных систем                                                            | ПЛ-350                                     | 2,0           | 1                         | 0,8  | 3 325,14   |
| Мощностной стенд (тяговых качеств)                                                         | PRN-320                                    | 3,5           | 1                         | 0,8  | 5 819,00   |
| Прибор контроля суммарного люфта в сочленениях рулевого управления                         | JET BD-11G                                 | 7,5           | 1                         | 0,7  | 14 250,60  |
| Прибор для проверки внешних световых приборов                                              | VISPR·M FVV-210 38301300                   | 5,5           | 1                         | 0,7  | 10 450,44  |
| Газоанализатор-дымомер                                                                     | 2M112                                      | 1,2           | 1                         | 0,65 | 2 455,49   |
| Стенд контроля амортизаторов                                                               | ПГ-10000                                   | 0,5           | 1                         | 0,8  | 831,29     |
| Универсальный прибор для проверки тахографов, спидометров, тахометров, таксометров, часов. | 75-256                                     | 0,75          | 1                         | 0,8  | 1 246,93   |
| Устройство для проверки углов установки передних колес                                     | Aurjra PR·INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mjsfet | 6,5           | 2                         | 0,7  | 24 701,04  |
| Устройство вывода выхлопных газов                                                          | Grac·                                      | 0,5           | 1                         | 0,85 | 782,39     |
| Подъемник двухстоечный                                                                     | Сорокин                                    | 4,5           | 1                         | 0,85 | 7 041,47   |
| ИТОГО                                                                                      |                                            |               |                           |      | 70 903,77  |

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{ce} = \frac{M_{ce} \cdot n \cdot T \cdot K_{od} \cdot K_e \cdot K_n \cdot \Pi_3}{\eta} \quad (9)$$

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{0,25 \cdot 65 \cdot 2440 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,04 \cdot 4,5}{0,8} = 111337,2$$

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{л} + \mathcal{E}_{св} \quad (10)$$

$$\mathcal{E} = 70\,903,77 + 111\,337,2 = 182\,240,97 \text{ руб}$$

Для более точного расчета затрат на электроэнергию рекомендуется использовать данные счетчиков электроэнергии. При планировании бюджета следует учитывать возможное изменение тарифов на электроэнергию. Внедрение энергосберегающих технологий может помочь снизить затраты на электроэнергию.

Выполненный расчет демонстрирует базовые навыки калькуляции издержек, в реальных условиях могут быть дополнительные факторы, которые необходимо учитывать. Для получения более точной информации следует обратиться к специалистам по энергетике.

## 5.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

Расчет затрат на заработную плату рабочих на участке включает несколько составляющих и зависит от системы оплаты труда, количества рабочих, их квалификации и других факторов. Основная заработная плата рассчитывается путем умножения тарифной ставки на количество отработанных часов.

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования.

После вычета налогов и отчислений заработная плата снижается. В среднем, налоговые вычеты составляют около 13% от заработной платы. Расчет заработной платы на сборочном участке – это сложный и ответственный процесс, который должен быть выполнен в соответствии с законодательством. Правильный расчет позволяет обеспечить справедливую оплату труда работников и сохранить высокую мотивацию на рабочем месте.» [18]

Расчет заработной платы персонала приводится в таблице 6.

Таблица 6 – Расчет заработной платы персонала на участке

| Вид персонала                | Численность персонала, чел | Часовая тарифная ставка, руб | Годовой фонд рабочего времени, чел/час | Сумма, руб    |
|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------------------|---------------|
| Слесарь-механик 5-го разряда | 12                         | 350                          | 1840                                   | 9 660 000,00  |
| Мастер участка               | 2                          | 470                          | 1840                                   | 2 162 000,00  |
| ИТОГО                        |                            |                              |                                        | 11 725 700,00 |

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$\text{Дзп} = \text{Озп} \cdot \text{Кд} / 100, \quad (11)$$

где «Кд - коэффициент отчислений на дополнительную заработную плату, Кд = 8%.» [18]

$$\text{Дзп} = 11\,725\,700,00 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«Важным фактором при расчете заработной платы является учет налогов и отчислений. К ним относятся налог на доходы физических лиц и страховые взносы в Пенсионный фонд и Фонд обязательного медицинского страхования. Расчет затрат на страхование приводится в формуле.» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (12)$$

где « $K_{\text{соц}}$  – норма отчислений на страховые взносы,  $K_{\text{соц}} = 0,3$ .» [18]

$$O_{\text{ФМС}} = (22\,625\,700 + 1\,810\,056) \cdot 0,3 = 7\,330\,726,8 \text{ руб}$$

Затраты на оплату труда определяются как сумма затрат на основную, дополнительную зарплату и затраты на страховые взносы.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (13)$$

$$O_{\text{т}} = 22\,625\,700 + 1\,810\,056 + 7\,330\,726,8 = 31\,766\,482,8 \text{ руб}$$

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 7.

Таблица 7 – Затраты на участке диагностики

| Наименование статьи затрат         | Сумма     | Доля затрат, % |
|------------------------------------|-----------|----------------|
| Расходные материалы участка        | 1 723 100 | 3,30           |
| Амортизационные отчисления участка | 2 978 550 | 5,71           |

Продолжение таблицы 7

|                                                    |               |       |
|----------------------------------------------------|---------------|-------|
| Общие расходы на электроэнергию                    | 182 240,97    | 0,35  |
| Затраты на оплату труда                            | 31 766 482,8  | 60,91 |
| Расходы на административно-управленческий персонал | 15 500 000    | 29,72 |
| ИТОГО                                              | 49 171 823,77 | 100   |

Стоимость нормо-часа рассчитывается по формуле 10.

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (14)$$

где « $C_{\text{общ}}$  – сумма общих затрат на участке, руб

$T_{\text{уч}}$  – фонд рабочего времени составит для участка сборки, чел-ч,» [18]

$$НЧ = 49\,171\,823,77 / 57\,500 = 855,16 \text{ руб}$$

В экономическом разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой испытательного участка. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта.

## **Заключение**

В условиях стремительного роста парка гибридных и электрических автомобилей обслуживание аккумуляторных батарей выходит на первый план как ключевой фактор надежности, безопасности и экологической чистоты транспортных средств. Специализированный участок обслуживания позволяет не только продлить срок службы аккумуляторов, но и снизить затраты на их эксплуатацию, минимизировать риск аварийных ситуаций, связанных с некорректным ремонтом или утилизацией. При этом комплексный подход к проектированию такого участка – от выбора технологического процесса до организации рабочего пространства и обеспечения мер промышленной безопасности – остаётся недостаточно разработанным в отечественной практике.

В результате проведённых расчётов участка ремонта аккумуляторных батарей были достигнуты следующие результаты в рамках поставленных задач на выполнение ВКР.

Подбор оборудования выполнен с учётом технологического нормирования, типов ремонтируемых АКБ и объёма работ. Предложенные стенды, подъёмники и вспомогательные устройства обеспечивают требуемую пропускную способность и надёжность эксплуатации, что позволит минимизировать простои и повысить качество обслуживания. Численность производственного персонала рассчитана на основе нормативов времени на операции и планового выпуска работ. Полученные значения отвечают требованиям оптимизации затрат на оплату труда и гарантируют соблюдение установленных сроков ремонта АКБ без излишнего штата.

Площадь участка определена с учётом эргономики рабочих мест, проходов для обслуживания оборудования и складских зон. Достаточный запас площади обеспечит удобство технологии ремонта, соблюдение норм безопасности и возможность оперативного расширения при увеличении объёма работ.

В результате проведённого обоснования необходимости анализа аналогов конструкции передвижного стеллажа для хранения и зарядки аккумуляторных батарей установлено, что выполнение этапа позволило:

- выявить и систематизировать ключевые технические и эргономические решения, применяемые в существующих образцах;
- оценить преимущества и недостатки различных конструктивных схем по критериям грузоподъёмности, безопасности, мобильности и удобства эксплуатации;
- обосновать выбор оптимальных материалов и технологических приёмов при изготовлении каркаса, полок с откидывающимися ярусами и механизмов самоустанавливающихся колёс;
- снизить риски при внедрении собственного решения за счёт использования проверенных в промышленности практик и стандартных модификаций.

Таким образом, анализ аналогов является обязательным и эффективно обосновывает дальнейшую разработку передвижного стеллажа с грузоподъёмностью 500 кг и нагрузкой на полку до 100 кг. Полученные результаты позволяют сформировать техническое задание на проектирование и обеспечить конкурентоспособность готового изделия по показателям надёжности, эргономичности и экономичности.

В результате выполнения технологического раздела, сделаны следующие выводы. Проведён анализ состава и конструкции аккумуляторной батареи гибридного автомобиля, что позволило выявить наиболее типовые дефекты (сульфатация, коррозия контактов, деградация отдельных элементов). Разработан алгоритм технической диагностики батареи, включающий визуальный осмотр, измерение электрических параметров каждого модуля и оценку состояния элементов с помощью импульсного тестирования. Определены основные этапы технологического процесса ремонта: разборка модуля, очистка и дегазация, замена или восстановление дефектных элементов, проверка контактов и термоуправляющих систем,

повторная сборка и финальное тестирование. Выбраны и обоснованы методы подготовки и обработки компонентов: ультразвуковая очистка охлаждающих каналов, лазерная сварка токопроводящих шлейфов, формирующая зарядка для восстановления ёмкостных и циклических характеристик. Разработаны технологические операции и маршрутная карта с нормативами времени, трудоёмкости и расхода материалов, что обеспечивает системный подход и повторяемость результатов.

Рекомендовано внедрить систему регулярного мониторинга состояния батареи с использованием встроенных датчиков и ПО для раннего выявления деградации и оптимизации интервалов технического обслуживания. Предложены направления дальнейших исследований: автоматизация контроля параметров модулей, разработка методик быстрого «полевого» восстановления, совершенствование процессов термостабилизации при циклировании. В экономическом разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке испытаний в рамках предсерийной подготовки производственного процесса с целью обоснования экономической эффективности проекта. Расчет себестоимости нормо-часа выполнен калькуляционным методом с учетом всех статей затрат, связанных с работой испытательного участка. Основными статьями затрат являются заработная плата основных производственных рабочих (60,91%), отчисления на социальные нужды (15%), расходы на административно-управленческий персонал (29,72%) и амортизационные отчисления участка (5,71%). Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. В результате расчетов определена себестоимость нормо-часа на участке сборки, которая составила 855,16 рублей. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией рабочих. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Беломестных, В. А. Ремонт транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования : учебное пособие / В. А. Беломестных, А. И. Аносова, С. В. Агафонов. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2022. — 192 с.
2. Волков, В. С. Конструкция автомобиля : учебное пособие / В. С. Волков. — Воронеж : ВГЛТУ, 2020. — 188 с.
3. Головин, С. Ф. Технический сервис транспортных машин и оборудования [Электронный ресурс] : учеб. пособие / С. Ф. Головин. - Москва : ИНФРА-М, 2020. - 282 с. - (Высшее образование. Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011135-3
4. Демин, Н.П. Организация процесса диагностики при проведении операций технического обслуживания. – М.: Транспорт, 2017.
5. Казыбаев, О.А. Проектирование узлов машин и оснастки : учеб. пособие для студентов техн. спец. вузов / О.А Казыбаев, О. П. Иванов. - Астана : Техника, 2020. - 447 с. : ил.
6. Кибанов, А. Я. Проектирование функциональных взаимосвязей структурных подразделений производственного объединения (предприятия) [Электронный ресурс] / А. Я. Кибанов, Т. А. Родкина. - М. : МИУ им. С. Орджоникидзе, 2021
7. Коханов, В. Н. Безопасность жизнедеятельности : учебник / В.Н. Коханов, В.М. Емельянов, П.А. Некрасов. — М. : ИНФРА-М, 2022. — 400 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-100439-5.
8. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2022. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.
9. Основы конструкции и содержания автомобиля. История создания. Классификация и общая конструкция. Двигатель внутреннего сгорания : учебное пособие / А. П. Болштянский, В. Е. Щерба, Е. А. Лысенко, А. С.

Тегжанов. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2023 — Книга 1 — 2023. — 292 с. — ISBN 978-5-9729-1408-1.

10. Основы технического проектирования предприятий автомобильного транспорта. Под ред. М.М. Началова.- Минск.: Адукацыя і выхаванне, 2022.

11. Пантелеева, Е. В. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. В. Пантелеева, Д. В. Альжев. — Москва : ФЛИНТА, 2013. — 286 с. - ISBN 978-5-9765-1727-1.

12. Петин, Ю. П. Технологическое проектирование предприятий автомобильного транспорта : учебно-методическое пособие / Ю. П. Петин, Г. В. Мураткин, Е. Е. Андреева. — Тольятти : ТГУ, 2013. — 103 с.

13. Проектирование предприятий автомобильного транспорта : учебно-методическое пособие / составитель М. С. Льянов. — Владикавказ : Горский ГАУ, 2023. — 160 с.

14. Радин, Ю. А. Справочное пособие авторемонтника / Ю. А. Радин, Л. М. Сабуров, Н. И. Малов. - Москва : Транспорт, 2023. - 285 с. : ил. - Библиогр.: с. 277. - Предм. указ.: с. 278-278. - ISBN 5-277-00094-1 : 28-80.

15. Савич, Е. Л. Организация сервисного обслуживания легковых автомобилей [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Е. Л. Савич, М. М. Болбас, А. С. Сай ; под ред. Е. Л. Савич. - Минск : Новое знание, 2017 ; Москва : ИНФРА-М , 2017. - 160 с. : ил. - (Высшее образование). - ISBN 978-5-16-005681-4.

16. Тахтамышев, Х.М. Основы технологического расчета автотранспортных предприятий: Учебное пособие / Тахтамышев Х.М., - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2019

17. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: учебник / В. М. Власов [и др.] ; под ред. В. М. Власова. - Гриф МО. - Москва : Academia, 2003. - 477 с. : ил. - (Среднее профессиональное образование). - Библиогр.: с. 473. - Прил.: с. 421-472. - ISBN 5-7595-1150-8 : 191-82.

18.Федотов, Е. С. Системы, технологии и организация услуг автомобильного сервиса : учебное пособие / Е. С. Федотов, П. А. Поляков. — Краснодар : КубГТУ, 2023. — 299 с. — ISBN 978-5-8333-1246-9.

19.Халтурин Д.В., Испытание автомобилей и тракторов : практикум / Д.В. Халтурин, Н.И. Финченко, А.В. Давыдов - Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2017. - 172 с. (Серия "Учебники ТГАСУ") - ISBN 978-5-93057-791-4 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930577914>

20.Чернова, Е. В. Детали машин : проектирование станочного и промышленного оборудования : учеб. пособие для вузов / Е. В. Чернова. - Москва : Машиностроение, 2021. - 605 с.

21.Якунин Н.Н., Эксплуатация автомобильного транспорта : учебное пособие / Якунин Н.Н., Якунина Н.В. - Оренбург: ОГУ, 2020. - 220 с. - ISBN 978-5-7410-1748-7

22.Denton, Tom Automobile Mechanical and Electrical Systems: 2nd Edition / Tom Denton: Routledge, 2017 – 378p. - ISBN 9780415725781

23.Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2021.— 350 с.

24.G. A. Einicke, Smoothing, Filtering and Prediction: Estimating the Past, Present and Future (2nd ed.), Prime Publishing, 2019

25.Milliken, W. F. Race Car Vehicle Dynamics / Premiere Series / R: Society of Automotive Engineers, Том 146 / W. F. Milliken, D. L. Milliken : SAE International, 1995. – 890 p. [8], [9], [10]. – ISBN 1560915269, 9781560915263.

26.Singh, H. Rewat The Automobile: Textbook for Students of Motor Vehicle Mechanics / H. Rewat Singh: S Chand & Co Ltd, 2004 - 532 p.