

**ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса**

Направление 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических
машин и комплексов

Профиль Автомобили и автомобильное хозяйство

Кафедра Эксплуатация и ремонт машин

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

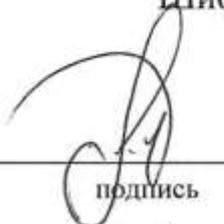
на соискание квалификации (степени) «бакалавр»

Тема: Проект пункта технического обслуживания грузовых автомобилей с
разработкой установки для демонтажа колес

Шифр ВКР.230303.426.21

Студент

272-094ч.


подпись

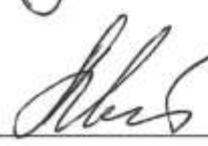
Бикчантаев И.И.

Ф.И.О.

Руководитель

доцент

ученое звание


подпись

Матяшин А.В.

Ф.И.О.

Обсужден на заседании кафедры и допущен к защите

(протокол № 10 от 09.03. 2021 г.)

Зав. кафедрой

профессор

ученое звание


подпись

Адигамов Н.Р.

Ф.И.О.

Казань – 2021 г.

ФГБОУ ВО Казанский государственный аграрный университет
Институт механизации и технического сервиса

Направление 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

Профиль Автомобили и автомобильное хозяйство

Кафедра Эксплуатация машин и оборудования

Зав. кафедрой  / _____ /
«19» 02 2021 г. «УТВЕРЖДАЮ»

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту Бикчантаеву Ч.Ч.
Тема ВКР Проект пункта технического обслуживания грузовых автомобилей с работной установкой ремонтная кабина

утверждена приказом по вузу от « » 21.02. 2021 г. № 53

1. Срок сдачи студентом законченной ВКР 7.03.2021
2. Исходные данные 1) Технико-технологическая карта - расчёт
2) Задача на ВКР
3. Перечень подлежащих разработке вопросов
1. Анализ существующего вопроса
2. Технологические расчёты
3. Конструктивные расчёты
4. Безопасность жизнедеятельности
5. Охрана окружающей среды
6. Экономические расчёты

4. Перечень графических материалов _____

1. Филм ПТФ
2. Сводные вопросы
3. Сборочные чертежи
4. Рабочие чертежи
5. Технико-экономические показатели.

5. Консультанты по ВКР

Раздел (подраздел)	Консультант
Безопасность при эксплуатации.	доц. Тарзиев АН
Технологические расчеты	доц. Сафиуллин ЧН

6. Дата выдачи задания 20.02.2021

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

п/п	Наименование этапов ВКР	Срок выполнения	Примечание
1.	Обзор по курс. вопросу	1.02.2021	по плану
2	Технологические расчеты.	10.02.2021	по плану
3	Конструктивные расчеты.	20.02.2021	по плану
4	Безопасность при эксплуатации	25.02.2021	по плану
5	Технологические расчеты	3.03.2021	по плану
6	Оформление работы	7.03.2021	по плану

Студент Биккаитов И. Ч (подпись)

Руководитель ВКР Матвеев А. В (подпись)

АННОТАЦИЯ

К выпускной квалификационной работе Бикчантаева И.И. на тему «Проект пункта технического обслуживания грузовых автомобилей, с разработкой установки для демонтажа колес».

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки на ___ листах машинописного текста и графической части на 5 листах формата А1.

Записка состоит из введения, четырех разделов, выводов и включает ___ рисунков, ___ таблицы. Список используемой литературы содержит ___ наименований.

В первом разделе рассмотрены общие вопросы организации технического обслуживания и ремонта автомобилей, приводится описание технологического процесса технического обслуживания и ремонта узлов и агрегатов автомобилей, в частности, ходовой части. Проведен обзор конструкции оборудования, применяемое при ремонте шин колес грузовых автомобилей.

Во втором разделе посвящен технологическому расчету технического обслуживания и ремонта автомобилей, приведены требования безопасности при выполнении работ по ТО и ремонту и основные требования по охране окружающей среды.

произведен анализ установок по демонтажу колес, разработаны мероприятия по улучшению окружающей среды, мероприятия по улучшению условий охраны труда.

В третьем разделе произведен анализ установок по демонтажу колес, на основе которого сконструирована предлагаемая установка. Выполнены основные конструктивные расчеты, приведены требования безопасности при эксплуатации установки.

В четвертом разделе приведены расчеты по обоснованию экономической эффективности предлагаемой установки.

Записка завершается выводами и предложениями для производства.

ANNOTATION

To the final qualifying work of Bikchantaeva I. I. on the topic "Project of the point of maintenance of trucks, with the development of an installation for dismantling wheels".

The final qualification work consists of an explanatory note on ___ sheets of typewritten text and a graphic part on 5 sheets of A1 format.

The note consists of an introduction, four sections, conclusions and includes ___ figures, ___ tables. The list of used literature contains ___ names.

The first section deals with general issues of the organization of maintenance and repair of cars, describes the technological process of maintenance and repair of components and assemblies of cars, in particular, the chassis. The review of the design of the equipment used in the repair of tires of wheels of trucks is carried out.

The second section is devoted to the technological calculation of car maintenance and repair, the safety requirements for performing maintenance and repair work and the main requirements for environmental protection are given.

the analysis of installations for dismantling wheels was carried out, measures were developed to improve the environment, measures to improve labor protection conditions.

In the third section, an analysis of the wheel dismantling installations is made, on the basis of which the proposed installation is designed. The basic design calculations are carried out, the safety requirements for the operation of the installation are given.

The fourth section provides calculations to justify the economic efficiency of the proposed installation.

The note concludes with conclusions and suggestions for production.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	
1.1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА	
1.1 Основы обеспечения работоспособности автомобильного транспорта	
1.2 Технология технического обслуживания ходовой части автомобилей	
1.3 Оборудование для диагностики и технического обслуживания ходовой части автомобиля	
1.4 Обзор конструкций технических средств для нанесения антикоррозионных материалов.....	
1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы	
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	
2.1. Описание технологии технического обслуживания автомобилей.....	
2.2 Техническое обслуживание ходовой части грузового автомобиля ...	
2.3 Технологический расчет производственной программы технических обслуживаний автомобилей	
2.3.1 Расчет коэффициента технической готовности автомобилей	
2.3.2 Расчет годового пробега по нормам автомобилей	
2.3.3 Определение количества видов обслуживания за год	
2.4 Охрана труда при ТО и ремонте автомобилей	
2.4.1 Общие требования безопасности при ТО и ремонте автомобилей..	
2.4.2 Организация режима труда и отдыха обслуживающего персонала..	
2.4.3 Пожарная безопасность при ТО и ремонте автомобилей.....	
2.5 Охрана окружающей среды при ТО и ремонте автомобилей	
3.КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗРАБОТКА.....	
3.1 Обоснование темы конструкторской разработки	
3.2. Обзор существующих аналогов разрабатываемой установки	
3.3 Назначение и описание предлагаемой установки	
3.4 Конструктивные расчёты.....	

3.4.1	Расчёт сварного соединения кронштейна с ползуном.....
3.4.2	Проверочный расчет оси опорных роликов рамы
3.4.3	Расчёт оси роликовых захватов
3.5.	Основные требования безопасности при эксплуатации установки для демонтажа колес.....
4	ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ.....
4.1	Расчёт массы и стоимости установки.....
3.4.2	Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение.....
	ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....
	СПЕЦИФИКАЦИИ.....

ВВЕДЕНИЕ

В Российской Федерации объем рынка новых грузовых автомобилей в 2020 году составил 74,8 тыс. единиц, что на 7,3% меньше, чем в 2019 году. Но несмотря на это автомобильный транспорт остается наиболее используемым видом транспорта для перевозки различных грузов и пассажиров.

На сегодняшний день в России насчитывается более 3,78 млн. грузовых автомобилей, более 409 тыс. автобусов. При этом средний срок эксплуатации грузовых автомобилей составляет 21,2 года, автобусов – 16,5 года, а около 65% всех грузовых автомобилей и около 45% всех автобусов в стране имеют срок эксплуатации более 15 лет. Таким образом, вопрос обеспечения исправного и работоспособного состояния автомобильного транспорта все еще является актуальной.

Для обеспечения бесперебойного и эффективного функционирования автомобильного транспорта необходимо своевременно производить техническое обслуживание и регламентные ремонтные работы. От технического состояния автотранспорта зависит безопасность движения, экологическая безопасность и экономическая эффективность его эксплуатации.

В настоящее время техническое обслуживание и ремонт автомобилей проводится в специализированных заводах и предприятиях, станциях технического обслуживания, небольших автосервисах, а также в ремонтных мастерских предприятий эксплуатирующих автотранспорт. Необходимо отметить, что они имеют разный уровень технического оснащения, разную квалификацию обслуживающего персонала и могут быть специализированы на выполнение всего комплекса работ по техническому обслуживанию и ремонту машин или на выполнение определенного перечня работ (например, кузовной ремонт, ремонт двигателей, коробок передач, шиномонтажные мастерские и другие).

Затраты на техническую эксплуатацию автомобильного транспорта составляют довольно большую часть себестоимости производимой продукции или оказываемых услуг любого предприятия. При выборе формы организации технической эксплуатации автомобильного транспорта необходимо исходить от состава и количества автомобильного парка, наличия материально-технической базы и эффективности той или иной формы.

Таким образом, данная работа связана с изучением особенностей технической эксплуатации автомобильного транспорта и разработкой мероприятий, направленных на поддержание его работоспособного состояния.

1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

1.1 Основы обеспечения работоспособности автомобильного транспорта

В процессе эксплуатации любой техники происходит изменение ее технического состояния, что может привести к частичной или полной потере работоспособности. Основными способами обеспечения работоспособности техники является техническое обслуживание и ремонт.

Техническое обслуживание (ТО) направлено на поддержание работоспособного состояния техники путем проведения комплекса операций, которые выполняются для автомобилей через определенный пробег. В зависимости от количества и содержания операции, а также периодичности для автомобилей выполняются следующие виды ТО:

- ежедневное обслуживание (ЕО) – проводится общий осмотр автомобиля, определяются дефекты отдельных элементов, проверяется работоспособность тормозной системы, рулевого управления, систем освещения и сигнализации;

- техническое обслуживание №1 (ТО-1) – проводятся множество операции по контролю уровня технических жидкостей, регулировочные, смазочные работы, а также операции по проверки общего технического состояния автомобиля;

- техническое обслуживание №2 (ТО-2) – проводятся операции ТО-1, а также операции по замене рабочих жидкостей (например, замена моторного масла), проверка технического состояния тормозной системы, рулевого управления, систем освещения и сигнализации;

- сезонное техническое обслуживание (СТО) – проводят операции, направленные на подготовку автомобиля к эксплуатации при переходе другому климатическому сезону.

Ремонт направлен на восстановление работоспособности путем устранения неисправностей. Для автомобилей предусмотрен выполнение текущего и капитального ремонтов.

Текущий ремонт автомобилей выполняется по необходимости, т.е. при появлении признаков неисправностей, которые могут быть выявлены в ходе эксплуатации и при проведении технического обслуживания.

Капитальный ремонт проводится для восстановления ресурса отдельных агрегатов или автомобиля в целом.

1.2 Технология технического обслуживания ходовой части автомобилей

При проведении ТО автомобиля необходимо уделять особое внимание проверки технического состояния ходовой части, от которого зависит безопасность движения, удобство и эффективность управления автомобилем. Неисправности и отказы элементов ходовой части автомобиля составляют около 15% от их общего количества. Неисправности элементов ходовой части приводят к ухудшению управляемости, интенсивному износу шин колес, увеличению расхода топлива и другие.

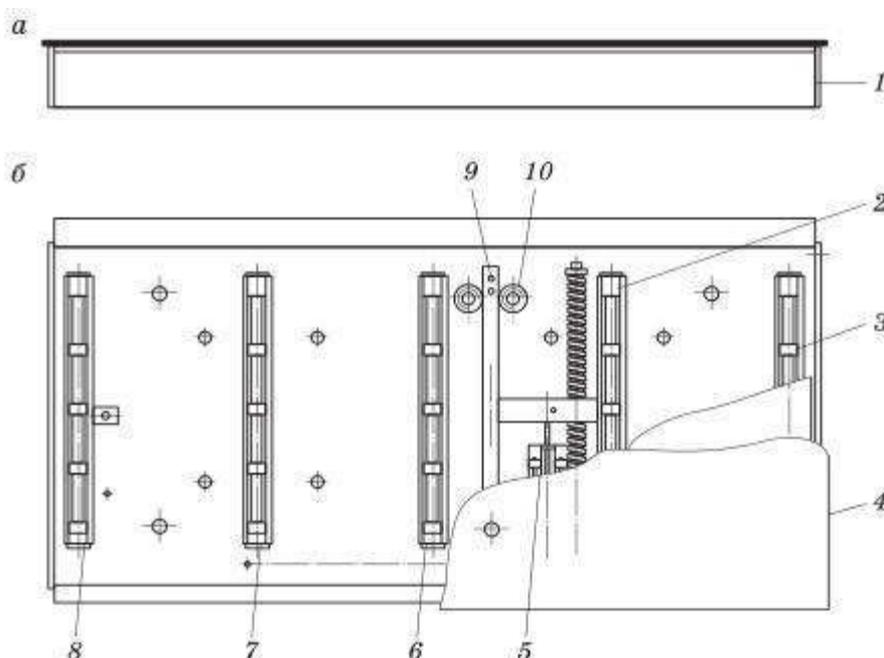
Основными признаками неисправности ходовой части являются нехарактерный шум и вибрация при движении автомобиля, подтекание рабочей жидкости из амортизатора, увод автомобиля в стороны при движении и другие.

Для предупреждения появления неисправностей и их обнаружения проводятся диагностика и техническое обслуживание ходовой части. При ТО автомобиля проводятся следующие операции:

- проверка надежности крепления деталей подвески, мостов и колес;
- проверка состояния шин и давления воздуха в них;
- проверка состояния рессор, амортизаторов, углов установки управляемых колес и шкворней поворотных цапф;
- регулировка и смазка подшипников ступиц колес.

1.3 Оборудование для диагностики и технического обслуживания ходовой части автомобиля

1. Стенды для диагностики увода автомобиля. Конструктивно такие стенды выполнены в виде площадки, которая имеет возможность перемещаться в поперечном направлении (рисунок 1.1). Автомобиль передними колесами заезжает на площадку. При наличии нарушения углов установки передних колес автомобиля, то при проезде через площадку возникает поперечная сила, которая стремится сместить ее.



а — вид сбоку; б — вид сверху;

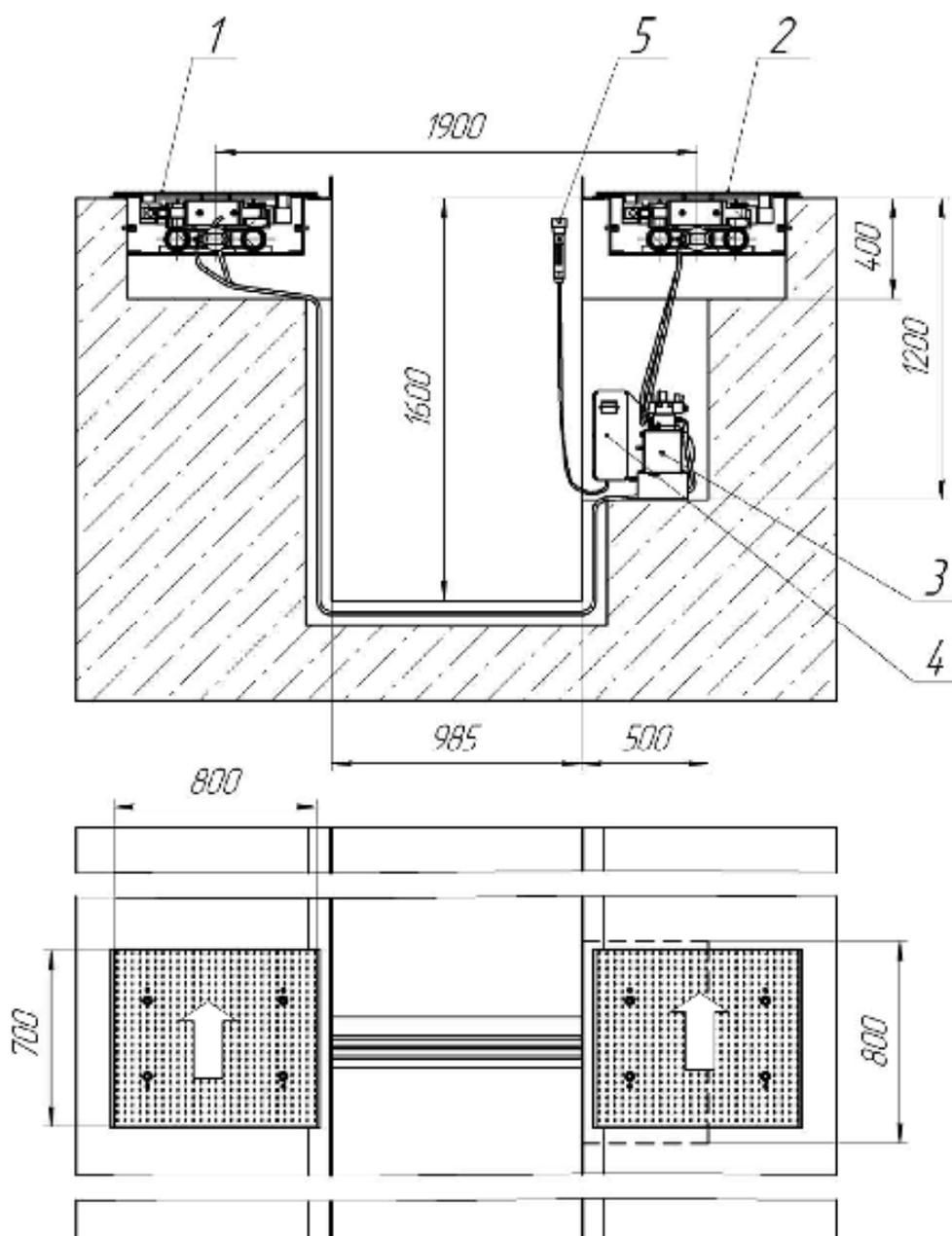
1 — короб; 2, 3, 6, 7, 8 — салазки; 4 — измерительная плита; 5 — измерительный датчик;
9 — устройство сдвига; 10 — направляющие

Рисунок 1.1 - Стенд Minc для экспресс-диагностики положения колес
фирмы МАХА

Стенд Minc фирмы МАХА позволяют автоматически записывать результаты измерений последовательно для переднего и заднего мостов. На экране монитора зеленым цветом отображаются положительные результаты проверки (увод колеса составляет 0.7 м/км), оранжевым цветом — удовлетворительное состояние в пределах 7.14 м/км, красным — неудовлетворительное, если увод составляет больше 14 м/км.

2. *Люфт-детекторы.* Предназначены для выявления люфтов в соединениях подвести и рулевого управления автомобиля.

Люфт-детектор ДГ 015 (рисунок 1.2) позволяет произвести визуальную и органолептическую оценку зазоров в подвеске и рулевом управлении грузовых автомобилей.



1 и 2 – площадки; 3 – гидростанция; 4 – электрошкаф;
5 – пульт дистанционного управления

Рисунок 1.2 - Люфт-детектор ДГ 015

Люфт-детектор может быть установлен как на автомобильный подъемник, так и на осмотровую канаву.

3. Стенды для проверки состояния подвески автомобиля.

Стенд проверки подвески СПП-2500 выполнен в виде платформы, на которую установлены 2 площадки соединенные с эксцентриковым валом (рисунок 1.3).



Рисунок 1.3 – Внешний вид стенда СПП-2500

Стенд позволяет создавать вертикальные колебания, имитируя езду по неровной дороге, и оценивает состояние подвески по его способности гасить эти колебания. Принцип работы основан на измерении силы, с которой колесо автомобиля воздействует на платформу сначала при отсутствии колебаний, а затем при затухающихся колебаний. По результатам измерений на монитор компьютера выводится коэффициент давления колеса на площадку, который представляет собой отношение минимальной нагрузки во время колебаний к нагрузке на неподвижную платформу.

Таким образом, если коэффициент давления составляет более 45%, то — работоспособность подвески высокая, 25...45% — работоспособность подвески удовлетворительная (слабое гашение колебаний), менее 25% — работоспособность подвески не удовлетворительная (недостаточное гашение колебаний).

4. Оборудование для проверки и регулировки схождения передних колес автомобиля.

Линейка ПСК-ЛГ предназначен для проверки схождения передних колес как грузовых, так и легковых автомобилей (рисунок 1.4).



Рисунок 1.4 – Общий вид линейки ПСК-ЛГ предназначен для проверки схождения передних колес

Стенд сход развал КДС-5К Т предназначен для регулировки углов установки управляемых колёс грузовых автомобилей и автобусов, таких марок как КАМАЗ, ГАЗ, УАЗ, УРАЛ, МАЗ, ЛИАЗ, DAF, IVECO, MAN, MERCEDES-BENZ, VOLVO, ISUZU и другие (рисунок 1.5).



Рисунок 1.4 – Общий вид станда КДС-5К Т

Стенд Техно Вектор 7 предназначен для измерения и регулировки углов установки колес грузовых автомобилей (рисунок 1.5). Данный стенд может быть применяться в условиях автотранспортных предприятий, станций

технического обслуживания, автомобильных заводов и диагностических центров.



Рисунок 1.5 – Общий вид станда Техно Вектор 7

5. Оборудование для шиномонтажных работ.

Шиномонтажный участок лобового автотранспортного предприятия, станции технического обслуживания включает различное оборудование, например, шиномонтажный и балансировочный станды, вулканизатор, борторасширитель, подкатной домкрат, пневмогайковерт, поршневой компрессор и другое.

Выбор шиномонтажного станда зависит от диаметра дисков колес и мощности электродвигателя станда. Так, диаметр дисков колес грузового автомобиля, дорожно-строительной или сельскохозяйственной техники может достигать 42" и мощность электродвигателя станка в этом случае должен быть до 2 кВт.

Станок TS-26 (рисунок 1.6) предназначен для шиномонтажных работ колес грузового автомобиля, автобусов, троллейбусов и другой техники. Данный станок имеет вертикальное исполнение и оборудован гидроподъемником колеса.



Рисунок 1.6 – Общий вид шиномонтажного станка TS-26

Шиномонтажный станд ШМГ-1Н предназначен для демонтажа и монтажа шин колес автобусов, грузовых, дорожно-строительных, сельскохозяйственных машин и тракторов.

Станд ШМГ-1Н состоит из станины 4, на котором смонтированы рычаг 7 с устройством зажима 8 колеса, силовой шкаф 2, гидростанция 3 и каретка 5 с инструментом монтажа 6 (рисунок 1.7). Управление стандом осуществляется со стойки управления 1.

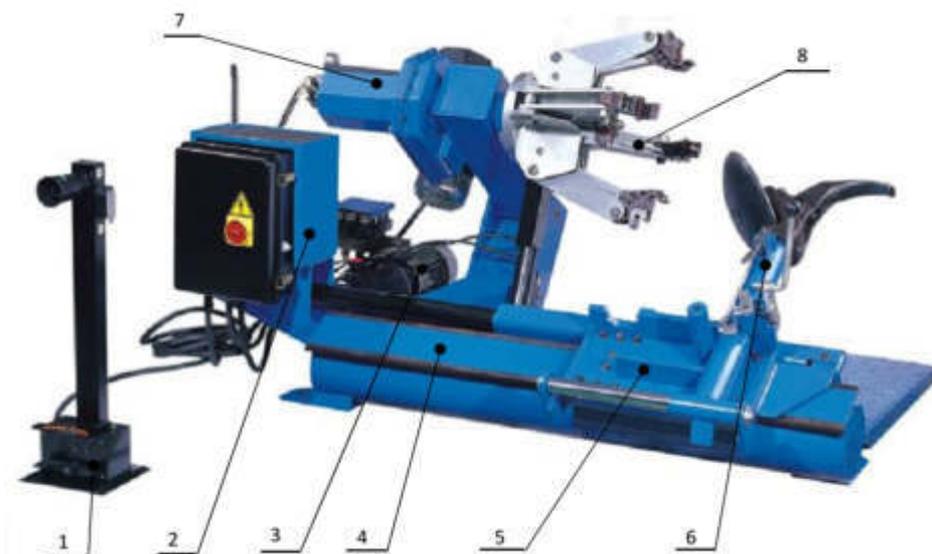


Рисунок 1.7 – Общий вид станда ШМГ-1Н

Стенд шиномонтажный (патент РФ № 2377138) предназначен для демонтажа и монтажа шин грузовых автомобилей при ремонте и техническом обслуживании автомобилей и может применяться в условиях ремонтных мастерских и станций технического обслуживания.

Данный стенд (рисунок 1.8) состоит из опорной плиты 1, на которую закреплены направляющие стойки 5. Стяжное кольцо 21 смонтировано в корпусе 2, на котором установлены опорные ребра 10 для закрепления обода колеса 7. Нажимная плита 3 закреплена к крышке гидроцилиндра 14 посредством промежуточной втулки 15 и фланца 16. А на штоке гидроцилиндра 14 закреплена верхняя траверса 10 с выдвжными упорами 9. Механизм фиксации нажимной плиты 3 закреплена на корпусе 2. Этот механизм состоит из двух захватов 12, привод которых осуществляется гидроцилиндрами 13. Стенд имеет собственную гидростанция 22.

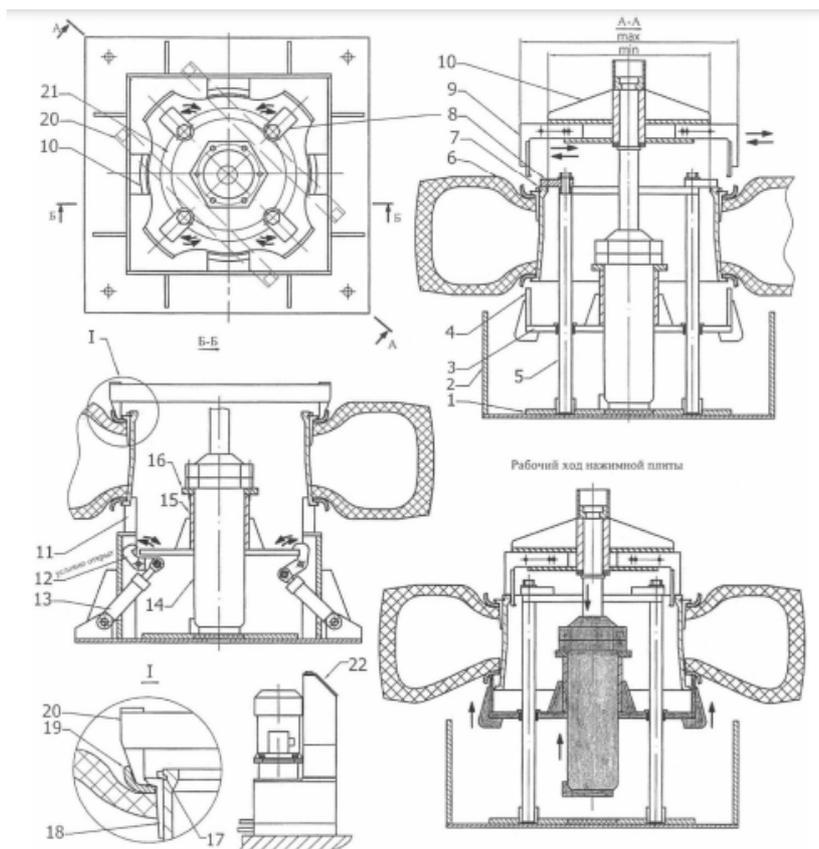


Рисунок 1.8 - Стенд шиномонтажный (патент РФ № 2377138)

Известен отбойник борта шин (патент US6305453B1, США), который представляет собой устройство для разрыва борта шины и включает

вертикально ориентированную раму, расположенную на колесном основании (рисунок 1.9).

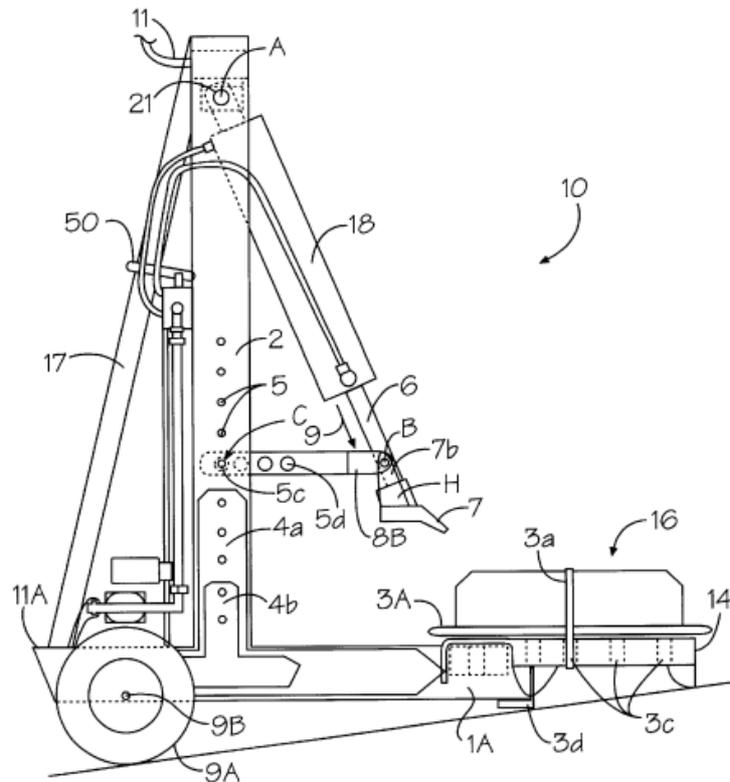


Рисунок 1.9 – Схема отбойника борта шин (патент US6305453B1, США)

Гидравлический цилиндр установлен на раме шарнирно. Башмак для разрушения борта прикреплен к дальнему концу плунжера и входит в зацепление с кромкой борта шины, установленной на поворотной платформе, установленной с возможностью вращения на основании. Оператор по разрыву борта может одновременно управлять гидроцилиндром, вращая шину, расположенную на поворотной платформе.

Устройство для отбойки борта, которое содержит прочную, легкую вертикальную раму. Рама установлена на основании с колесами, обеспечивающими портативность устройства. Рама поддерживает поворотный гидроцилиндр, на дальнем конце которого установлен башмак для отрыва борта. Рама также имеет несколько точек поворота для регулируемых по высоте рычагов, которые направляют башмак по дуге относительно колеса с шиной. Основание поддерживает узел

позиционирования колеса, состоящий из установочного удлинителя с поворотной платформой, на которой установлены шина и колесо. Сковороду не всегда необходимо, так как шина может быть просто помещена под бараном ноги только стопорный штифт, чтобы сохранить его от скольжения. Вращающийся поддон позволяет оператору, разрушающему борт, вращать шину относительно башмака для разрушения борта и подъемного устройства. Таким образом, машина для разрыва борта может оказывать давление на многие точки шины по всей окружности обода колеса. Использование этого устройства для выполнения задачи по разрыву борта неожиданно просто и эффективно. Направленная сила гидравлически управляемого башмака для разрушения борта действует как внутрь, так и вниз на борт шины в направлении к центру обода колеса, обеспечивая снятие и демонтаж некоторых из самых тяжелых шин.

Устройство смены шин с прикрепленной клеткой для накачивания (патент US8333228B1, США) предназначен для использования в условиях автосервиса, когда необходимо снять шину с обода и заменить ее на новую. После замены шины оператор накачивает колесо.

Данное устройство (рисунок 1.10) состоит из основания шасси и поворотного держателя колеса, предназначенного для удержания обода колеса. Башня с головкой для монтажа / демонтажа, подвижной в направлении и от обода колеса, выступает вверх от основания шасси. Клетка для надувания закреплена относительно основания шасси. Надувная клетка определяет внутреннее пространство, доступное через первое отверстие для входа и выхода колеса транспортного средства. Предпочтительно клетка для накачивания может быть расположена сзади шиномонтажного станка, чтобы опираться на общую поверхность пола с основанием шасси.

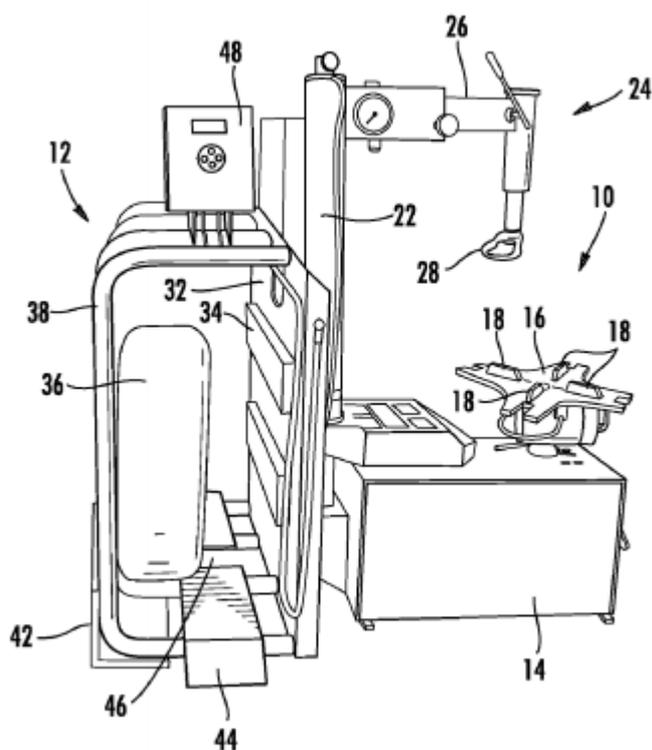


Рисунок 1.10 - Устройство смены шин с прикрепленной клеткой для накачивания (патент US8333228B1, США)

Устройство 10 для замены шин с удерживающим ободом, включающее в себя прикрепленную камеру 12 для накачивания в соответствии с настоящим изобретением. Устройство для смены шин 10 включает в себя основание 14, в котором расположены различные внутренние механизмы. Поворотный держатель колеса, здесь в виде поворотной платформы 16, расположен над верхней частью основания 14 для поддержки колеса транспортного средства в горизонтальном положении для операции замены шины. В этом случае пневматический двигатель, расположенный внутри основания 14, вращает поворотный стол 16.

1.5 Цель и задачи выпускной квалификационной работы

Целью данной выпускной работы является проектирование пункта технического обслуживания грузовых автомобилей.

В связи с этим задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

- 1) Разработка мероприятий по организации технического обслуживания автомобилей и обоснование технологии демонтажа колес.
- 2) Конструирование установки для демонтажа колес.
- 3) Разработка мероприятий охраны труда и окружающей среды при техническом обслуживании и ремонте автомобилей.
- 4) Экономическое обоснование конструкторской разработки.

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Описание технологии технического обслуживания автомобилей

Рассмотрим технологические процессы следующих видов технического обслуживания автомобилей:

1. Ежедневное обслуживание. При ежедневном обслуживании проводятся очистительные, контрольно-осмотровые, смазочные и заправочные операции.

К контрольно-осмотровым работам относятся:

1. Наружный осмотр автомобиля с целью проверки комплектности, отсутствия наружных повреждений кабины и платформы, работоспособности механизмов дверей, запоров бортов платформы, состояния рамы, подвески, элементов ходовой части, стекол и зеркал заднего вида.

2. Проверка работоспособности приборов освещения и сигнализации, звукового сигнала, контрольно – измерительных приборов, стеклоочистителя, стеклоомывателя и вентилятора отопителя.

3. Проверка состояния рулевого механизма и привода.

4. Проверка уровня топлива, масла и рабочих жидкостей и отсутствия их течи.

5. Проверка работоспособности основных агрегатов и систем автомобиля путем проведения экспресс-диагностики.

К смазочным и заправочным операциям относятся:

1. Долив масла в картер двигателя (при необходимости).

2. Дозаправка автомобиля топливом (при необходимости).

3. Долив охлаждающей жидкости в систему охлаждения (при необходимости).

4. Долив жидкости в бачок обмывателя ветрового стекла (при необходимости).

II. ТО-1. При ТО-1 проводятся все операции ежедневного ТО, а также дополнительные контрольно-диагностические, крепежные и регулировочные операции.

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием двигателя:

1. Наружный осмотр двигателя с целью проверки герметичности его систем (выявленные неисправности устранить).

2. Проверка работоспособности газораспределительного механизма двигателя (при необходимости проводится регулировка зазора в клапанном механизме).

3. Проверка крепления масляного картера к блоку двигателя (при необходимости затянуть крепление).

4. Проверка крепления двигателя на раме (при необходимости затянуть крепление).

5. Проверка крепления выпускных коллекторов и фланцев глушителя (при необходимости затянуть крепление).

6. Проверка затяжки гаек шпилек крепления головки блока цилиндров двигателя (производится при первых трех ТО-1).

7. Проверка состояния приводного ремня вентилятора (при необходимости производится регулировка его натяжения).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием сцепления: проверка свободного хода педали сцепления (при необходимости производится регулировка).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием коробки перемены передач: проверка крепления коробки передач (при необходимости производится затяжка крепления).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием карданной передачи: проверка крепления фланцев карданных валов, кронштейна промежуточной опоры (при необходимости производится затяжка крепления).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием тормозной системы:

1. Проверка общего состояния и герметичности элементов тормозной системы: трубопроводов, гибких шлангов и их соединений (при выявлении неисправностей устранить).
2. Проверка уровня тормозной жидкости (при необходимости производится долив тормозной жидкости).
3. Проверка свободного и рабочего ходов педали тормоза (при необходимости производится регулировка).
4. Проверка работоспособности рабочего и стояночного тормозных систем.

После выполнения всех операции проводится проверка общего технического состояния автомобиля на посту диагностики.

III. ТО-2. При ТО-2 проводятся все операции ТО-1, а также дополнительные контрольно-диагностические, крепежные и регулировочные операции.

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием двигателя:

1. Наружный осмотр двигателя с целью проверки герметичности его систем (выявленные неисправности устранить).
2. Проверка состояния радиатора системы охлаждения и его крепления (при необходимости производится затяжка крепления).
3. Проверка крепления крышки распределительных шестерен, водяного насоса, шкива вентилятора (при необходимости производится затяжка креплений).
4. Проверка герметичности системы смазки и ее элементов (при выявлении неисправностей устранить).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием сцепления:

1. Проверка крепления картера сцепления (при необходимости затянуть крепление).

2. Проверка свободного хода педали сцепления (при необходимости производится регулировка).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием коробки перемены передач:

1. Наружный осмотр состояния коробки передач и проверка ее герметичности (при выявлении неисправностей устранить).

2. Проверка крепления коробки передач (при необходимости затянуть крепление).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием карданной передачи:

1. Проверка состояния и крепления фланцев карданных валов, кронштейна промежуточной опоры (при необходимости производится затяжка крепления).

2. Проверка люфта в шарнирах и шлицевом соединении карданной передачи (при выявлении неисправностей устранить).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием заднего моста:

1. Наружный осмотр состояния заднего моста и проверка его герметичности (при выявлении неисправностей устранить).

2. Проверка затяжки крепления гайки шпилек полуосей (при необходимости производится затяжка крепления).

3. Проверка затяжки крепления редуктора к балке заднего моста и муфты подшипников ведущей шестерни (при необходимости производится затяжка крепления).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием тормозной системы:

1. Проверка общего состояния и герметичности элементов тормозной системы: трубопроводов, гибких шлангов и их соединений (при выявлении неисправностей устранить).

2. Проверка крепления главного тормозного цилиндра и гидровакуумного усилителя (при необходимости производится затяжка крепления).

3. Проверка состояния тормозных барабанов, колодок, накладок и пружин (при выявлении неисправностей устранить)..

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием ходовой части:

1. Наружный осмотр состояния рамы, элементов подвески, буксирного устройства, крюков (выявленные неисправности устранить).

2. Проверка крепления колес при необходимости производится затяжка крепления).

3. Проверка состояния дисков, шин и давления воздуха в них (выявленные неисправности устранить).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием аккумуляторной батареи:

1. Наружный осмотр аккумуляторной батареи (поверхность очистить от грязи и пыли, прочистить вентиляционные отверстия).

2. Проверка крепления аккумуляторной батареи (при необходимости производится затяжка крепления).

3. Проверка уровня электролита и степени заряженности (при необходимости довести до нормы).

4. Проверка состояния контакта наконечников проводов с клеммами аккумуляторной батареи (при необходимости производится зачистка контактов, смазка их вазелином ВТВ-1 или смазкой ПВК и затяжка крепления).

Дополнительные операции, связанные с обслуживанием генератора и стартера:

1. Наружный осмотр стартера, генератора и реле – регулятора (их поверхности очистить от пыли, грязи и масла).

2. Проверка крепления стартера, генератора и реле – регулятора (при необходимости производится затяжка крепления).

3. Проверка состояния приводного ремня вентилятора (при необходимости производится регулировка его натяжения).

4. Проверка крепления шкива на валу генератора (при необходимости затянуть крепление).

IV. Сезонное техническое обслуживание. Сезонное обслуживание проводится два раза в год, при очередном ТО-2 с целью подготовки автомобиля к эксплуатации в холодное или теплое время года.

2.2. Техническое обслуживание ходовой части грузового автомобиля

Процесс эксплуатации автомобиля характеризуется изменением технического состояния его агрегатов, узлов и систем. На ходовую часть автомобиля оказывают воздействие различные факторы, вызванные режимом работы, условиями эксплуатации и другими. В результате элементы рамы подвергаются изгибу, в них появляются трещины и изломы, происходит ослабление креплений, снижается упругость элементов подвески и происходит износ шин и т.д. Все это ведет к затруднению управляемости, увеличению расхода топлива, а значит к снижению эффективности эксплуатации автомобиля.

При техническом обслуживании ходовой части автомобиля производится проверка зазоров шкворневых соединений, люфта подшипников ступиц колес, технического состояния элементов подвески, креплений элементов рамы, осмотр состояния дисков и шин, проверка давления в шинах.

Наиболее часто возникающая неисправность ходовой части – это повреждение диска колеса и шин. При техническом обслуживании производится осмотр шин, проверка давления воздуха в них и доведение его до установленной нормы.

2.3. Технологический расчет производственной программы технических обслуживаний автомобилей

Исходные данные для технологического расчета представлен в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Марка и количество автомобилей

Марки автомобилей	Количество	Средне – суточный пробег
ГАЗ	2	90
КАМАЗ	12	160
Автобус	2	70

Расчет производительной программы ТО производится исходя из нормативных значений пробега автомобилей с учетом условий их эксплуатации (тип дорожного покрытия, рельефа местности и т.д.).

Произведем корректировку нормативных пробегов с учетом условий эксплуатации. Для этого используются соответствующие коэффициенты:

K_1 - учитывает условия эксплуатации автомобилей;

K_2 – учитывает модификации автомобиля;

K_3 - учитывает природно-климатические условия эксплуатации автомобилей;

K_4 – учитывает количества групп однотипных автомобилей;

K_5 – учитывает условия хранения автомобилей.

Нормативный ресурсный пробег определяется по формуле:

$$L_1 = L_p^H * K_1 * K_2 * K_3, \quad (2.1.)$$

где L_p^H - нормативный ресурсный пробег автомобиля.

K_1, K_2, K_3 – коэффициенты (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Коэффициенты для корректировки нормативного ресурсного пробега автомобиля

Марка автомобиля	Норма пробега, км	K_1	K_2	K_3	До 1-го кап. ремонта
ГАЗ	450000	0,9	1	1,1	450000
КАМАЗ	300000	0,9	1	1,1	300000
ПАЗ	400000	0,9	1	1,1	400000

Далее рассмотрим расчет годовой производственной программы ТО автомобилей:

$$L_i = L_i^H * K_1 * K_3, \quad (2.2)$$

где L_i^H - нормативы пробега между ТО, км.

Таблица 2.2 Периодичность проведения ТО автомобилей

Марка автомобиля	K_1	K_3	ТО-1, L_1 , км. Нормативная	ТО-2, L_1 , км. Скорректировано	ТО-2 Нормативное L_2	ТО-2 Скорректировано
ГАЗ	0,9	1,1	4000	4000	16000	16000
КАМАЗ	0,9	1,1	4000	4000	16000	16000
ПАЗ	0,9	1,1	4000	4000	16000	16000

Продолжительность простоя автомобилей на ТО и ремонте производится следующим образом:

$$D_{\text{то.р.}} = D_{\text{то.р.н}} * K_2, \quad (2.3.)$$

где $D_{\text{то.р.н}}$ – нормативное значение простоя, дней.

Результаты расчета приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Результаты расчета продолжительности простоя автомобилей на ТО и ремонте

Марка автомобиля	Нормативный простой, дней	K_2	Простой в ТО и ТР, Дней
ГАЗ	0,38	1	0,38
КАМАЗ	0,48	1	0,48
ПАЗ	0,25	1	0,25

2.3.1. Расчет коэффициента технической готовности автомобилей

Коэффициент технической готовности автомобилей определяется из выражения

$$\alpha_M = \frac{1}{1 + L_{C.C.} \left(\frac{D_{ТО.Р} * K_2}{1000} + \frac{D_K}{L_K} \right)}, \quad (2.4)$$

где $L_{C.C.}$ - пробег автомобилей за сутки, км

$D_{ТО.Р}$ - нормативное количество дней на ТО и Р, дней

D_K - количество дней простоя на К.Р. дней

L_K - расчетный пробег до К.Р, км.

На примере автомобиля ГАЗ

$$\alpha_{i} = \frac{1}{1 + l_{cc} * \frac{D_{ТОП.ТР.}}{1000}}; \quad (2.5)$$

$$\alpha_{ЗИЛ} = \frac{1}{1 + 90 \left(\frac{0,38 * 1}{1000} + \frac{0}{450000} \right)} = 0,97$$

Таблица 2.4 Определение пробега до капитального ремонта

Марка подвижного состава	Средне суточный пробег, Лс.с. км.	D_K , км.	L_K , км	α_M
ГАЗ	90	-	450000	0,97
КАМАЗ	160	-	300000	0,92
ПАЗ	70	-	400000	0,98

2.3.2. Расчет годового пробега по нормам автомобилей

Расчет годового пробега по нормам автомобилей производится по следующей формуле

$$L_{Г} = D_{Р} * L_{C.C.} * \alpha_M * A_U, \quad (2.6)$$

где $D_{Р}$ – количество дней работы в году

$L_{C.C.}$ – пробег автомобилей за сутки, км

α_M – коэффициент технической готовности (таблица 2.4).

A_U – количество автомобилей данной марки, ед.

Например, для автомобилей марки ГАЗ:

$$L_{Г ГАЗ} = 302 * 90 * 0,97 * 4 = 105458,4 \text{ км.}$$

Результаты расчета по остальным маркам представлены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 Годовой пробег

Марка автомобилей	D_p	A_U	$L_{Г}$
ГАЗ	302	4	105458
КАМАЗ	302	12	533452
ПАЗ	365	2	50078

2.3.3. Определение количества видов обслуживания за год

Годовой объем работ по ТО определяется исходя из нормативного распределения трудоемкости ТО и ТР по видам работ.

Годовой объем вспомогательных работ принимается равным 20-30 % от общего объема работ по ТО и ТР подвижного состава.

Расчет количества ЕТО:

$$N_{ЕО ГАЗ} = L_{Г} / L_{с.с.} = 105458 / 90 = 1171,7 \quad (2.7)$$

Расчет количества ТО – 2 за год

$$N_2 ГАЗ = L_{Г} / L_2 - 1 = 105458 / 16000 - 1 = 6 \quad (2.8)$$

Расчет количества ТО – 1

$$N_1 ГАЗ = L_{Г} / L_1 - (N_2 + 1) = 105458 / 4000 - (6 + 1) = 19 \quad (2.9)$$

Расчет количества диагностики Д, №1

$$N_{д1 ГАЗ} = 1,1 * N_1 + N_2 = 1,1 * 19 + 6 = 27$$

Результаты расчета по остальным маркам представлены в таблице 2.6.

Таблица 2. 6 Количество видов ТО и ремонтов автомобилей

Марка автомобилей	Количество автомобилей	К Т.г.	L _г ,км.	N ₁	N ₂	N _{ЕО}	N _{д1}	N _{д2}
ГАЗ	4	0,94	105458	19	6	1172	27	7
КАМАЗ	12	0,9	533452	100	32	3334	142	38
ПАЗ	2	0,94	50078	10	2	715	13	2

2.3.4. Расчет суточной программы ТО автомобилей

Суточная программа ТО автомобилей определяется по следующей формуле:

$$N_{\text{иcу}} = \frac{N_{i/l\Gamma}}{D_{\text{раб}}}, \quad (2.10)$$

где N_г- из таблицы

D_{раб}- число дней работы в году.

Расчет на примере автомобиля ГАЗ

$$N_1^c \frac{19}{302} = 0,06$$

$$N_2^c \frac{6}{302} = 0,01$$

$$N_{\text{еос}}^c \frac{1172}{302} = 3,8$$

$$N_{\text{д1}}^c \frac{27}{302} = 0,08$$

$$N_{\text{д2}}^c \frac{7}{302} = 0,02$$

Результаты расчета по остальным маркам представлены в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Суточная программа технического обслуживания автомобилей

Марка автомобиля	Суточная программа				
	ТО – 1 N _с ¹	ТО- 2 N _с ²	Еос	Д -1	Д – 2

ГАЗ	0.06	0.01	3.8	0.08	0.02
КАМАЗ	0,3	0,1	11,03	0,5	0,1
ПАЗ	0,02	0,005	1,95	0,03	0,005

2.4 Охрана труда при ТО и ремонте автомобилей

2.4.1 Общие требования безопасности при ТО и ремонте автомобилей

По требованиям безопасности ТО и ремонт любой техники следует проводить в специально оборудованных постах (участках), которые должны быть соответствующим оборудованием, подъемными устройствами и механизмами, инструментами, приспособлениями и необходимым инвентарем.

Перед проведением ТО, диагностирования или ремонта автомобиля следует очистить от грязи и произвести наружную мойку.

При постановки автомобиля на пост ТО или ремонта необходимо подставить не менее двух упоров под колеса и затормозить стояночным тормозом, чтобы исключить самопроизвольное движение автомобиля.

Двигатели автомобилей должны быть выключены.

Если работы проводятся на подъемнике, то на пульте управления подъемником необходимо вывесить предупредительную табличку с надписью «Не трогать! Под автомобилем работают люди». При этом подъемник должен быть зафиксирован упором, который предотвращает его самопроизвольное опускание.

Если по технологии выполнения работ приходится снимать узлы или агрегаты, то необходимо сначала слить рабочие жидкости. При снятии узлов и агрегатов следует применять приспособления, например, съемники. Для подъема (опускания) и транспортировки тяжелых агрегатов следует использовать подъемно-транспортные устройства и механизмы.

При выполнении работ на высоте следует применять устойчивые подставки или стремянки, обеспечивающие безопасность работ.

При выполнении работ снизу автомобиля, лежа на полу необходимо использовать лежаки.

2.4.2 Организация режима труда и отдыха обслуживающего персонала

На предприятиях должны применяться режимы труда и отдыха, что способствует сохранению работоспособности и повышению производительности труда обслуживающего персонала, тем самым создает условия для сохранения их здоровья.

Режим труда и отдыха определяется чередованием периодов выполнения работы и перерывов для отдыха. Продолжительность периодов работы и отдыха и их чередование зависит от особенностей рабочих процессов и регламентируется действующим законодательством.

При выполнении трудовых обязанностей у работников появляется утомление, который вызывает снижение работоспособности, а отдых способствует его восстановлению. При этом отдых может быть пассивным или активным. Пассивный отдых предполагает прекращение трудовой деятельности, при котором организм находится в покое, а при активном отдыхе выполняются другие виды физической активности. Одним из видов активного отдыха на производстве является производственная физическая культура, которая предполагает выполнение комплекса упражнений, направленных на повышение мышечного тонуса и настроения. Такие упражнения можно выполнять в течении рабочего дня во время перерывов на отдых, в конце рабочего дня и вне рабочее время.

2.4.3 Пожарная безопасность при ТО и ремонте автомобилей

При выполнении работ по ТО и ремонту автомобилей следует соблюдать следующие требования пожарной безопасности:

- для мытья узлов, агрегатов и деталей автомобиля запрещается использовать легковоспламеняющиеся и горючие жидкости;

- при выполнении работ по ТО или ремонту элементов системы питания автомобиля, при которых производится их снятие, следует слить топливо из системы питания. При этом на посту ТО и ремонта запрещается хранение слитого топлива;

- работы по регулировки системы питания автомобилей, оснащенных газобаллонным оборудованием следует проводить в помещениях, оборудованных приточно-вытяжной вентиляцией, которая должна быть включена

2.5. Охрана окружающей среды при ТО и ремонте автомобилей

На предприятиях, которые занимаются эксплуатацией, обслуживанием и ремонтом автомобилей должны быть предусмотрены:

- участки (посты) контроля и регулировки автомобилей по токсичности;

- организация подогрева двигателей автомобилей в холодный период года на открытых площадках;

- в рабочей зоне, где выделяются загрязняющие вещества, должен быть оборудован местный отсос с системой очистки воздуха;

- выполнение мероприятий, направленных на снижение шума и вибраций;

- рациональная организация современного и качественного ТО и ремонта автомобилей с применением новейших технологий и технических средств.

3. КОНСТРУКТОРСКАЯ РАЗРАБОТКА

3.1 Обоснование темы конструкторской разработки

При ремонте ходовой части автомобиля выполняются работы по снятию и установки колес. Вес колеса грузовых автомобилей в сборе составляет 100...150 кг. Поэтому для облегчения снятия и установки колеса, а также для транспортировки его на шиномонтажный участок используются специальные установки. Такие установки должны быть простыми по конструкции, удобными в использовании и универсальными, т.е. приспособленными для снятия и установки колес различного радиуса.

Перед обоснованием конструкции предлагаемого нами конструкции установки для демонтажа колес произведем обзор существующих и запатентованных аналогов.

3.2 Обзор существующих аналогов разрабатываемой установки

На рынке представлены различные варианты установок для снятия и транспортировки колес автомобилей, которые отличаются конструкцией, типом привода подъемного механизма, габаритными размерами и назначением. Рассмотрим различные варианты

На рисунке 3.1 представлен гидравлический подъемник SR 16 N, выполненный в виде тележки для подъема и опускания, снятия и транспортировки колес грузовых автомобилей и различной крупногабаритной техники.

					ВКР 190600.642.15			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Гиниятов М			Установка для монтажа колес	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Матяшин А					1	
<i>Реценз.</i>						Казанский ГАУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								



Рисунок 3.1 - Гидравлический подъемник SR 16 N

Подъем и опускание роликовых опор осуществляется гидроцилиндром. Подача масла в гидроцилиндр осуществляется насосом, имеющий ручной привод. Грузоподъемность установки составляет 500 кг.

Тележка гидравлическая NORDBERG N31007 предназначен для снятия и установки колес грузового автотранспорта (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 - Тележка гидравлическая NORDBERG N31007

Данная установка позволяет осуществлять снятие и установку колеса непосредственно на автомобиле. При этом раму можно наклонить для облегчения снятия и установки колеса. Грузоподъемность составляет 680 кг.

Тележка для снятия и транспортировки колес COMPAС WD 1600 имеет грузоподъемность 1600 кг (рисунок 3.3). Отличается удобством и безопасностью применения. Подъем и опускание рамы осуществляется с помощью гидравлического цилиндра, который имеет возможность автоматического переключения между режимами подъема и опускания.



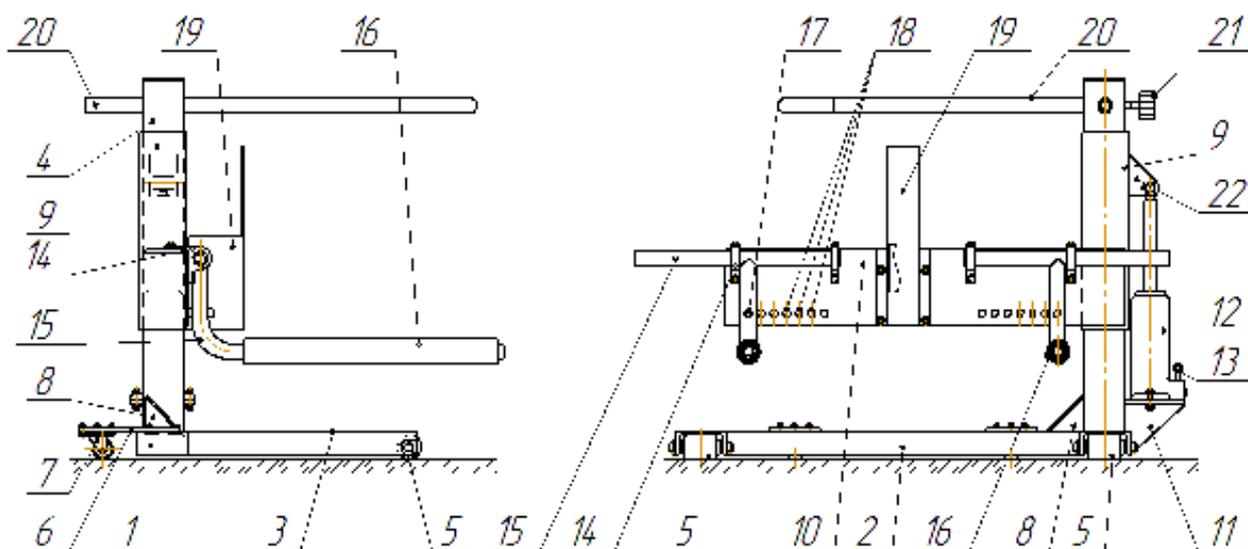
Рисунок 3.3 – Тележка для снятия и транспортировки колес
COMPAС WD 1600

Рассмотрим наиболее простые конструкции. На рисунке 3.4 тележка для перемещения и установки колес. Основным преимуществом таких установок является простота конструкции, удобство использования. Однако основным недостатком является то, что отсутствует механизм подъема рамы.

Таблица 3.1 – Технические характеристики предлагаемой установки

Тип установки	мобильная	
Диаметр захватываемого колеса, мм	500...1150	
Грузоподъёмность, кг	130	
Высота подъёма, мм	215	
Габаритные размеры, мм	длина	840
	ширина	1089
	высота	760

На рисунке 3.5 представлена устройство предлагаемой установки.



1 – рама; 2 – поперечина; 3 - лапы; 4 – стойка; 5 – ролик; 6 – пластина; 7 – ролик поворотный; 8 – ребро; 9 – ползун; 10 – кронштейн; 11 – подставка; 12 – домкрат; 13 – насос; 14 – держатель; 15 – захват; 16 – ролик; 17 – штырь; 18 – отверстия; 19 – упор; 20 – зацеп; 21 – барашек; 22 – ушки.

Рисунок 3.5 – Устройство установки для демонтажа колес

Установка состоит из рамы 1 на роликах 5 и 7, стойки 4, захвата 15. Рама изготовлена из швеллера в виде лап 3. Лапы сварены между собой с поперечиной 2. На стойке 4 установлен ползун 9, который может перемещаться.

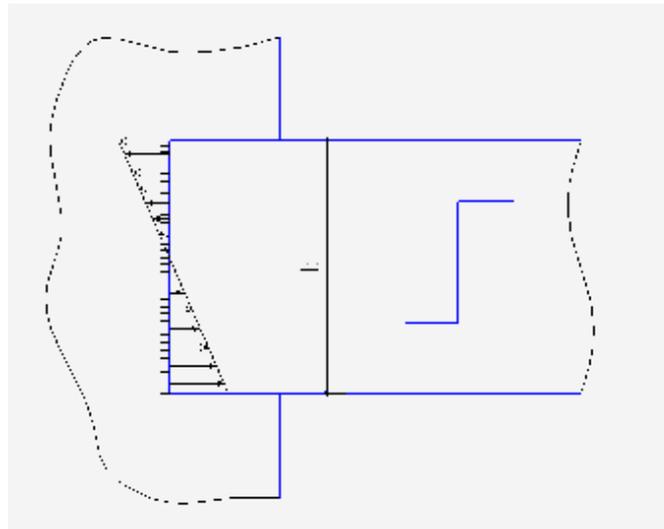


Рисунок 3.6 - Схема сварного соединения

Действующий момент определяется по следующей формуле []:

$$M = P \cdot L \quad (3.2)$$

где L - расстояние от ползуна до центра тяжести колеса (принимаяем $L=0,4\text{м}$).

$$M = 130 \cdot 9,81 \cdot 0,4 = 510 \text{ Нм}$$

Допускаемое напряжение определяется выражением []:

$$\tau(M) = \frac{M}{0,7 \cdot k \cdot l} \quad (3.3)$$

где k – величина катета шва;

l – длина рассчитываемого шва

$$\tau(M) = \frac{510}{0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,15} = 971428 \text{ Па} = 0,97 \text{ МПа}$$

$$\tau(P) = \frac{P}{0,7 \cdot k \cdot l} \quad (3.4)$$

$$\tau(P) = \frac{130 \cdot 9,81}{0,7 \cdot 0,005 \cdot 0,15} = 2429253 \text{ Па} = 2,43 \text{ МПа}$$

$$[\tau_{cp}] = 0,65 \cdot [\sigma_p], \text{ МПа}, \quad (3.5)$$

где $[\sigma_p]$ – допустимое напряжение при растяжении

$$[\tau_{cp}] = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа}$$

$$\tau'_{cp} = 0,97 + 2,43 = 3,4 \text{ МПа} < 96$$

Таким образом, условие прочности сварного шва выполняется.

3.4.2 Проверочный расчет оси опорных роликов рамы

Произведем проверочный расчет оси опорных роликов на прочность при действии на него изгибающей нагрузки. На рисунке 3.7 представлена схема к расчету.

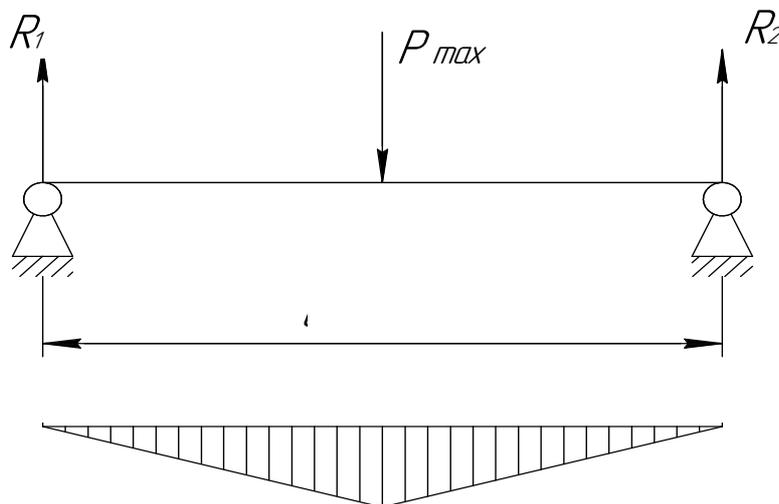


Рисунок 3.7 - Схема нагружения оси опорных роликов рамы установки

Максимальная нагрузка определяется о следующей формуле

$$P_{max} = m_{max} * g \quad (3.6)$$

где m_{max} – действующая нагрузка, кг.

В нашем случае $m_{max} = 130/2$ кг.

$$P_{max} = 130/2 \cdot 9,81 = 637,65 \text{ Н}$$

Изгибающий момент определяется из выражения []:

$$M_u = R_1 \cdot l / 2 \quad (3.7)$$

где R_1 – реакция опоры оси, Н.

В нашем случае $R_2 > R_1 = P_{\max} / 2 = 637,65 / 2 = 318,82 \text{ Н}$

Тогда $M_u = 318,82 \cdot 0,094 / 2 = 15 \text{ Нм}$

Определим значение осевого момента сопротивления для круглого сечения по следующей формуле:

$$W_x = 0,1 \cdot d^3 \quad (3.8)$$

где d – диаметр оси, м.

Диаметр оси определяется по формуле:

$$d = \sqrt[3]{M_u / (0,1 \cdot [\sigma_u])} \quad (3.9)$$

где $[\sigma_u]$ – предел по прочности материала оси на изгиб, (для Ст3 принимаем $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$).

$$d = \sqrt[3]{(15 \cdot 10^3) / (0,1 \cdot 100)} = 11,4 \text{ мм}$$

по конструктивным соображениям принимаем $d = 17 \text{ мм}$.

Расчет на срез по напряжению определяется по следующей формуле:

$$\tau_{\text{ср}} = 2 \cdot P_{\max} / \pi d^2 \leq [\tau_{\text{ср}}] \quad (3.10)$$

$$\tau_{\text{ср}} = (2 \cdot 637,65) / (3,14 \cdot 17^2) = 1,4 \text{ МПа}$$

Допустимое напряжение определяется по следующей формуле:

$$[\tau] = \tau_{\text{lim}} / [S_\tau], \text{ МПа} \quad (3.11)$$

где $[S_\tau]$ – запас прочности

τ_{lim} – предельное напряжение

$$[\tau] = \tau_{\text{lim}} / [S_\tau] = 589 / 1,5 = 392 \text{ МПа}$$

$$\tau_{\text{lim}} = \frac{2\tau - 1}{(1 - R_2)k_z / (k_y + \psi_z(1 + R_2))} \quad (3.12)^*$$

$\tau_{\text{lim}} = 589 \text{ МПа}$

Условие прочности выполняется.

3.4.3 Расчёт оси роликовых захватов

При совместном действии напряжений изгиба, Запас сопротивления усталости определяют по формуле:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S] \quad (3.13)$$

где S_{σ} – коэффициент запаса по нормальным напряжениям;

S_{τ} – коэффициент запаса по касательным напряжениям;

$[S]$ – допустимый коэффициент запаса выносливости;

$[S] = 1,5$ – для обеспечения прочности вала;

$[S] = 3$ – для обеспечения жёсткости вала.

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a}{K_v} \cdot \left(\frac{K_{\sigma}}{K_d} + K_f - 1 \right)} \quad (3.14)$$

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{(\tau_a + \tau_m \cdot \psi_{\Sigma}) \cdot \left(\frac{K_{\tau}}{K_d} + K_f - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_v}} \quad (3.15)$$

где σ_a и τ_a – амплитуды напряжений цикла, МПа;

τ_m – среднее напряжение цикла, МПа

Амплитуда напряжений определяется:

$$\sigma_a = M / W, \text{ МПа} \quad (3.16)$$

Напряжение цикла определяется:

$$\tau_a = \tau_m = \tau_k / 2 = T / 2W_o, \text{ МПа} \quad (3.17)$$

где M – величина изгибающего момента ($M=130 \cdot 9,81 \cdot 500= 637650$), Нмм;

T – величина крутящего момента, Нмм;

W и W_o – осевой и полярный моменты сопротивления сечения, назначаются в зависимости от вида концентратора напряжений.

В таком случае:

$$W = \pi d^3 / 32, \text{ мм}^3 \quad (3.14)$$

$$W_0 = \pi d^3 / 16, \text{ мм}^3 \quad (3.15)$$

где d – диаметр вала, мм, $d = 30$ мм;

$$W = 3,14 \cdot 30^3 / 32 = 8941 \text{ мм}^3;$$

$$W_0 = 3,14 \cdot 30^3 / 16 = 17883 \text{ мм}^3;$$

Тогда:

$$\sigma_a = 637650 / 8941 = 71 \text{ МПа};$$

σ_{-1} и τ_{-1} – пределы выносливости гладких образцов при симметричном цикле изгиба и кручения, выбираются из таблицы в зависимости от вида материала.

В данном случае материалом вала является сталь Ст 4сп, ГОСТ380-88. Для данной марки стали $\sigma_b = 500$ Мпа. Пределы выносливости принимаем по соотношениям []:

$$\sigma_{-1} = (0.4 \dots 0.5) \sigma;$$

$$\tau_{-1} = (0.2 \dots 0.3) \sigma;$$

Тогда пределы выносливости будут равны:

$$\sigma_{-1} = 0.4 \cdot 71 = 28,4 \text{ Мпа};$$

$$\tau_{-1} = 0.2 \cdot 71 = 14,2 \text{ МПа};$$

Коэффициенты:

K_d – коэффициент влияния абсолютных размеров поперечного сечения, $K_d = 0,7$;

K_f – коэффициент влияния шероховатости, $K_f = 1$;

K_v – коэффициент влияния поверхностного упрочнения $K_v = 1,1$;

Ψ_Σ - Коэффициент чувствительности материала к асимметрии цикла напряжений, $\Psi_\Sigma = 0,05$;

Найдём коэффициент запаса по нормальным напряжениям []:

$$S_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{\sigma_a}{K_v} \cdot \left(\frac{K_{\sigma}}{K_d} + K_f - 1 \right)} \quad (3.16)$$

Учитывая численные значения получим:

$$S_{\sigma} = \frac{28,4}{\frac{71}{1,1} \left(\frac{1,8}{0,7} + 1 - 1 \right)} = 1,7 \text{ МПа}$$

Найдём коэффициент запаса по касательным напряжениям:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\left(\tau_a + \tau_m \cdot \psi_{\Sigma} \right) \cdot \left(\frac{K_{\tau}}{K_d} + K_f - 1 \right) \cdot \frac{1}{K_v}} \quad (3.17)$$

Тогда численное значение будет равно:

$$S_{\tau} = \frac{14,2}{(0, +1,5 \cdot 0,05) \cdot \left(\frac{1,7}{0,7} + 1 - 1 \right) \cdot \frac{1}{1,1}} = 10,8 \text{ МПа}$$

Найдём запас сопротивления усталости []:

$$S = \frac{S_{\sigma} \cdot S_{\tau}}{\sqrt{S_{\sigma}^2 + S_{\tau}^2}} \geq [S] \quad (3.18)$$

Тогда численное значение будет равно:

$$S = \frac{1,7 \cdot 10,8}{\sqrt{1,7^2 + 10,8^2}} = 3,815$$

$$S = 3,815 > [S] = [1,5]$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости отвечает условиям прочности.

$$S = 3,815 > [S] = [3]$$

Коэффициент запаса сопротивления усталости отвечает условиям жёсткости.

Выполненные расчеты показывают надежность и прочность элементов конструкции установки.

4 ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКЦИИ

4.1 Определение массы и стоимости установки

Масса установки определяется по формуле:

$$G = (G_k + G_r) \cdot K \quad (4.1)$$

где G_k – масса сконструированных элементов установки, кг;

G_r – масса покупных деталей, кг;

K – коэффициент, учитывающий массу расходуемых на изготовление конструкции монтажных материалов ($K=1,05\dots 1,15$).

Масса сконструированных элементов представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Расчёт массы сконструированных элементов

№ пп	Наименование деталей.	Объём деталей, см ³ .	Удельный вес, кг/дм ³	Масса одной детали, кг.	Количество деталей.	Общая масса деталей, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	Рама	15,31	0,78	12	1	12
2	Рамка	5,10	0,78	4	1	4
3	Захват	2,55	0,78	2	2	4
4	Заглушка	0,26	0,78	0,2	1	0,2
5	Зацеп	3,19	0,78	2,5	1	2,5
6	Упор	3,19	0,78	2,5	1	2,5
7	Ролик	0,26	0,78	0,2	2	0,4
8	Держатель	0,19	0,78	0,15	4	0,6
9	Барашек	0,14	0,78	0,11	1	0,11
10	Ролик	0,29	0,35	0,1	2	0,2
11	Втулка	0,13	0,78	0,1	2	0,2
12	Штырь	0,07	0,78	0,058	2	0,116
13	Ось	0,13	0,78	0,1	2	0,2
14	Ось	0,10	0,78	0,08	1	0,08
15	Пластина	0,74	0,78	0,58	2	1,16
16	Кольцо	0,01	0,78	0,005	4	0,02
17	Кольцо	0,01	0,78	0,005	4	0,02
Итого:						28,306

Масса покупных деталей и цены на них представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Масса покупных деталей и цены

№ пп	Наименование деталей	Количество	Масса, кг		Цены, руб	
			Одной	Всего	Одной	Всего
1	2	3	4	5	6	7
1	Болтовые компл.	26	0,02	0,52	15	390
2	Подшипник	4	0,15	0,6	450	1800
3	Шплинт	5	0,005	0,025	12	60
4	Домкрат	1	5,5	5,5	2500	2500
5	Колесо	2	0,15	0,3	250	500
Итого:			6,945		5250	

Определим массу конструкции по формуле 4.1, подставив значения из таблиц 4.1 и 4.2:

$$G = (28,31 + 6,95) \cdot 1,15 = 40,54 \text{ кг}$$

Определение балансовой стоимости новой конструкции производится на основе сопоставления ее отдельных параметров по расчетно-конструктивному способу с использованием среднеотраслевых нормативов затрат на 1 кг. массы:

$$C_b = [G_k \cdot (C_z \cdot E + C_m) + C_{pd}] \cdot K_{нац} \quad (4.2)$$

где G_k – масса конструкции без покупных деталей и узлов, кг;

C_z – издержки производства приходящиеся на 1 кг. массы конструкции, руб. ($C_z=0,02\dots0,15$);

E – коэффициент измерения стоимости изготовления машин в зависимости от объема выпуска (так как конструкция является штучным производством, принимаем $E=1,5$);

C_m – затраты на материалы, приходящиеся на 1 кг массы машин, руб./кг. ($C_m=0,68\dots0,95$);

C_{pd} – дополнительные затраты на покупные детали и узлы, руб.;

$K_{нац}$ – коэффициент, учитывающий отклонение преysкурантной цены от балансовой стоимости ($K_{нац} = 1,15 \dots 1,4$).

$$C_6 = (28,31 \cdot (0,15 \cdot 1,50 + 0,85) + 5250,00) \cdot 1,20 = 6336,51 \text{ руб.}$$

4.2 Расчёт технико-экономических показателей эффективности конструкции и их сравнение

Прежде чем приступить к расчету технико-экономических показателей, приведём исходные данные (см. таблицу 4.3)

Таблица 4.3 - Исходные данные сравниваемых конструкций

Наименование	Проектируемой	Базовой
1	2	3
Масса конструкции, кг	40,54	52
Балансовая стоимость, руб.	6336,51	57000
Потребная мощность, кВт	0,05	0,05
Часовая производительность, ед/ч	20	18
Количество обслуживающего персонала, чел.	1	1
Разряд работы	IV	IV
Тарифная ставка, руб./ч.	100	100
Норма амортизации, %	14	14
Норма затрат на ремонт ТО, %	15	15
Годовая загрузка конструкции, ч	600	600

С помощью этих данных рассчитываются технико-экономические показатели эффективности конструкции, и дается их сравнение.

При расчетах показатели базового (существующего) варианта обозначаются как X_0 , а проектируемого как X_1 .

Энергоемкость процесса определяют из выражения:

$$\mathcal{E}_e = \frac{N_e}{W_{\text{ч}}} \quad (4.3)$$

где N_e – потребляемая конструкцией мощность, кВт;

$W_{\text{ч}}$ – часовая производительность конструкции; ед./ч.

Подставив значения в формулу (6.37) получим:

$$\mathcal{E}_{e0} = \frac{0,1}{18} = 0,005 \text{ кВт}\cdot\text{ч/ед}$$

$$\mathcal{E}_{e1} = \frac{0,1}{20} = 0,005 \text{ кВт}\cdot\text{ч/ед}$$

Металлоемкость процесса определяют по формуле:

$$M_e = \frac{G}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (4.4)$$

где G – масса конструкции, кг;

$T_{\text{год}}$ – годовая загрузка конструкции, час;

$T_{\text{сл}}$ – срок службы конструкции, лет.

$$M_{e0} = \frac{52,00}{18 \cdot 600 \cdot 8} = 0,0006 \text{ кг/ед.}$$

$$M_{e1} = \frac{40,54}{20 \cdot 600 \cdot 7} = 0,0005 \text{ кг/ед.}$$

Фондоёмкость процесса определяют по формуле:

$$F_e = \frac{C_{\text{б}}}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \cdot T_{\text{сл}}} \quad (4.5)$$

где $C_{\text{б}}$ – балансовая стоимость конструкции, руб.

$$F_{e0} = \frac{57000}{18 \cdot 600} = 5,2778 \text{ руб/ед.}$$

$$F_{e1} = \frac{6336,51}{20 \cdot 600} = 0,528 \text{ руб/ед.}$$

Трудоёмкость процесса определяют по формуле:

$$T_e = \frac{n_p}{W_q} \quad (4.6)$$

где n_p – количество рабочих, чел.

$$T_{e0} = \frac{1}{18} = 0,0556 \text{ чел ч/ед}$$

$$T_{e1} = \frac{1}{20} = 0,05 \text{ чел ч/ед}$$

Себестоимость работы определяют по формуле:

$$S = C_{зп} + C_э + C_{рто} + A \quad (4.7)$$

где $C_{зп}$ – затраты на оплату труда, руб/ед;

$C_{рто}$ – затраты на ремонт и техническое обслуживание, руб/ед;

$C_э$ – затраты на электроэнергию, руб/ед;

A – амортизационные отчисления, руб/ед.

Затраты на заработную плату определяют по формуле:

$$C_{зп} = Z \cdot T_e \quad (4.8)$$

где Z – часовая тарифная ставка, руб/ч:

$$C_{зп0} = 100 \cdot 0,0556 = 5,56 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{зп1} = 100 \cdot 0,05 = 5,00 \text{ руб./ед}$$

Затраты на электроэнергию определяют по формуле:

$$C_{э} = Ц_{э} \cdot Э_e \quad (4.9)$$

где $Ц_{э}$ - комплексная цена за электроэнергию, руб/кВт, $Ц_{э}=2,88$.

$$C_{э0} = 2,6 \cdot 0,00 = 0,01 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{э0} = 2,6 \cdot 0,00 = 0,01 \text{ руб./ед.}$$

Затраты на ремонт и техническое обслуживание определяют по формуле:

$$C_{рто} = \frac{C_б \cdot N_{рто}}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}} \quad (4.10)$$

где $N_{рто}$ - суммарная норма затрат на ремонт и техобслуживание, %.

Полученные значения подставим в формулу 6.44:

$$C_{рто0} = \frac{57000 \cdot 15}{100 \cdot 18 \cdot 600} = 0,79167 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{рто1} = \frac{6336,51 \cdot 15}{100 \cdot 20 \cdot 600} = 0,07921 \text{ руб./ед.}$$

Затраты на амортизационные отчисления определяют по формуле:

$$A = \frac{C_б \cdot a}{100 \cdot W_ч \cdot T_{год}} \quad (4.11)$$

где a - норма амортизации, %.

$$A_0 = \frac{57000 \cdot 14}{100 \cdot 18 \cdot 600} = 0,73889 \text{ руб./ед.}$$

$$A_1 = \frac{6336,51 \cdot 14}{100 \cdot 20 \cdot 600} = 0,07393 \text{ руб./ед.}$$

$$S_0 = 5,56 + 0,01 + 0,7917 + 0,7389 = 7,09 \text{ руб./ед.}$$

$$S_1 = 5,00 + 0,01 + 0,0792 + 0,0739 = 5,16 \text{ руб./ед.}$$

Приведённые затраты определяют по формуле:

$$C_{\text{прив}} = S + E_n \cdot F_e = S + E_n \cdot k \quad (4.12)$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений ($E_n = 0,1$);

F_e – фондоемкость процесса, руб./ед;

k – удельные капитальные вложения, руб./ед.

$$C_{\text{прив}0} = 7,09 + 0,1 \cdot 5,2778 = 7,62103 \text{ руб./ед.}$$

$$C_{\text{прив}1} = 5,16 + 0,1 \cdot 0,528 = 5,21236 \text{ руб./ед.}$$

Годовую экономию определяют по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (S_0 - S_1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (4.13)$$

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = (7,09 - 5,16) \cdot 20 \cdot 600 = 23204,31 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект определяют по формуле:

$$E_{\text{год}} = (C_{\text{прив}}^0 - C_{\text{прив}}^1) \cdot W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{год}} \quad (4.14)$$

$$E_{\text{год}} = (7,62 - 5,21) \cdot 20 \cdot 600 = 28903,99 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости капитальных вложений определяют по формуле:

$$T_{\text{ок}} = \frac{C_{\text{б1}}}{\text{Э}_{\text{год}}} \quad (4.15)$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{6336,51}{23204,31} = 0,2731 \text{ лет}$$

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных вложений определяют по формуле:

$$E_{\text{эф}} = \frac{\text{Э}_{\text{год}}}{C_{\text{б}}} \quad (4.16)$$

$$E_{\text{эф}} = \frac{23204,31}{6336,51} = 3,662$$

Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции показаны в таблице 4.4.

Таблица 4.4 - Сравнительные технико-экономические показатели эффективности конструкции

№ пп	Наименование показателей	Базовый	Проект	Проект в % к базовому
1	2	3	4	5
1	Часовая производительность, ед/ч	18	20	111
2	Фондоёмкость процесса, руб./ед	5,2778	0,5280	10
3	Энергоёмкость процесса, кВт./ед.	0,0028	0,0025	90
4	Металлоёмкость процесса, кг/ед.	0,0006	0,0005	80
5	Трудоёмкость процесса, чел*ч/ед.	0,0556	0,0500	90
6	Уровень эксплуатационных затрат, руб./ед.	7,09	5,16	73
7	Уровень приведённых затрат, руб./ед.	7,62	5,21	68
8	Годовая экономия, руб./ед.	23204,31		
9	Годовой экономический эффект, руб.	28903,99		
10	Срок окупаемости капитальных вложений, лет	0,27		
11	Коэффициент эффективности капитальных вложений	3,66		

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

В данной работе были рассмотрены вопросы организации технического обслуживания и ремонта автомобилей. Анализ состояния вопроса показывает, что рациональная организация технического обслуживания позволяет повысить эффективность эксплуатации техники. Рациональная организация предполагает наличие соответствующей материально-технической базы (ремонтных мастерских, пунктов обслуживания и т.п.), необходимого ремонтно-технологического оборудования и технических средств обслуживания и диагностирования, а также квалифицированного персонала.

Для достижения высокой эффективности проведения технического обслуживания и ремонта следует использовать новейшие технологии и технические средства, которые позволяют сократить время простоя техники, повысить производительность труда и снизить затраты. В связи с этим в данной работе проведен обзор технических средств, применяемых при ходовой части автомобиля, в частности, при снятии и установке колес автомобилей. Для этого используются специальные установки, которые позволяют поднимать и опускать колесо, а также транспортировать его к месту ремонта.

По результатам анализа нами сконструирован установка для демонтажа колес грузового автотранспорта, который отличается простотой конструкции, удобством применения и универсальностью.

По результатам сравнения технико-экономических показателей предлагаемой конструкции с базовой получили, что при внедрении установки снижаются показатели энергоемкости и трудоемкости выполнения работы, снижаются уровень эксплуатационных затрат. В результате размер годовой экономии составил более 23000 руб., а срок окупаемости капитальных вложений – 0,27 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя в 3-х томах. Издание 9.- Москва: Машиностроение, 2006 г. Под редакцией И.Н. Жестковой.
2. Автомобили. Технический сервис : учебное пособие / А. В. Кузьмин, С. Н. Шуханов, А. И. Мартыненко, В. Д. Коваливнич. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2015. — 191 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143172>.
3. Булгариев Г.Г, Абдрахманов Р.К., Валиев А.Р. Методические указания по экономическому обоснованию дипломных проектов и выпускных квалификационных работ.- Казань: КГАУ, 2011.- 64 с.
4. Бураев, М. К. Технологическое проектирование предприятия технического сервиса : учебное пособие / М. К. Бураев, А. И. Аносова. — Иркутск : Иркутский ГАУ, 2018. — 124 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/143181>.
5. Ванцов, В. И. Типаж и эксплуатация технологического оборудования : учебное пособие / В. И. Ванцов, И. И. Кащеев ; составители И. И. КащеевИ. И. , В. И. Ванцов. — Рязань : РГАТУ, 2019. — 229 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/137461>.
6. Детали машин и основы конструирования : учебное пособие / Г. Ф. Прокофьев, Н. Ю. Микловцик, М. Ю. Кабакова, Т. В. Цветкова. — Архангельск : САФУ, 2018. — 194 с. — ISBN 978-5-261-01309-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/161797>.

7. Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. — 13-е изд., испр. и доп. — Москва : МГТУ им. Баумана, 2017. — 564 с. — ISBN 978-5-7038-4688-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/106297>
8. Коротченко, И. С. Охрана окружающей среды : учебное пособие / И. С. Коротченко, Е. Н. Еськова. — Красноярск : КрасГАУ, 2014. — 502 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/90757>.
9. Маслов, Г.Г. Техническая эксплуатация средств механизации АПК: учебное пособие / Г. Г. Маслов, А. П. Карабаницкий. — Санкт-Петербург: Лань, 2018. — 192 с. — ISBN 978-5-8114-2809-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/104876>.
10. Малкин, В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта : учебное пособие / В. С. Малкин. — Тольятти : ТГУ, 2016. — 451 с. — ISBN 978-5-8259-0951-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139784>
11. Методические указания по выполнению квалификационной работы бакалавров по направлению 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов». Валиев А.Р., Матяшин А.В. , Семушкин Н.И. и др. 2018. Казань, 31 с.
12. Михайлов, А. С. Эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / А. С. Михайлов. — Вологда : ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 2019. — 134 с. — ISBN 978-5-98076-296-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/130820>.

13. Мудров А.Г. Текстовые документы. Учебно-справочное пособие.- Казань: РИЦ Школа, 2004.- 144 с.
14. Охрана труда : учебное пособие / М. Н. Шапров, Е. Ю. Гузенко, И. С. Мартынов [и др.]. — Волгоград : Волгоградский ГАУ, 2017. — 88 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100825>.
15. 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. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140114>.
16. Прочностные расчеты отдельных элементов технологического оборудования: учебное пособие / А. П. Леонтьев, А. Г. Мозырев, А. Н. Гребнев, С. Г. Головченко. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 144 с.