

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)

23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Автомобили и тракторы

(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ)**

на тему Разработка испытательного стенда для гидравлических усилителей
рулевого механизма грузовых автомобилей

Обучающийся

Р.В. Муратов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. экон. наук, доцент Л.Л. Чумаков

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

Консультанты

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

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

канд. пед. наук, доцент А.В. Кириллова (Егорова)

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

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

Дипломный проект посвящен разработке испытательного стенда для гидравлических усилителей рулевого механизма грузовых автомобилей. Проект включает шесть глав и графическую часть, представленную на десяти листах.

Целью исследования является создание эффективного испытательного оборудования, обеспечивающего комплексную проверку работоспособности гидроусилителя руля грузового автомобиля в различных режимах эксплуатации. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- анализ существующих конструкций испытательных стендов и выявление их недостатков;
- разработка принципиальной схемы нового стенда с учетом особенностей конструкции современных грузовиков;
- проведение расчетов основных узлов и элементов стенда;
- подбор необходимого оборудования и материалов;
- создание программного обеспечения для управления процессом испытаний;
- оценка экономической эффективности предложенного решения.

Графическая часть дипломного проекта включает чертежи основных деталей и сборочных единиц стенда, схемы электрических соединений, алгоритмы функционирования системы управления испытаниями.

Проект имеет практическое значение для предприятий автомобильной промышленности и сервисных центров, занимающихся ремонтом и обслуживанием транспортных средств. Реализация разработанного стенда позволит повысить качество проверки гидроусилителей руля, сократить затраты на проведение испытаний и обеспечить безопасность дорожного движения.

Abstract

The diploma project is devoted to the development of a test bench for hydraulic power steering of trucks. The project includes six chapters and a graphic part presented on ten sheets.

The aim of the study is to create effective testing equipment that provides a comprehensive check of the operability of the hydraulic power steering of a truck in various operating modes. To achieve this goal, the following tasks were solved:

- analysis of existing designs of test benches and identification of their shortcomings;
- development of a basic diagram of a new bench taking into account the design features of modern trucks;
- calculations of the main units and elements of the bench;
- selection of the necessary equipment and materials;
- creation of software for testing process management;
- assessment of the economic efficiency of the proposed solution.

The graphic part of the diploma project includes drawings of the main parts and assemblies of the bench, electrical connection diagrams, and algorithms for the functioning of the test control system.

The project is of practical importance for enterprises in the automotive industry and service centers engaged in the repair and maintenance of vehicles. The implementation of the developed stand will improve the quality of power steering testing, reduce testing costs and ensure road safety.

Содержание

Введение	6
1 Теоретические исследования объекта дипломного проектирования	8
1.1 Анализ конструкции усилителей рулевого управления, применяемых в автомобилестроении	8
1.2 Анализ конструкций стендов испытания гидравлических усилителей, используемых в автомобилестроении	16
2 Тягово-динамический расчет автомобиля	23
2.1 Исходные данные для расчета	23
2.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя	24
2.3 Расчет силового баланса	25
2.4 Расчет динамического фактора	26
2.5 Расчет мощностного баланса	27
2.6 Расчет ускорений транспортного средства	29
3 Конструкторский раздел дипломного проекта. Разработка конструкции стенда испытания ГУР	32
3.1 Обзор и анализ аналогов разрабатываемой конструкции стенда испытания ГУР	32
3.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления	40
3.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления	42
3.4 Расчеты конструкции разрабатываемого стенда, его узлов и деталей ...	50
4 Разработка технологического процесса обслуживания механизма ГУР грузового автомобиля	54
4.1 Обзор узла, принятого для технологической разработки	54

4.2 Разработка технологического процесса обслуживания механизма ГУР грузового автомобиля	55
5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки	60
5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования	60
5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования	63
5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	65
5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки	67
5.5 Обеспечение экологической безопасности	70
6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки	72
6.1 Описание участка и производимых работ	72
6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке	73
6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке	75
6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки	77
6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала	79
Заключение	83
Список используемой литературы и используемых источников	88

Введение

Современные грузовые автомобили предъявляют высокие требования к системам управления, в особенности к усилителям рулевого управления. Наличие гидравлического усилителя руля (ГУР) является критическим фактором, обеспечивающим безопасность и комфорт управления крупногабаритным транспортом, особенно в сложных дорожных условиях. Учитывая значительные усилия, необходимые для поворота руля грузового автомобиля, ГУР существенно облегчает управление, снижает физическую нагрузку на водителя и повышает его концентрацию на дорожной обстановке.

Гидравлический усилитель руля (ГУР) на грузовом автомобиле – не просто удобная опция, а жизненно необходимая система, равноценная по значимости антиблокировочной системе тормозов (ABS). Огромная масса современных грузовиков, необходимость маневрирования в ограниченном пространстве и значительное сопротивление механизмов поворота колес делают ГУР обязательным компонентом. Без него эксплуатация тяжелого грузовика попросту невозможна.

Вопрос облегчения управления транспортными средствами актуален с момента их зарождения. Уже на первых автомобилях понимали: безопасность напрямую связана со скоростью и точностью реакции управляемых колес на действия водителя. Первые решения были чисто механическими: например, увеличение рычага на паровых машинах позволяло усилить воздействие на рулевое управление. Однако, с ростом скорости и грузоподъемности транспортных средств, механические решения стали недостаточными, потребовались более совершенные системы усиления рулевого привода.

Постоянное совершенствование конструкции и характеристик ГУР – это непрерывный процесс, направленный на улучшение эксплуатационных показателей грузовых автомобилей. Повышение эффективности, надежности и долговечности ГУР напрямую связано с безопасностью дорожного движения и снижением затрат на эксплуатацию и ремонт. Для объективной оценки качества и

работоспособности ГУР, а также для проведения испытаний модернизированных или новых моделей необходимы специализированные испытательные стенды.

Данный дипломный проект посвящен разработке испытательного стенда для гидравлических усилителей рулевого механизма грузовых автомобилей. Работа состоит из шести глав, каждая из которых решает конкретные задачи, направленные на создание функционального и эффективного стенда.

В первой главе производится анализ объекта разработки – гидравлического усилителя руля, а также формулируются требования к усилию на рулевом колесе для различных условий эксплуатации грузового автомобиля. Вторая глава посвящена тяговому расчету грузового автомобиля, необходимый для определения параметров нагрузки на систему рулевого управления. Третья глава содержит конструкторский расчет стенда, включая выбор компонентов, определение мощности и обеспечение необходимой точности измерений. Четвертая глава описывает технологический процесс обслуживания ГУР на испытательном стенде. Вопросы обеспечения безопасности на рабочем участке испытательного стенда и экономический расчет проекта изложены в пятой и шестой главах соответственно.

Результаты данного дипломного проекта позволят создать испытательный стенд, который будет служить эффективным инструментом для оценки параметров и качества гидравлических усилителей рулевого управления, способствуя дальнейшему развитию и совершенствованию систем управления грузовых автомобилей.

1 Теоретические исследования объекта дипломного проектирования

1.1 Анализ конструкции усилителей рулевого управления, применяемых в автомобилестроении

Усилитель рулевого управления (УРУ), будь то гидравлический (ГУР), электрогидравлический (ЭГУР) или электрический (ЭУР), играет критически важную роль в обеспечении безопасности движения транспортного средства, особенно в случае грузовых автомобилей и автобусов. Его значимость определяется несколькими факторами.

Во-первых, управление тяжелым транспортным средством без УРУ требует значительных физических усилий, особенно при низких скоростях или маневрировании. Это приводит к усталости водителя, снижению концентрации внимания и, как следствие, повышению риска возникновения ДТП. УРУ значительно снижает необходимую силу на рулевом колесе, делая управление более легким и комфортным, что позволяет водителю оставаться внимательным на протяжении длительных поездок.

Во-вторых, УРУ обеспечивает более плавный и точный отклик на действия водителя. Это особенно важно в экстренных ситуациях, когда быстрая и точная реакция на изменение дорожной обстановки может предотвратить аварию. УРУ позволяет более эффективно контролировать транспортное средство, особенно на скользких покрытиях или при сильном ветре.

В-третьих, УРУ облегчает маневрирование в условиях ограниченного пространства, например, на городских улицах, парковках или при выполнении сложных маневров. Это способствует безопасности движения, снижая вероятность столкновений. В случае отсутствия УРУ, большие усилия, прилагаемые водителем, могут привести к преждевременному износу элементов рулевого механизма и даже его поломке. УРУ защищает рулевое управление от перегрузок, повышая его надежность и долговечность.

Также, значимым фактором выступает тот факт, что снижение физической нагрузки на водителя благодаря УРУ способствует улучшению эргономики рабочего места, повышая комфорт и снижая риск возникновения профессиональных заболеваний, связанных с перенапряжением.

В целом, УРУ – это не просто элемент комфорта, а важный компонент системы безопасности транспортного средства. Он напрямую влияет на управляемость, маневренность и безопасность вождения, снижая вероятность возникновения ДТП и повышая эффективность работы водителя. Отсутствие или неисправность УРУ существенно увеличивает риск аварийных ситуаций.

История усилителей рулевого управления тесно связана с развитием автомобилестроения. Первые автомобили, будучи небольшими и легкими, не требовали значительных усилий для управления. Однако по мере увеличения размеров и массы автомобилей, а также повышения скоростей, управление стало значительно сложнее и требовало больших физических затрат от водителя. Это привело к необходимости разработки систем, облегчающих управление.

Первые попытки улучшить управляемость были чисто механическими. Использовались различные рычажные механизмы, увеличивающие плечо приложения силы водителя, и различные варианты зубчато-реечных механизмов. Эти решения были неэффективны и не решали проблему полностью, особенно для больших и тяжелых автомобилей.

Революционным прорывом стало появление гидравлических усилителей рулевого управления (ГУР) в середине XX века. Первые ГУР были достаточно громоздкими и несовершенными, но они уже значительно облегчали управление, особенно на низких скоростях. Принцип работы был основан на использовании гидравлической жидкости, усиливающей усилия водителя с помощью гидравлического насоса и поршневого механизма. ГУР быстро получили широкое распространение, став стандартом для большинства легковых и грузовых автомобилей.

Дальнейшее развитие привело к созданию электрогидравлических усилителей рулевого управления (ЭГУР). В ЭГУР гидравлический насос

приводится в действие не постоянно работающим двигателем, а электромотором, который включается только при необходимости. Это позволило снизить энергопотребление и повысить эффективность системы. ЭГУР также стали более компактными и легче интегрировались в конструкцию автомобиля. Пример конструкции ЭГУР представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Электрогидравлический усилитель рулевого механизма (ЭГУР) Servotronic (США)

«ЭГУР Servotronic имеет в своем составе три основных компонента: электронную систему управления, насосный узел и гидравлический узел управления.» [11]

«Насосный узел электрогидравлического усилителя состоит из бачка для рабочей жидкости, гидравлического насоса и электромотора для него. На этот

компонент ставят электронный блок управления (ЭБУ). Отметим, что электрический насос бывает двух типов: шестеренчатый и лопастной. Простотой и надежностью отличается первый тип насоса.

Гидравлический узел управления включает в свой состав силовой цилиндр с поршнем и торсион (стержень, работающий на скручивание) с распределительной гильзой и золотником. Этот компонент интегрирован с рулевым механизмом. Гидравлический узел – это исполнительный механизм усилителя.

Входные датчики – датчик скорости, датчик крутящего момента на рулевом колесе. Если автомобиль оборудован ESP, то используется датчик угла поворота руля. Система также анализирует данные о частоте вращения коленвала двигателя.

Электронный блок управления обрабатывает сигналы от сенсоров, а после их анализа посылает команду исполнительному устройству.

В зависимости от вида электрогидравлического усилителя исполнительным устройством может быть электромотор насоса либо электромагнитный клапан в гидравлической системе. Если установлен электродвигатель, то производительность усилителя зависит от мощности мотора. Если же установлен электромагнитный клапан, то производительность системы зависит от размера проходного сечения.» [10]

В последние десятилетия получили широкое распространение электрические усилители рулевого управления (ЭУР). В ЭУР усилие создается непосредственно электромотором, воздействующим на рулевой вал. Это позволило сделать систему еще более компактной, эффективной и энергосберегающей. ЭУР активно используются в современных автомобилях, включая электромобили и гибридные автомобили. На рисунке 2 показан электрический усилитель, применяемый на большинстве современных автомобилей.



Рисунок 2 – Электроусилитель рулевого механизма

«Принцип работы электроусилителя рулевого управления автомобиля следующий. Установленный на валу привода датчик крутящего момента считывает усилие и направление приложения усилия. В зависимости от этого, подается сигнал на электрический двигатель привода, который связан с валом рулевого управления. Таким образом, двигатель способствует повышению усилия вращения привода.

Преимуществом такого привода является его сравнительно простая схема и минимальное количество различных деталей. Также эта система характеризуется высоким откликом на изменение усилия и позволяет дозировать усиление в зависимости от скорости движения транспортного средства.

Недостатком будет являться невысокая мощность, что обусловлено мощностью генератора. Это не позволяет использовать этот тип усилителя на тяжелых грузовиках и спецтехнике, не опасаясь за повышенную нагрузку на бортовую сеть транспортного средства.» [2]

Гидравлические усилители рулевого управления (ГУР), применяемые на грузовых автомобилях, отличаются от тех, что используются в легковых автомобилях, из-за значительно больших нагрузок и требований к надежности.

Грузовики имеют значительно большую массу, чем легковые автомобили, и требуют значительно большего усилия для поворота рулевого колеса. Поэтому ГУР для грузовиков обладают большей мощностью, чем их легковые аналоги. Это достигается использованием более мощных насосов, гидроцилиндров большего диаметра и более прочных компонентов. Все компоненты ГУР для грузовиков, включая насосы, клапаны, шланги и гидроцилиндры, изготавливаются из более прочных материалов и рассчитаны на длительную работу в тяжелых условиях эксплуатации, включая вибрации и ударные нагрузки.

Безотказная работа ГУР критически важна для безопасности движения грузового автомобиля. Поэтому особое внимание уделяется надежности и долговечности всех компонентов системы. Часто используются материалы с повышенной износостойкостью и специальные конструктивные решения, минимизирующие вероятность поломок. Вследствие высоких нагрузок, ГУР на грузовиках может перегреваться. Для предотвращения перегрева используются различные системы охлаждения, например, масляные радиаторы.

На грузовых автомобилях используются преимущественно интегральные (цельные) ГУР, где все основные компоненты объединены в одном корпусе. Это упрощает установку и обслуживание системы. Также могут применяться отдельные блоки насоса и гидроусилителя. Некоторые системы ГУР для грузовых автомобилей позволяют регулировать усилие на рулевом колесе в зависимости от скорости движения и нагрузки. Это повышает комфорт и безопасность управления. Некоторые современные ГУР для грузовиков могут включать дополнительные функции, такие как система обратной связи для электронных систем помощи водителю (например, системы стабилизации).

В целом, ГУР для грузовых автомобилей представляют собой высоконагруженные и надежные системы, обеспечивающие безопасное и комфортное управление тяжелыми транспортными средствами. Их конструкция и

характеристики приспособлены к специфическим требованиям эксплуатации грузовых автомобилей.

Принципиальная схема гидравлического усилителя рулевого управления представлена на рисунке 3.

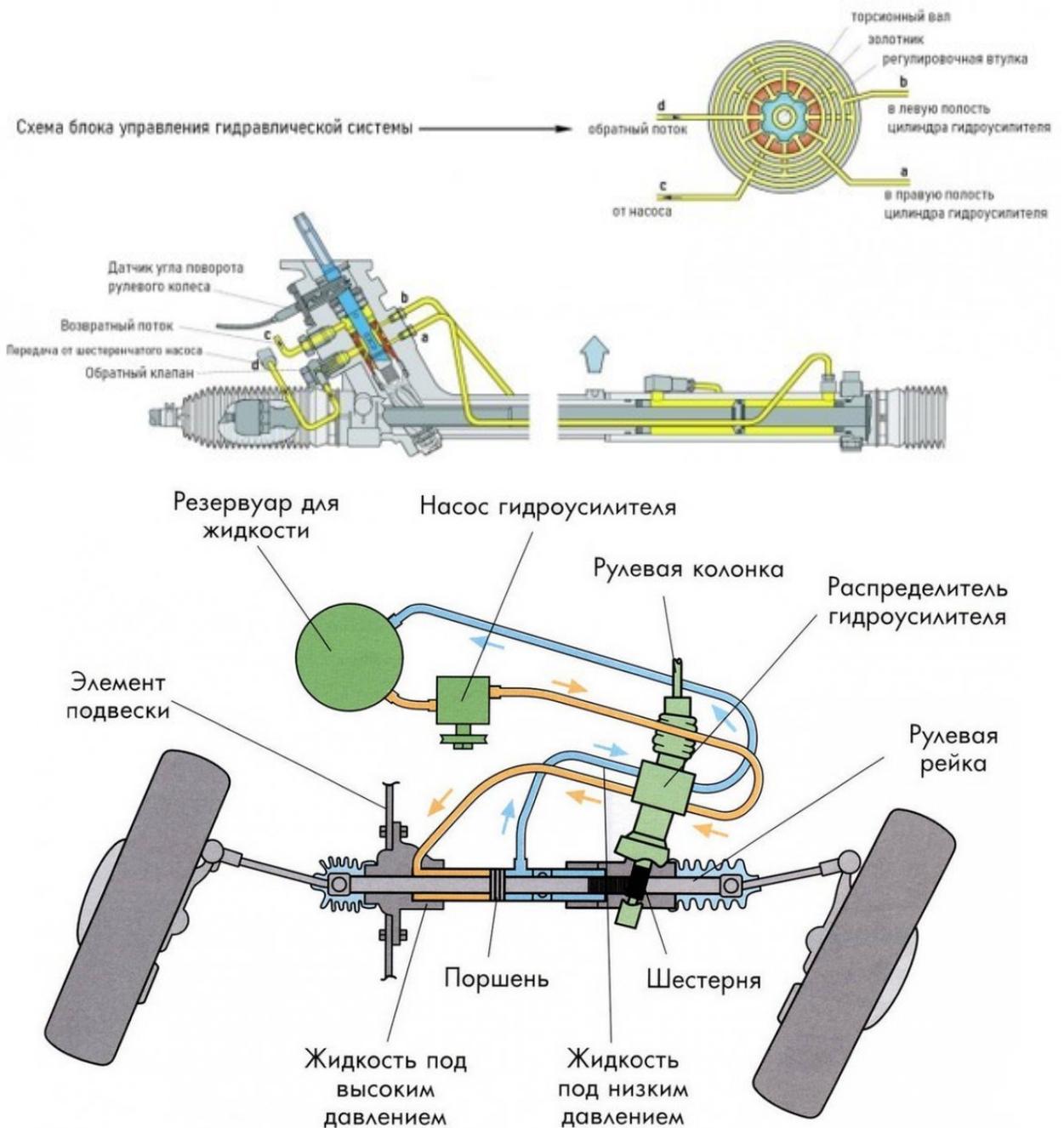


Рисунок 3 – Гидравлический усилитель рулевого управления

«Гидравлический усилитель рулевого управления использует давление жидкости для увеличения усилия поворота колес.

Насос приводится от двигателя и создает в системе рабочее давление. Гидравлический распределитель в системе отслеживает различные углы поворота рулевого колеса, подавая требуемое количество жидкости в соответствии с поворотом колес автомобиля. Исполнительный механизм может выполняться как в виде отдельного агрегата, так и в виде интегрированного привода в рулевом редукторе.

Данный тип усилителя имеет простую конструкцию, которая, между тем, позволяет значительно усиливать рулевое управление.» [4]

Современные тенденции развития систем УРУ направлены на следующие аспекты этих систем:

- минимизация энергопотребления, что особенно важна для электромобилей;
- более точный и быстрый отклик на действия водителя, адаптация к различным условиям движения;
- совместная работа с системами активной безопасности, такими как адаптивный круиз-контроль и система удержания полосы движения;
- уменьшение габаритных размеров и массы системы для повышения эффективности использования пространства и снижения общего веса автомобиля;
- разработка более долговечных и надежных компонентов.

В будущем можно ожидать дальнейшего развития систем УРУ в направлении их полной интеграции с другими системами автомобиля, создания адаптивных систем, подстраивающихся под стиль вождения и дорожные условия, а также использования новых материалов и технологий для повышения эффективности и надежности.

1.2 Анализ конструкций стендов испытания гидравлических усилителей, используемых в автомобилестроении

Раздел посвящен анализу существующих конструкций испытательных стендов для гидравлических усилителей рулевого управления (ГУР), применяемых в автомобилестроении. Выбор оптимальной конструкции стенда является критически важным этапом при разработке системы испытаний, так как от его характеристик зависят точность, достоверность и эффективность тестирования. В современных условиях автомобилестроения необходимость в высокоточных и надежных испытаниях ГУР обусловлена постоянно растущими требованиями к безопасности и комфорту эксплуатации транспортных средств.

В данном разделе будет представлен сравнительный анализ различных конструкций испытательных стендов, с акцентом на их сильных и слабых сторонах, функциональных возможностях, точности измерений, а также затратах на разработку и эксплуатацию. Это позволит определить наиболее подходящую конструкцию стенда, учитывая требования к точности испытаний, экономическую целесообразность и специфику тестируемых ГУР. Результаты анализа будут использованы в качестве основы для обоснования выбора конструкции стенда, разрабатываемого в рамках данного проекта.

«Одним из основных элементов гидравлической системы является гидронасос и гидроцилиндр, которые подвергаются различным испытаниям как в составе техники, для которой они предназначены, так и на специальных стендах.

Перед испытанием гидроцилиндров на стенде проводят контроль, при котором проверяют наружную герметичность, прочность, функционирование, а при предварительных приемных и периодических испытаниях определяют дополнительные показатели надежности и массу.» [3]

«Перед испытаниями проводят внешний осмотр гидроцилиндров и проверяют соответствие его деталей и узлов конструкторской документации. Качество материалов, комплектующих изделий должно быть подтверждено клеймами, сертификатами или протоколами испытаний. Соответствие деталей и узлов гидроцилиндров конструкторской документации должно быть

подтверждено картами измерений. При испытаниях должны быть использованы рабочие жидкости, указанные в конструкторской документации.

Испытание герметичности проводят созданием избыточного давления внутри гидроцилиндра, выдержкой под этим давлением с последующей оценкой утечки рабочего вещества. В отдельных случаях может задаваться значение недопустимого падения давления в гидроцилиндре в течение определенного времени.» [6]

На рисунке 4 представлен стенд для проведения испытания ГУР CTR-KV-HW0001.



Рисунок 4 – Стенд для испытания гидроусилителей рулевого управления
CTR-KV-HW0001

«Стенд является автономным, самостоятельно функционирующим изделием, и применяется, главным образом, для контроля технического состояния

гидроагрегатов после ремонта, а также для входного контроля новых гидроагрегатов, поступающих в качестве запасных частей. Основными потребителями данных стендов являются ремонтные подразделения крупных автотранспортных предприятий, выполняющие ТО, текущий и капитальный ремонты грузовых машин и специальной техники. Стенд CTR-KV-HW0001(CTR-KV-HW0001-10) позволяет проводить испытания ГУР и насосов ГУР, имитируя силовое воздействие на вал сошки гидроусилителя со стороны управляемых колес во всем рабочем диапазоне частоты вращения привода гидронасоса.

В качестве параметров технического состояния контролируются: механический и гидравлический люфт, момент на ведущем валу рулевых механизмов при заданном моменте сопротивления на валу сошки, давление, расход и температура рабочей жидкости, подводимой к гидроусилителю.

Оценка технического состояния испытуемого гидроусилителя производится при его подключении к установленному на стенде гидронасосу, техническое состояние которого заранее известно.

На стенде оценивается работоспособность гидроусилителя при разных значениях нагрузки на его выходном валу или исполнительном гидроцилиндре (имитируется сопротивление повороту управляемых колес со стороны дороги). При испытании ГУР следует руководствоваться технологическими картами на испытания, составляются Заказчиком и в комплект поставки стенда не входят. В качестве рабочей жидкости может быть использовано любое из гидравлических масел, применяемых в гидроприводах.» [14]

«Рассмотрим конструкцию стенда для технического обслуживания гидросистем автомобиля по а.с. №1421566, рисунок 5.

В стенде имеются сеть сжатого воздуха на давление $P_1 = 5 \text{ кг/см}^2$, сеть давления прокачки - продувки $P_2 = 5 \text{ кг/см}^2$, сеть рабочего давления $P_3 = 30 \text{ кг/см}^2$, сеть высокого давления $P_4 = 100 \text{ кг/см}^2$, вакуумная сеть с разрежением $P_5 = 500 \text{ мм рт.ст.}$ » [2]

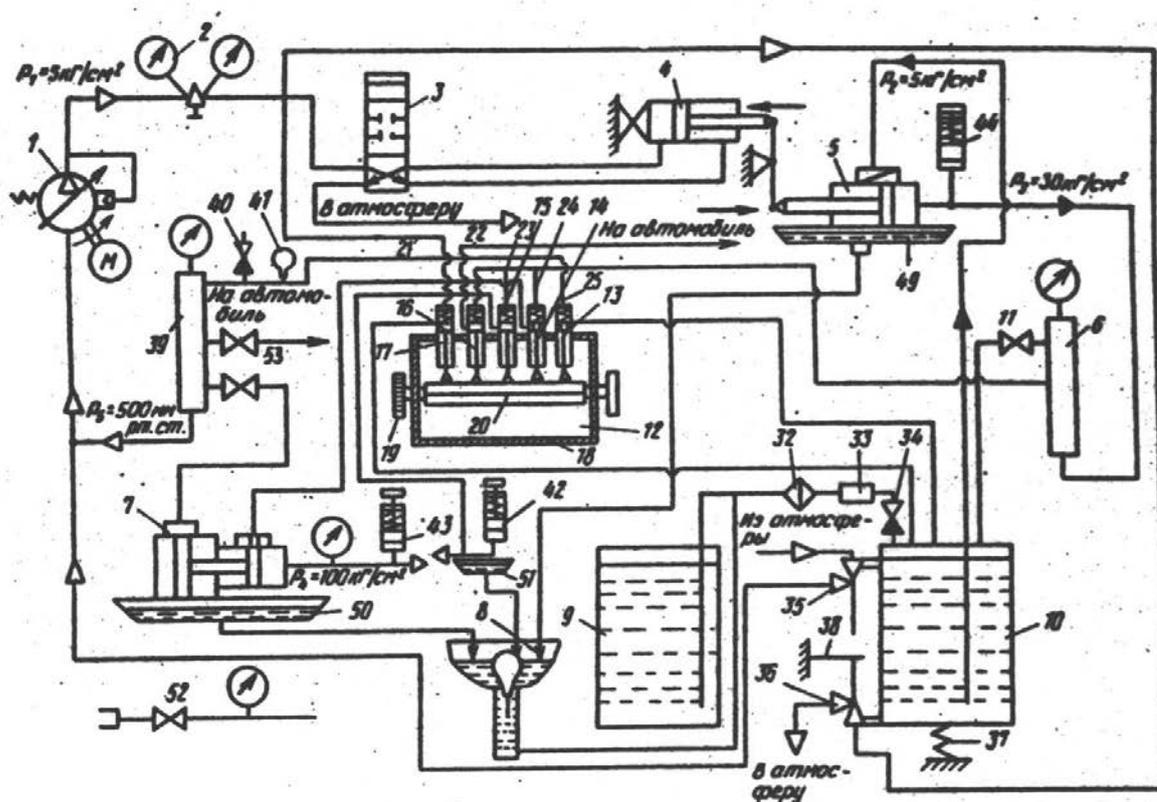


Рисунок 5 – Стенд для технического обслуживания гидросистем автомобиля по а.с. №1421566

«Стенд содержит компрессор 1 с управлением от давления нагнетания (с приводом от электродвигателя), баллонный редуктор 2, распределитель 3, который управляет работой пневморычажного усилителя 4, воздействующего на шток проверяемого главного тормозного цилиндра 5. Главный тормозной цилиндр 5 служит для создания в сети 40 рабочего давления P_1 , которое через коллектор 6 передается к узлам, проверяемым на стенде. Коллектор 6 служит также для отделения жидкости от воздуха, попадающего в трубопроводы при прокачке узлов.

Стенд работает следующим образом.

При прокачке гидроузлов на стенде жидкость, поступая в цилиндр, вытесняет имеющийся в системе воздух через канал, а после вытеснения всего воздуха давление жидкости заставляет поршень переместиться и прижимает его

резиновым кольцом к игле резинового штока, запирая выход жидкости из трубопровода.

Для автоматического сбора жидкости из подтекаемых гидроузлов в сливной бак применена система емкостей 49-51, а в самом баке установлен поплавок. Имеется также отдельный шланг с краном 52.

С помощью стенда можно производить прокачку, продувку и проверку под давлением на герметичность гидровакуумной системы-автомобиля, а также проверку исправности любых отдельных ее узлов непосредственно на автомобиле или стенде автоматическую прокачку гидроузлов на стенде, автоматический сбор жидкости из подтекаемых гидроузлов, на стенде и отсос ее в сливной бак.

Исходное положение всех распределителей нейтральное, ручки 19 распределительного вала 20 - в положении I, трубопроводы и баки заполнены жидкостью. Распределитель 3 показан в положении подачи сжатого воздуха на пневморычажный усилитель 4, а распределительный вал - в положении IV.» [15]

«Прокачка системы автомобиля осуществляется на гидроподъемнике или стенде, предназначена для вытеснения из системы пузырьков воздуха, которые ухудшают ее работу. Подающий гибкий трубопровод от клапана 15 через специальный штуцер присоединяют к заливному отверстию главного тормозного цилиндра автомобиля, а сливной гибкий трубопровод со стеклянной трубкой – к перепускному клапану, расположенному сбоку данного узла.

Ручка 19 управления устанавливается в положение I, при этом открываются клапаны 16 и 17. В расходном баке 10 и в сети давление жидкости $P_1 = 5$ кг/см. Одновременно открывается перепускной клапан, и прокачка производится согласно инструкции. Прокачка контролируется по наличию пузырьков воздуха в тормозной жидкости, протекающей через стеклянную трубку сливного трубопровода в переносной бак для сбора жидкости.» [1]

«После окончания прокачки ручка управления устанавливается в положение VI, при этом открывается клапан 13 и происходит сброс жидкости в расходной бак 10, сжатый воздух выходит через обратный клапан 40. При этом

резиновая груша 41 наполняется воздухом, а затем сжимается, что свидетельствует о начале процесса заполнения жидкостью расходного бака 10.

Продувка тормозной системы необходима для замены отработавшей жидкости, очистки трубопроводов и узлов системы от загрязнений, образующихся в процессе эксплуатации тормозной системы. Для этого подающий гибкий трубопровод от клапана 16 и сливной трубопровод подсоединяют к главному тормозному цилиндру автомобиля аналогично режиму прокачки. Кран 11 устанавливается в положение "Открыто", а ручка управления - в положение I, и сжатый воздух выдавливает жидкость из тормозной системы. Продувка производится согласно инструкции. После ее окончания кран 11 закрывается, а ручка управления устанавливается в положение VI.» [11]

«Доливка тормозной системы производится в следующей последовательности. Ручка управления устанавливается в положение I, подающий гибкий трубопровод устанавливается в горловину заливного бака главного тормозного цилиндра автомобиля. Через сетку в горловине бачка тормозная жидкость заливается в картер главного тормозного цилиндра до появления ее в отверстии крышки, крышка плотно заворачивается, а ручка управления устанавливается в положение VI.» [5]

В результате проведенного анализа конструкций испытательных стендов для гидравлических усилителей рулевого управления (ГУР), применяемых в автомобилестроении, и с учетом разнообразия типов ГУР, используемых на современных автомобилях, были выявлены ключевые особенности двух рассматриваемых типов стендов. Анализ показал, что каждый тип стенда обладает своими преимуществами и недостатками, обусловленными конструктивными решениями и функциональными возможностями.

Стенд для испытания гидроусилителей рулевого управления CTR-KV-NW0001 (рисунок 4) демонстрирует высокую точность измерений при испытаниях ГУР грузовых автомобилей, но характеризуется более высокой стоимостью и сложностью в настройке. Его применение оправдано при

необходимости проведения высокоточных исследований и сертификационных испытаний.

Стенд для технического обслуживания гидросистем автомобиля по авторскому свидетельству №1421566 (рисунок 5) отличается более простой конструкцией и меньшей стоимостью, что делает его экономически выгодным для проведения рутинных испытаний ГУР грузовых автомобилей. Однако, точность измерений несколько ниже по сравнению со стендом для испытания гидроусилителей рулевого управления СТР-KV-HW0001.

В заключение, выбор оптимальной конструкции стенда для испытания ГУР должен основываться на компромиссе между требуемой точностью измерений, стоимостью оборудования и сложностью его обслуживания, а также учитывать специфику испытываемых типов ГУР. Полученные результаты анализа позволяют обоснованно выбрать наиболее подходящую конструкцию для дальнейшей разработки и реализации проекта испытательного стенда.

2 Тягово-динамический расчет автомобиля

2.1 Исходные данные для расчета

«Тяговый расчет транспортного средства выполняется для уточнения мощностных параметров транспортного средства. Также тяговый расчёт выполняется для выбора необходимых параметров для расчёта тормозной системы автомобиля.» [1]

«Исходные данные для производимого в разделе расчета представим в таблице 1. В качестве исходных данных приняты параметры базового автомобиля, взятого в качестве базы для выполнения тягового расчета, а именно автомобиля КамАЗ-6520. Внешний вид транспортного средства представлен на рисунке 6.» [2]

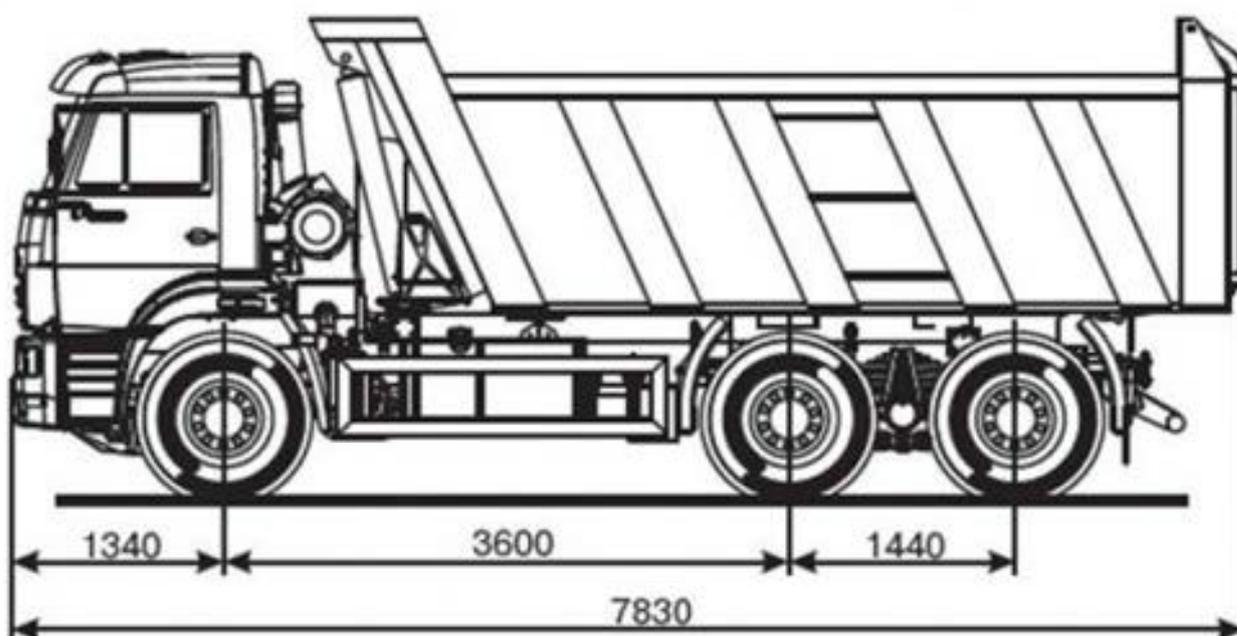


Рисунок 6 – Автомобиль КамАЗ-65225

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения тягового расчета

Параметр	Значение
Полная масса, M_a , кг	15350
Сухая масса, M_o , кг	9200
Максимальная скорость, V_{max} , км/ч	105
Мощность двигателя, N_{max} , кВт	157
Рабочая скорость, $V_{раб}$, м/с	1,1
Обороты максимальный мощности, n_{Nmax} , об/мин	2600
Минимальные обороты, n_{min} , об/мин	600
Максимальные обороты, n_{max} , об/мин	2930
Радиус колеса, r_k , м	0,508
Площадь лобовая, F , м ²	6
Гравитационная постоянная, g , м/с ²	9,81
Передаточное число главной передачи, $U_{гп}$	6,53
КПД трансмиссии, $\eta_{тр}$	0,82
Коэффициент сопротивления, K	0,65
Коэффициент сопротивления качения, f	0,02

2.2 Определение внешней скоростной характеристики двигателя

Тяговый расчет начинаем с расчета и графического построения внешней скоростной характеристики двигателя транспортного средства.

«Рассчитывают величины эффективной мощности N_e и крутящего момента T_e в зависимости от частоты вращения двигателя n_e , при полном открытии дроссельной заслонки или полной подаче топлива, по уравнениям (таблица 2):» [5]

$$N_e = N \left[a \left(\frac{n_e}{N_n} \right) + b \left(\frac{n_e}{N_n} \right)^2 - c \left(\frac{n_e}{N_n} \right)^3 \right]_{max}, \text{ кВт} \quad (1)$$

$$T_e = 9550 \frac{N_e}{n_e}, \text{ Нм} \quad (2)$$

Таблица 2 – Внешняя скоростная характеристика двигателя

п _е , об/мин	600	1000	1400	1800	2200	2600	2930
Н _е , кВт	29,56	57,38	87,39	115,95	139,37	154	156,8
Т _е , Нм	470,59	547,9	596,17	615,19	605,01	565,6	511,2

Также результаты расчета используются для построения диаграммы внешней скоростной характеристики, вынесенной на лист графической части.

2.3 Расчет силового баланса

«Силовой баланс строят, зная тяговую характеристику автомобиля и силы сопротивления дороги и воздуха.

Уравнение силового баланса имеет вид:» [7], [20]

$$P_T = P_d + P_v + P_i \quad (3)$$

Произведем расчет тягового усилия на ведущих колесах:

$$P_T = \frac{T_e \cdot U_K \cdot U_{ГП} \cdot U_d}{r_K} \cdot \eta_{ТГР} \quad (4)$$

Рассчитаем силу сопротивления дорожного полотна:

$$P_d = G_a \cdot \psi \quad (5)$$

где ψ – коэффициент суммарного сопротивления дороги.

«Для горизонтальной дороги $\psi = f$ может быть определён по формуле:» [7]

$$f = f_0 \left(1 + \frac{v_a^2}{20000} \right) \quad (6)$$

«где f_0 – коэффициент сопротивления качению для сухого асфальтового покрытия, при $V_a = 10 \dots 15$ км/ч;

V_a – скорость автомобиля, км/ч» [19]

Сила сопротивления воздуха рассчитывается по формуле:

$$P_B = \frac{K \cdot F \cdot V_a^2}{13} \quad (7)$$

Скорость автомобиля на каждой передаче определяют по формуле:

$$V_a = 0,377 \cdot \frac{n_e \cdot r_K}{U_{ГП} \cdot U_K \cdot U_d} \quad (8)$$

Расчет по формулам (3)-(8) представлен в приложении А в виде графиков тягового расчета и на листе графической части дипломного проекта.

2.4 Расчет динамического фактора

«Динамический фактор определяют при полной нагрузке автомобиля по формуле, Расчет приводится в таблице 3:» [1], [17]

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a} \quad (9)$$

«Выполненный расчет, в виде графиков зависимости динамического фактора от скорости движения автомобиля, с разбивкой по передачам автомобилей, приводится на листе графической части дипломного проекта.» [1]

Таблица 3 - Расчёт значений динамического фактора на каждой из передач в зависимости от скорости

V ₁	2,250279	3,750465	5,250651	6,750837	8,251023	9,751209	10,98886
D ₁	0,221511	0,257922	0,280586	0,289504	0,284676	0,266102	0,240429
V ₂	2,758179	4,596965	6,435751	8,274537	10,11332	11,95211	13,46911
D ₂	0,180715	0,210411	0,228886	0,236141	0,232175	0,216989	0,196014
V ₃	4,366546	7,277577	10,18861	13,09964	16,01067	18,9217	21,3233
D ₃	0,114126	0,13284	0,144445	0,148941	0,146328	0,136605	0,123232
V ₄	5,348688	8,914479	12,48027	16,04606	19,61185	23,17765	26,11942
D ₄	0,093148	0,108386	0,1178	0,121391	0,119158	0,111101	0,100071
V ₅	7,038873	11,73145	16,42404	21,11662	25,8092	30,50178	34,37316
D ₅	0,070733	0,082228	0,089254	0,091814	0,089905	0,083529	0,074906
V ₆	8,62607	14,37678	20,1275	25,87821	31,62892	37,37964	42,12397
D ₆	0,05766	0,066936	0,072515	0,074396	0,07258	0,067067	0,059735
V ₇	11,50143	19,16904	26,83666	34,50428	42,1719	49,83951	56,1653
D ₇	0,043114	0,049838	0,053673	0,054618	0,052673	0,04784	0,041677
V ₈	14,07775	23,46291	32,84807	42,23324	51,6184	61,00357	68,74633
D ₈	0,03507	0,040289	0,04301	0,043233	0,040958	0,036186	0,030368
V ₉	17,59718	29,32864	41,06009	52,79155	64,523	76,25446	85,93291
D ₉	0,027797	0,031512	0,032998	0,032256	0,029286	0,024087	0,018121
V ₁₀	21,59163	35,98606	50,38048	64,7749	79,16933	93,56375	105,4391
D ₁₀	0,022288	0,024664	0,024899	0,022992	0,018943	0,012752	0,006032

2.5 Расчет мощностного баланса

«По аналогии с уравнением силового баланса уравнение мощностного баланса можно записать в следующем виде:» [1]

$$N_T = N_d + N_B + N_{и} \quad (10)$$

«Решить это уравнение можно графически, для чего построим график мощностного баланса. На этот график нанесём зависимости на всех передачах, мощности двигателя (N_B) на высшей передаче, мощности заданного дорожного

сопротивления (N_d) и суммарной мощности дорожного и воздушного сопротивления ($N_d + N_b$) от скорости движения автомобиля.

Тяговая мощность определяется по уравнению:» [1]

$$N_T = N_E \cdot \eta_{TP} \quad (11)$$

«График тяговой мощности строится на каждой передаче в зависимости от скорости движения, соответствующей частоте вращения, для которой определялась мощность по скоростной характеристике.» [10]

«Эффективная мощность двигателя (N_e) строится в зависимости от скорости только на высшей передаче.

Мощности дорожного сопротивления и сопротивления воздуха рассчитывают в зависимости от скорости автомобиля по уравнениям:» [1]

$$N_d = \frac{P_d \cdot V_a}{3600} = \frac{G_a \cdot \psi \cdot V_a}{3600}, \text{ кВт} \quad (12)$$

$$N_b = \frac{P_b \cdot V_a}{3600} = \frac{K \cdot F \cdot V_a^3}{46800}, \text{ кВт} \quad (13)$$

«Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в результате расчета значения приведен в таблице 4 и таблице 5.» [2]

Выполненный расчет, в виде графиков зависимости мощностного баланса от скорости движения автомобиля, с разбивкой по передачам автомобилей, приводится на листе графической части дипломного проекта.

Таблица 4 – Расчёт значений мощностного баланса на каждой из передач

ne	N _T	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆	V ₇	V ₈	V ₉	V ₁₀
600	24,24	2,25	2,758	4,367	5,349	7,039	8,626	11,5	14,08	17,6	21,59

1000	47,05	3,75	4,597	7,278	8,914	11,73	14,38	19,17	23,46	29,33	35,99
1400	71,67	5,251	6,436	10,19	12,48	16,42	20,13	26,84	32,85	41,06	50,38
1800	95,08	6,751	8,275	13,1	16,05	21,12	25,88	34,5	42,23	52,79	64,77
2200	114,3	8,251	10,11	16,01	19,61	25,81	31,63	42,17	51,62	64,52	79,17
2600	126,3	9,751	11,95	18,92	23,18	30,5	37,38	49,84	61	76,25	93,56
2930	128,6	10,99	13,47	21,32	26,12	34,37	42,12	56,17	68,75	85,93	105,4

Таблица 5 - Изменение мощности сопротивления от скорости.

Va	15	30	45	60	75	90	105
Nв, кВт	0,281	2,25	7,594	18	35,16	60,75	96,47
Nд, кВт	14,76	30,5	48,21	68,88	93,48	123	158,5

2.6 Расчет ускорений транспортного средства

Произведем расчет ускорения транспортного средства на горизонтальном участке дороги:

$$j = \frac{D-\psi}{\delta} \cdot g, \text{ м/с}^2 \quad (14)$$

«где j – ускорение автомобиля;

ψ – коэффициент сопротивления дороги, соответствующий расчётной скорости движения автомобиля;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

δ – коэффициент учёта вращающихся масс, определяемый по уравнению:»

[2]

$$\delta = 1,03 + B \cdot U_K^2 \quad (15)$$

Для грузовых автомобилей значение $B = 0,04 - 0,05$.

«Расчёт значений ускорений на каждой из передач в зависимости от скорости выполнен с использованием пакета Microsoft Excel. Полученные в

результате расчета значения приведены в виде графиков на листах графической части дипломного проекта» [2]

Время разгона определяют, зная ускорение и скорость автомобиля.

При ускоренном движении автомобиля ускорение равно:

$$j = \frac{dV_a}{3,6 \cdot dt} \quad (16)$$

«Так как отсутствует аналитическая связь между ускорением j и скоростью V_a , то решение проводим графоаналитическим методом, пользуясь графиком ускорения автомобиля. Кривую ускорений разобьём на ряд интервалов и предположим, что в каждом интервале скоростей автомобиль разгоняется с постоянным средним ускорением (j_{cp}). Величину определим по формуле:

$$J_{cp} = \frac{j_1 + j_2}{2} \quad (17)$$

где j_1, j_2 – ускорения соответственно в начале и конце интервала скорости (V_1, V_2).» [1]

В результате проведенного тягово-динамического расчета автомобиля КамАЗ-6520 были получены следующие выводы.

В результате проведенного расчета были определены основные динамические характеристики автомобиля, такие как максимальная скорость, время разгона до заданной скорости, усилие тяги на колесах, динамический запас тяги на различных передачах и режимах движения. Расчет выявил влияние различных факторов на тягово-динамические характеристики, включая массу автомобиля, аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению, крутящий момент двигателя, передаточные числа трансмиссии, а также дорожные условия. Было установлено, как изменение каждого из этих параметров влияет на динамику разгона и максимальную скорость. Анализ результатов расчета позволил определить оптимальные режимы работы двигателя и трансмиссии для

достижения максимальной эффективности движения в различных условиях эксплуатации (например, на ровной дороге, в гору, при буксировке груза). Полученные результаты расчета позволяют оценить соответствие тягово-динамических характеристик автомобиля КамАЗ-6520 заданным требованиям технического задания или нормативным документам.

Статистика дорожно-транспортных происшествий подтверждает критическую важность исправной системы рулевого управления. Около 15% смертельных ДТП напрямую связаны с неисправностью тормозов, что подчеркивает необходимость разработки и внедрения высокоэффективных и надежных систем управления грузовым автомобилем (в том числе ГУР). При его проектировании необходимо учесть все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить максимальную безопасность и эффективность работы.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

3 Конструкторский раздел дипломного проекта. Разработка конструкции стенда испытания ГУР

3.1 Обзор и анализ аналогов разрабатываемой конструкции стенда испытания ГУР

Данный раздел посвящен обзору и анализу аналогов разрабатываемого стенда для испытания гидравлических усилителей рулевого управления (ГУР). Анализ существующих на рынке решений необходим для обоснования выбора технических решений, определения преимуществ и недостатков разрабатываемой конструкции, а также оценки ее конкурентоспособности. В ходе анализа будут рассмотрены различные типы стендов, учитывающие специфику испытаний различных типов ГУР, сравнены их функциональные возможности, точность измерений, стоимость и технические характеристики. Результаты сравнительного анализа позволят обосновать выбор оптимальных технических решений для разрабатываемого стенда и определить его конкурентные преимущества. Особое внимание будет уделено современным тенденциям в области испытательного оборудования для автомобильной промышленности и возможностям повышения эффективности и точности испытаний ГУР.

Стенды, применяемые на производстве автомобильной техники РИАТ, г. Набережные Челны, представлены на рисунке 7 и рисунке 8. Данные стенды являются разработкой и объектами собственного изготовления в условиях производства. Данные стенды используются при проведении операций технической приемки гидравлических усилителей грузовых автомобилей, а также в испытательной лаборатории для проведения ресурсных и лабораторных испытаний при проведении технической сертификации узлов автомобиля.

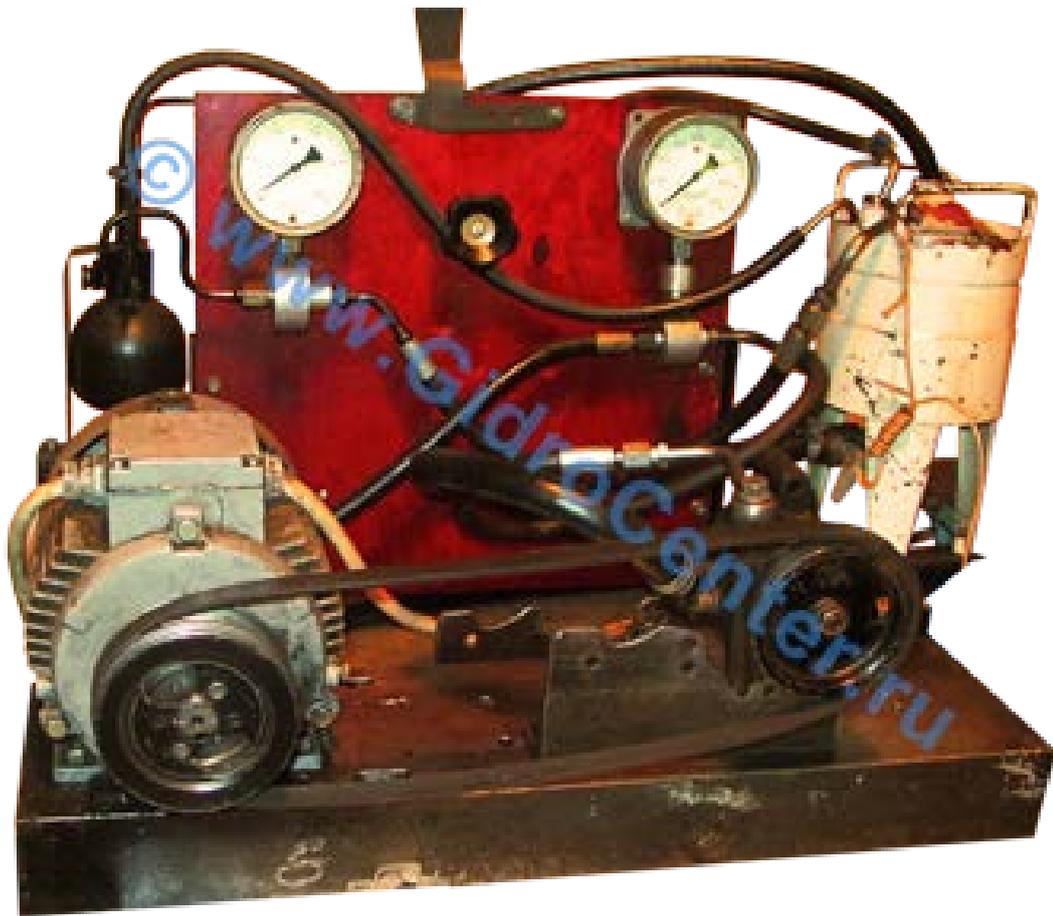


Рисунок 7 – Стенд испытания ГУР

Стенд предназначен для проведения испытаний гидроусилителей автомобилей. Стенд испытания ГУР — это специализированное оборудование, предназначенное для проверки работоспособности и параметров гидравлических усилителей рулевого управления. Он имитирует реальные условия работы ГУР, позволяя измерять различные параметры, такие как усилие на рулевом колесе, давление жидкости, крутящий момент, угол поворота руля и другие. Это позволяет оценить характеристики ГУР, выявить неисправности и оценить его соответствие техническим требованиям. Стенд включает в себя систему управления, измерительные приборы, силовой привод для имитации нагрузки и специальные зажимы для фиксации ГУР. Является объектом самоизготовления и используется для проведения выборочного контроля агрегатов автомобиля.

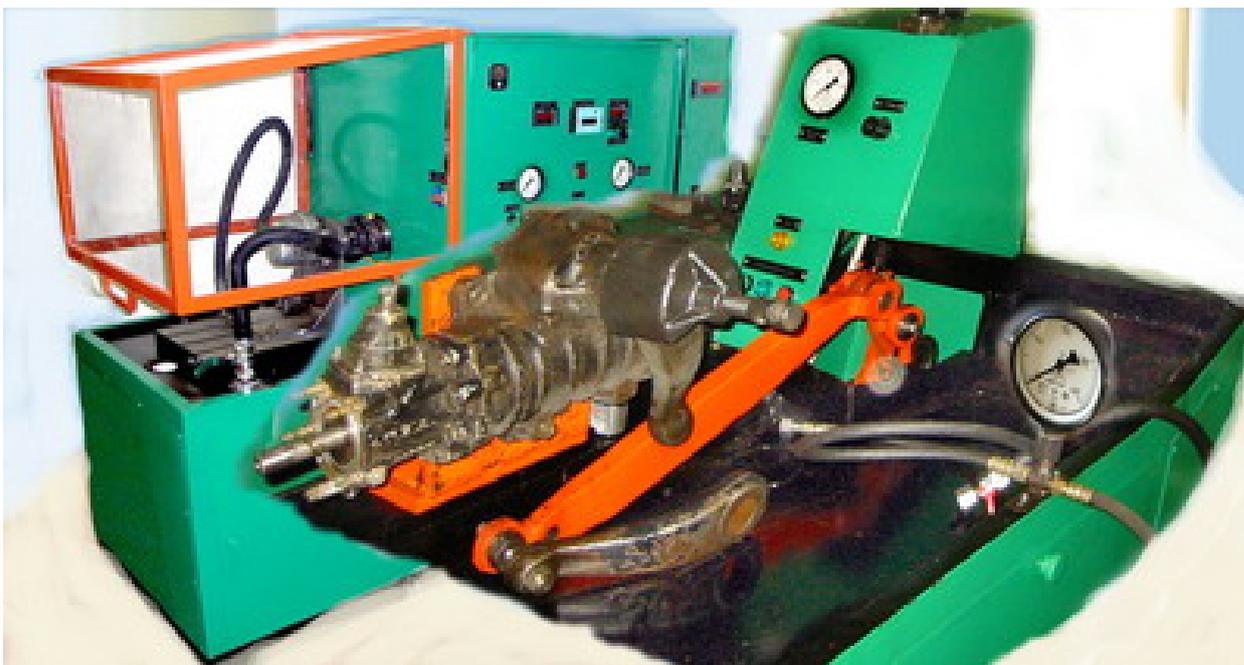


Рисунок 7 – Блок ГУР - специализированный модуль (приставка) для испытания гидроагрегатов

«Блок-Модуль ГУР предназначен для испытания гидроусилителей рулевого управления грузовых автомобилей, строительно-дорожных машин, тракторов и машин сельскохозяйственного назначения. Модуль используется в составе стенда СГМ. Технические характеристики в таблице 6.

Блок позволяет создавать на валу испытуемого гидроусилителя регулируемую нагрузку с помощью стендового гидроцилиндра, имитирующего силовое воздействие на гидроусилитель со стороны управляемых колес при движении автомобиля. Кроме того, модуль, при использовании его со стендом СГМ/м (с регулируемой частотой вращения), позволяет проводить испытания гидроприводов рулевого управления автомобилей и других колесных машин во всем рабочем диапазоне частоты вращения привода их гидронасоса (проверка работоспособности рулевого управления при движении машины вниз по наклонной плоскости при пониженной частоте вращения двигателя).» [11]

«Оценка технического состояния испытуемого гидроусилителя производится при его подключении к насосному блоку. На насосном блоке при

этом устанавливается специальный технологический насос или прошедший испытание гидронасос ГУР, техническое состояние которого заранее известно.

Стенд с приставкой ГУР позволяет контролировать следующие параметры:

- люфт и усилие поворота рулевого колеса;
- давление, расход и температуру рабочей жидкости, подводимой к гидроусилителю;
- расход рабочей жидкости на выходе с гидроусилителя;
- частоту вращения вала привода насоса гидроусилителя.

Гидроусилители рулевого управления устанавливаются на блоке на специальный кронштейн и соединяются гидравлически со стендом для испытаний гидронасосов. При этом выходной вал гидроусилителя соединяется с валом нагрузочного устройства блока.

При монтаже стенда в условиях эксплуатации блоки соединяются между собой гидравлическими и электрическими линиями и при работе представляют единую систему. В качестве рабочей жидкости может быть использовано любое из технических масел, применяемых в гидроприводах.» [22]

Таблица 6 – Технические характеристики блока ГУР

Параметр	Значение
Требуемая мощность привода гидронасоса ГУР, кВт.	Определяется моделью стенда СГМ
Диапазоны и погрешности измерения частоты вращения привода гидронасоса, расхода, давления и температуры рабочей жидкости	Определяются моделью стенда СГМ
Напряжение электропитания блока	380 В, 50 Гц.
Габаритные размеры блока, мм	1600x800x1500
Масса, кг, не более	200
Срок службы, лет, не менее	5

«В комплект поставки блока входит базовая технологическая оснастка, позволяющая испытывать гидроусилители рулевого управления автомобилей КамАЗ и МАЗ. Для испытания гидроусилителей рулевого управления других машин Заказчик изготавливает кронштейны и переходные муфты самостоятельно или по дополнительному заказу.» [2]



Рисунок 9 – Стенд для испытания усилителей рулевого управления
СГН/30м

«Стенд СГН/30м (рисунок 9) предназначен для послеремонтной обкатки, регулировки и контрольных испытаний гидронасосов и распределительно-регулирующей гидроаппаратуры рабочего оборудования тракторов, грузовых автомобилей и машин сельскохозяйственного назначения. Сертификат соответствия № РОСС RU. АЯ 46.В15677.» [14]

«Основной отличительной особенностью стенда СГН/30м от стенда СГН/30 является применение электропривода с микропроцессорным блоком управления частотой вращения и электронной системой измерения.

Преимущества:

Регулируемая частота вращения выходного вала стенда обеспечивает возможность проводить шадящую послеремонтную обкатку аксиально-плунжерных и поршневых гидронасосов, имеющих прецизионные сопряжения деталей качающих узлов, обеспечивая тем самым повышенный ресурс их работы (особенно актуально для дорогостоящих гидронасосов производства зарубежных фирм).

Обеспечивается возможность проводить испытания разных типов гидронасосов в соответствии с техническими требованиями на испытания - при номинальной частоте вращения приводного вала.

Электронная измерительно-управляющая система, позволяет существенно повысить достоверность проведения испытаний за счет наличия фискальных датчиков и возможности вывода измерительной информации на компьютер в текстовом и графическом виде (формируются и архивируются протоколы испытаний).» [7]

«Оценка технического состояния испытуемого гидроагрегата производится путем измерения расхода рабочей жидкости при заданных значениях давления и температуры. Загрузка испытуемого гидроагрегата осуществляется путем дросселирования потока рабочей жидкости на его выходе. Стенд имеет электропривод с микропроцессорным блоком управления частотой вращения, который приводит во вращение выходной вал стенда с номинальной частотой вращения 2500 1/мин., и позволяет осуществлять реверс направления вращения выходного вала. При работе стенда рабочая зона защищается специальным подвижным экраном. Требуемая температура рабочей жидкости (РЖ) поддерживается в автоматическом режиме встроенной системой термостабилизации. Измерения параметров РЖ (расхода, давления и температуры) проводятся с использованием электронных измерительных

приборов, позволяющих (в случае необходимости) выводить результаты измерений на компьютер для их последующей обработки.» [1]

«Техническое состояние гидроагрегатов оценивается путем определения наружных и внутренних утечек через уплотнения и прецизионные сопряжения их составных частей, а также давления настройки клапанных устройств. Внутренние утечки оцениваются как разность между значениями расхода РЖ на входе и выходе испытуемого гидроагрегата.» [7]

Технические характеристики представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Основные параметры стенда

Наименование параметра	Значение
Мощность электродвигателя привода выходного вала стенда, кВт	30
Тип электропривода	С микропроцессорным блоком управления частотой вращения выходного вала стенда
Диапазон измерения расхода рабочей жидкости, литрах / мин.	до 160
Класс точности измерителя расхода, %	1,0
Пределы измерения давления, Мпа (кгс/см ²)	16,0 (160)
Класс точности манометров, %	1,5
Диапазон измерения температуры рабочей жидкости, °С	0 – 100
Класс точности термометра, град.С	1
Напряжение электропитания стенда	380 В, 50 Гц.
Габаритные размеры стенда, мм	1800x800x1700 мм;
Масса стенда (без заправки рабочей жидкостью), кг, не более	600
Объем заправки рабочей жидкостью, литр.	200
Срок службы, лет, не менее	5

На рисунке 10 представлен стенд для проверки гидравлических усилителей рулевых механизмов *GidroCenter*. Работа стенда основана на использовании

циркуляционного насоса в качестве нагрузочного устройства. Стенд измеряет давление, создаваемое насосом и усилие, которое передает механизм усиления рулевого управления.

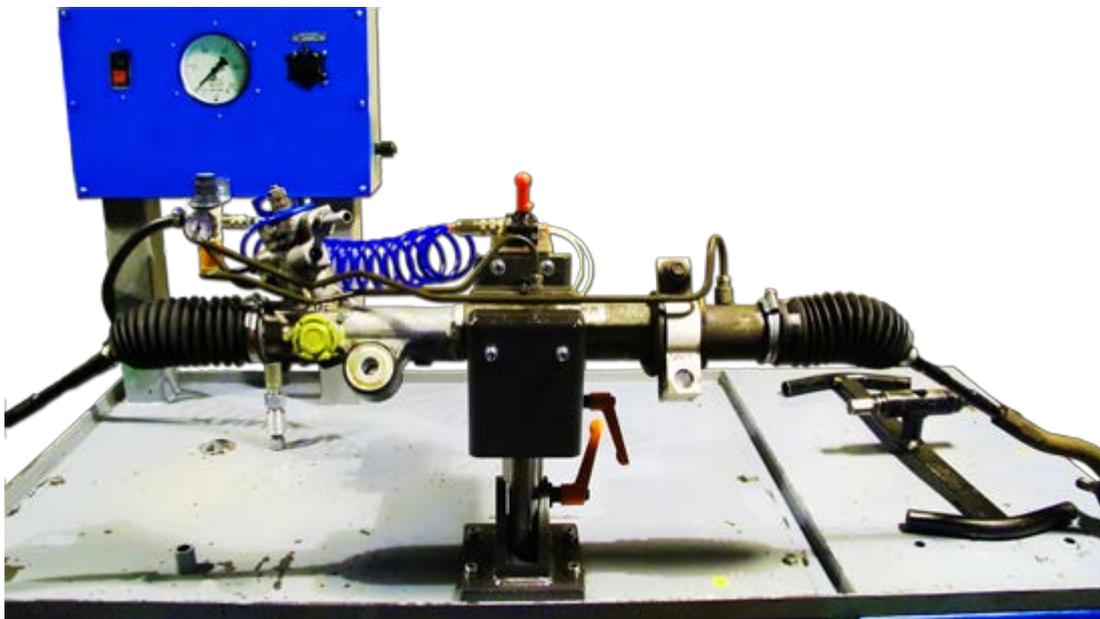


Рисунок 10 – Стенд HidroCenter

Предназначен для проверки систем гидроусилителя легковых автомобилей и микроавтобусов. Стенд HidroCenter имитирует реальные условия работы ГУР, позволяя измерять различные параметры, такие как усилие на рулевом колесе, давление жидкости, крутящий момент, угол поворота руля и другие. Это позволяет оценить характеристики ГУР, выявить неисправности и оценить его соответствие техническим требованиям. Стенд включает в себя систему управления, измерительные приборы, силовой привод для имитации нагрузки и специальные зажимы для фиксации ГУР.

На основании проведенного анализа конструкции стенда испытания ГУР, сформулируем техническое задание и техническое предложение на разработку стенда.

3.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления

Техническое задание устанавливает общие требования к созданию стенда для испытаний гидроусилителей рулевого управления (ГУР). Данный стенд необходим для проверки эксплуатационных качеств, выявления дефектов и оценки основных технических показателей различных типов автомобильных гидроусилителей.

Основанием для разработки настоящего технического задания являются производственная необходимость, увеличение количества ремонтируемых автоагрегатов и потребность в повышении надежности проводимых проверок.

Разработчик обязан руководствоваться действующими стандартами и техническими регламентами Российской Федерации, включая ГОСТы и международные стандарты (при наличии соответствующих национальных аналогов):

- ГОСТ Р 50723–94 «Гидравлические приводы объемные. Насосы и гидромоторы. Методы определения параметров».
- ГОСТ 12.2.003–91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности».
- Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП).

Целью разработки стенда является создание эффективного инструмента контроля качества и диагностика возможных повреждений гидроусилителей рулевого управления автомобилей, используемых в автопредприятиях и предприятиях автомобилестроения.

Стенд представляет собой специализированное устройство, предназначенное для тестирования функциональных возможностей, регулировки, измерения и анализа ключевых параметров гидроусилителей рулевой системы транспортных средств разных марок и производителей.

Основные компоненты стенда включают:

- устройство крепления и фиксации испытываемого образца;
- гидравлический блок питания;
- контрольно-измерительные приборы (манометры, датчики давления);
- электронную систему управления процессом испытаний;
- панель оператора для ввода режимов испытаний и отображения результатов.

Основные технические характеристики

- Рабочее давление: 5—10 МПа.
- Объем бака: 50 л.
- Рабочая жидкость: Масло ATF Dexron III.
- Скорость вращения вала: 0—1500 мин⁻¹.
- Максимальная нагрузка: 50 Н·м.
- Питание сети: 380 В / 50 Гц.
- Габариты (Ш×В×Г): 1500 × 1200 × 1000 мм.
- Вес: ≤ 300 кг.

Режимы испытаний на стенде необходимо обеспечить в следующем объеме:

- имитация штатных условий эксплуатации ГУР автомобиля;
- определение максимальной производительности и давления подачи жидкости;
- выявление течей и деформаций уплотнений;
- проверка герметичности соединений и трубопроводов;
- тестирование предохранительных клапанов и обратных магистралей.

Конструкция стенда должна соответствовать нормам электробезопасности, противопожарной защиты и охраны труда. Должны предусматриваться защитные ограждения подвижных частей, сигнализация перегрузок и блокировки.

«Пульт управления выполнить из черной ударопрочной пластмассы. На пульте выполнить кнопки «ПУСК» и «СТОП», причем кнопку «ПУСК» выполнить из черного пластика, а кнопку «СТОП» выполнить большего размера и из красного пластика. Усилие нажатия на кнопку не более 15 Н. Пульт расположить на высоте 1000-1100 мм от уровня пола. Рабочая поза оператора за пультом: стоя.

Внешние очертания механизма должны отвечать требованиям технической эстетики и передавать функциональный характер, острые углы рекомендуется скруглить, рекомендуется окрасить раму и выступающие агрегаты в оранжевый цвет. Внутренние поверхности дверок электрошкафов и защитных кожухов окрасить в красный цвет.» [17]

«Для безотказной и эффективной работы данного изделия ТО данного изделия должно проводиться не менее 1 раза в 3 месяца. Составные части конструкции легко должны подвергаться сборке-разборке при замене деталей или транспортировке. Для защиты от коррозии все основные металлические поверхности должны быть окрашены влаго-маслостойкими красками. Детали вращения должны быть смазаны и защищены от попадания пыли и грязи.» [11]

Проект выполняется поэтапно, включающий проектирование, изготовление прототипа, проведение заводских испытаний, доработку конструкции и финальную сдачу готового изделия заказчику.

Таким образом, настоящее техническое задание описывает необходимые требования и параметры стенда для комплексного тестирования и диагностики автомобильных гидроусилителей рулевого управления, обеспечивая повышение качества сервиса и сокращение затрат на ремонт автотранспорта.

3.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления

Целью проекта является разработка современного испытательного стенда, обеспечивающего проверку работоспособности, выявление неисправностей и оценку техпараметров различных типов гидроусилителей. Проект позволит значительно повысить качество диагностики, сократить сроки ремонта и увеличить надежность эксплуатации автомобильной техники.

Задачами разработки, в рамках технического предложения, являются:

- создание надежного автоматизированного комплекса для комплексной проверки всех функций ГУР;

- повышение точности диагностики и объективности контрольных процедур;

- сокращение времени диагностики и устранения неисправностей;
- предоставление оперативной информации о состоянии агрегатов.

Предлагаемый стенд обеспечивает выполнение следующих операций:

- проведение статических и динамических тестов прочности конструкций;

- анализ состояния механических компонентов ГУР;
- измерение фактического расхода рабочей жидкости;
- определение предельных уровней вибрации и шумов;
- фиксирование изменений давления масла в процессе эксплуатации;
- автоматическая обработка и визуализация полученных данных;
- поддержка интерфейсов обмена информацией с внешними устройствами.

Для автоматизации процессов диагностики и оптимизации настроек предусмотрено использование специализированных модулей программного обеспечения с дружественным графическим интерфейсом, возможностью сохранения истории тестов и интеграции с ERP системами предприятий.

Структура стенда предусматривает возможность дальнейшего развития и модернизации путем добавления новых блоков диагностики и управления, расширяя круг решаемых задач и увеличивая диапазон обслуживаемых моделей автомобилей.

Технические характеристики стенда соответствуют современным стандартам отрасли и обеспечивают широкий спектр задач диагностики и тестирования.

Основные параметры стенда:

- Напряжение питания: однофазная сеть 220 В $\pm 10\%$, частота 50 Гц;
- Допустимая температура окружающей среды: от +5 °С до +40 °С;
- Рабочая влажность воздуха: до 80%;
- Интервал воспроизводимости давления: $\pm 0,5$ бар;

- Расход масла при максимальном нагрузочном цикле: до 10 литров/мин.;
- Гарантийный срок эксплуатации: не менее 2-х лет;
- Время готовности к работе после включения: не более 1 минуты.

Реализация предложенного проекта обеспечит значительные конкурентные преимущества вашим сервисным центрам и автомобильным предприятиям.

Общая ориентировочная стоимость разработки и внедрения стенда составляет сумму порядка 500000 рублей. Срок реализации проекта — около 12 месяцев, начиная с момента утверждения технического задания.

«Контроль проверяемого насоса будет осуществляться по величине его производительности и развиваемому давлению на соответствующих оборотах. Для контроля параметров будет использованы соответствующие приборы. Контроль работоспособности рулевого редуктора будет производиться по величине развиваемого в процессе работы давления стендовым насосом, а также по соотношению усилия на приводном валу и на рулевой сошке. Усилие на рулевой сошке задается нагружающим устройством. Усилие на приводном валу будет контролироваться при помощи динамометрического ключа.

Для детальной проработки различных узлов установки рассмотрим электрическую и гидравлическую схемы установки.» [11]

Электрическая схема установки представлена на рисунке 11.

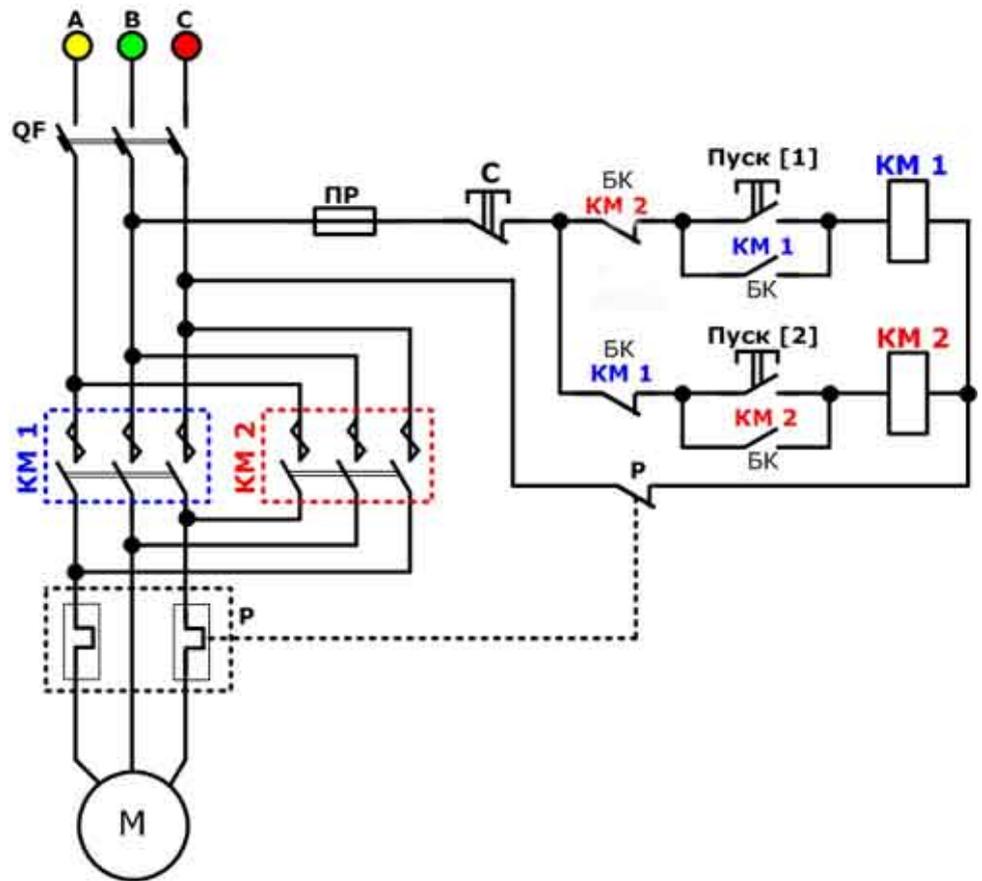
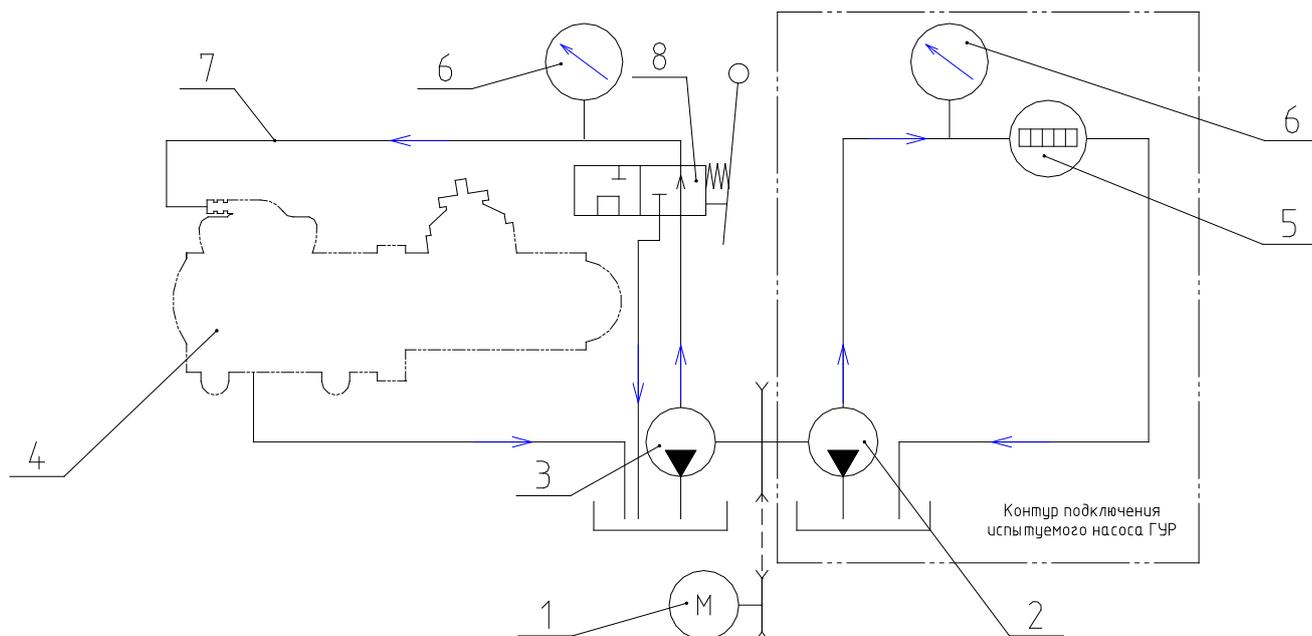


Рисунок 11 – Электрическая схема подключения двигателей установки

«На рисунке 10 представлена схема подключения двигателей стенда. Так как предполагается использовать в конструкции электродвигатели с мощностью до 5 кВт, то схема представленная на рисунке выполнена сообразно с мощностью. Двигатель подключен по европейской схеме, маркировка на схеме также европейская. Отличия в подключении тягового двигателя и двигателя привода состоят лишь в том, что при подключении двигателя привода применяется концевой выключатель, позволяющий останавливать двигатель при превышении допустимой нагрузки, например при блокировке перепускного клапана.» [20]

Гидравлическая схема представлена на рисунке 12

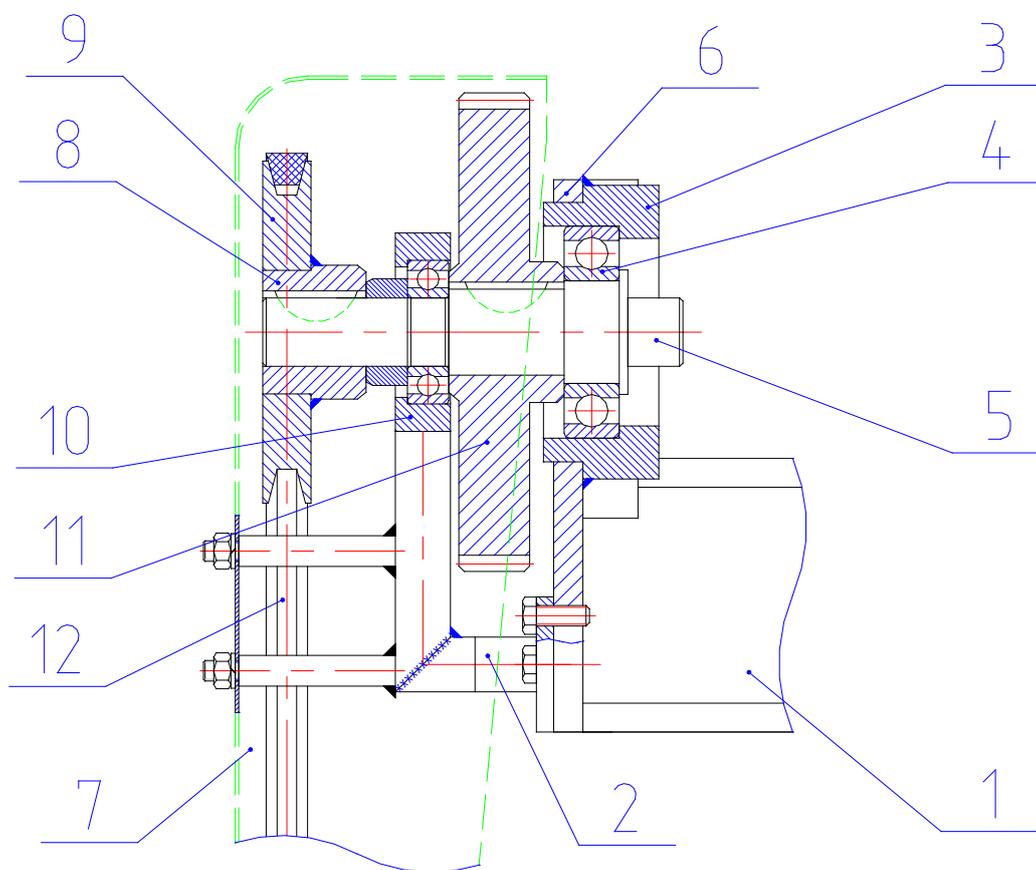


«1 – электродвигатель; 2 – испытуемый насос; 3 – стандовый насос; 4 – редуктор ГУР; 5 – счетчик расхода; 6 – манометр; 7 – магистраль; 8 - двухходовой кран.» [12]

Рисунок 12 - Гидравлическая схема устройства

«Гидравлическая схема предполагает применение двух насосов. Один стационарно располагается на стенде и служит для обеспечения подачи рабочей жидкости при проведении испытаний редуктора гидроусилителя. Второй насос подключается только в случае проведения работ по его испытанию. Схема функционирует следующим образом. При испытании масляного насоса, испытуемый насос подключается к стандовому приводу. Переключатель подачи жидкости переводится в положение, обеспечивающее холостой ход стандового насоса. После этого, включается привод и производится снятие показаний по величине расхода и развиваемому насосом давлению. По имеющимся показаниям, делается вывод о работоспособности насоса. При проведении испытаний редуктора ГУР, последний подключается к стандовому насосу. Кран переводится в положение рабочего хода, после чего запускается привод. Испытания редуктора осуществляется за счет контроля давления, развиваемого стандовым насосом при

осуществлении работы редуктора. Контроль усилия на ведущем валу редуктора проводится при помощи динамометрического ключа. Охлаждающих устройств не предполагается, так как время работы стенда в целом незначительно.» [11]



«1 – рама; 2 – кронштейн крепления опоры; 3 – корпус задней опоры; 4 – подшипник; 5 – вал привода; 6 – пластина опорная; 7 – кожух; 8 – втулка шкива; 9 – шкив; 10 – опора; 11 – приводная шестерня.» [12]

Рисунок 13 – Механизм привода насосов

«При проведении анализа вариантов исполнения различных узлов на первый план выдвигается соответствие их основным задачам конструирования и соблюдение при выполнении основных технологических и конструкционных норм.

На разрезе, показанном на рисунке 13, представлен вариант конструктивного решения нагружающего устройства стенда. Нагружающее устройство стенда представляет собой цилиндрический корпус с помещенным внутрь штоком, с парой пружин. Пружины создают необходимую нагрузку при работе рулевого редуктора. Установка пружин в корпус производится без предварительного натяга, поэтому при работе не создается дополнительных нагрузок и не искажаются усилия действия. Для облегчения перемещения штока и для снижения износа крышек, в них запрессованы бронзовые втулки. Шайба крепится к штоку при помощи сварки, что позволит передавать значительные усилия и значительно упростить эксплуатацию конструкции. Крышки при сборке вворачиваются до упора в пружины, но без поджима пружин.» [4]

«Механизм привода насосов предполагает обеспечение передачи крутящего момента от электродвигателя к ведущей шестерне при помощи ременной передачи. Предполагается размещение на стенде одновременно нескольких насосов – стендового и испытуемого. В качестве приводной шестерни будет использована приводная шестерня автомобиля КамАЗ. Закрепление предполагается в двух опорах: передней, крепящейся при помощи кронштейна к щиту, и задней, крепящейся к щиту при помощи сварки. Насосы входят с приводной шестерней в постоянное зацепление. Если для испытания насоса не требуется наличия подключенного редуктора, то в этом случае, стендовый насос работает перекачивая рабочую жидкость вхолостую. Конструкция привода, вид спереди, представлена на рисунке 14.» [11]

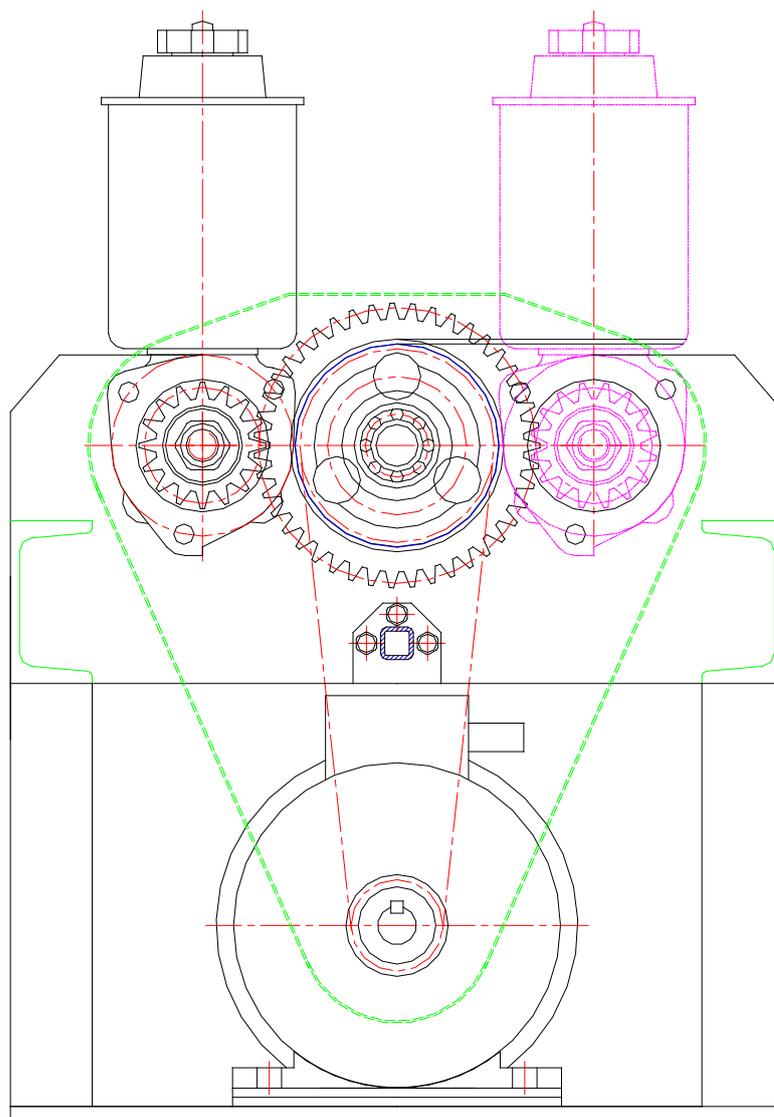


Рисунок 14 – Механизм привода насосов, вид спереди

«Каркас установки выполняется из пространственно сваренных швеллеров, таким образом, чтобы она образовывала рамную конструкцию, что, во-первых, повышает прочность конструкции, а во-вторых, визуально создает ощущение надежности и устойчивости всей рамы в целом. Силовые узлы и агрегаты следует выполнить в защитных кожухах, что позволит уберечь их от попадания пыли и влаги. Следует выполнить размещение узлов таким образом, чтобы не создавалось впечатления избыточности механизмов, но в то же время они все должны составлять единое композиционное решение внешнего вида установки, в частности следует четко разделить механизм привода и механизм нагружения.

Подобное решение подчеркнет роль каждого узла в механизме и позволит рабочему легче сориентироваться в конструкции.» [11]

3.4 Расчеты конструкции разрабатываемого стенда, его узлов и деталей

«Произведем расчет на прочность рамы, исходя из рассчитанной величины изгибающего момента. Балка рамы – швеллер № 12Б2, $W = 53,0 \cdot 10^{-6}$

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W \quad (18)$$

$$\sigma_{\max} = 5000 / 53,0 \cdot 10^{-6} = 94 \text{ МПа} < [\sigma] = 200 \text{ МПа}$$

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.» [16]

«В качестве двигателя применяем асинхронный двигатель серии 4А, при минимальной частоте вращения 750 об/мин, передаточное число привода принимается 2, что предполагает применение ременной передачи. Для обеспечения вращения при приводе от одного двигателя предполагается применение открытой шестеренной передачи. Тогда фактическая мощность двигателя при оборотах $n = 750$ об/мин должны составлять:

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{пп}} \cdot \eta_{\text{шест}}, \quad (19)$$

$$N = N_{\text{в}} / \eta_{\text{пр}}, \quad (20)$$

где $\eta_{\text{пр}}$ – КПД привода

$\eta_{\text{рем}} = 0,94$ – КПД ременной передачи

$\eta_{\text{пп}} = 0,99$ – КПД пары подшипников

$\eta_{\text{шест}} = 0,92$ – КПД шестерен» [12]

$$\eta_{\text{пр}} = 0,94 \cdot 0,992 \cdot 0,92 = 0,847$$

$$N = 1,04 / 0,847 = 1,23 \text{ кВт}$$

«Данному условию, с учетом крутящего момента и мощности, рассчитанным выше, соответствует двигатель 4A112MA8Y3 ГОСТ 19523 – 81, обороты на валу 1500 об/мин, мощность двигателя 2,2 кВт.» [13]

«Произведем расчет ременной передачи привода щеток.

Диаметр меньшего шкива:

$$d_{p1} = (1100...1300) \sqrt[3]{\frac{N}{n}}, \quad (21)$$

где d_{p1} – диаметр меньшего шкива, мм

N – передаваемая передачей мощность, кВт

n – частота вращения быстроходного вала, об/мин» [12]

$$d_{p1} = (1100...1300) \sqrt[3]{\frac{2,2}{1500}} = 113,5$$

«Принимаем диаметр приводного шкива 100 мм.

Диаметр большего шкива:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot u \cdot (1 - \varepsilon), \quad (22)$$

где d_{p1} – диаметр меньшего шкива, мм

d_{p2} – диаметр большего шкива, мм

ε - коэффициент скольжения прорезиненного ремня» [9]

$$d_{p2} = 100 * 2 * (1 - 0,01) = 198$$

Скорость ремня:

$$v = \frac{\pi * d_{p1} * n}{60000} \quad (23)$$

$$v = \frac{3,14 * 100 * 1500}{60000} = 7,85$$

Для ременных передач межосевое расстояние принимается из соотношения:

$$a \geq 2 * (d_{p1} + d_{p2}) \quad (24)$$

$$a \geq 2 * (100 + 198) = 236$$

Таким образом минимальное расстояние между центрами 236 мм.

В результате выполнения раздела дипломного проекта «Разработка конструкции стенда испытания ГУР» выполнены следующие работы, в соответствии с заданием на дипломное проектирование. Проанализированы существующие конструкции стендов для испытания гидроусилителей рулевого управления грузовых автомобилей. Определены достоинства и недостатки имеющихся решений, выявлены направления совершенствования существующих конструкций.

Разработано техническое задание на создание стенда для испытаний гидроусилителей рулевого управления грузового транспорта. Установлены требования к функциональности, техническим характеристикам и условиям эксплуатации стенда. Подготовлено техническое предложение, содержащее детальные рекомендации по конструктивным особенностям стенда, перечню необходимого оборудования и используемым материалам. Предложено оптимальное расположение механизмов и узлов стенда.

Произведены инженерные расчёты основных узлов и деталей конструкции стенда, позволяющие подтвердить достаточность прочности, надёжности и долговечности разрабатываемого оборудования. Определён перечень необходимых контрольно-диагностических приборов и датчиков, обеспечивающих полноценную диагностику гидроусилителей рулевого

управления грузовиков, а также средства автоматики и телеметрии для оперативного фиксирования показаний и обработки данных испытаний.

Разрабатываемый стенд позволяет проводить комплексные испытания, оценивать рабочие характеристики и выявлять дефекты, что существенно повышает эффективность диагностики и снижает риски выхода из строя дорогостоящего оборудования в условиях реальной эксплуатации. Таким образом, выполнены все необходимые мероприятия для последующего этапа конструирования и сборки опытного образца стенда.

4 Разработка технологического процесса обслуживания механизма ГУР грузового автомобиля

4.1 Обзор узла, принятого для технологической разработки

Современный грузовой транспорт оснащается сложными системами, обеспечивающими комфорт водителя и безопасность движения. Одной из важнейших составляющих транспортного средства является система рулевого управления, оборудованная гидравлическим усилителем (ГУР). ГУР облегчает усилия водителя при повороте колес, повышая управляемость автомобиля и снижая утомляемость водителя, особенно при длительных поездках и маневрах.

Однако работа гидроусилителя связана с определенными рисками: износ уплотнительных элементов, засорение каналов и нарушение герметичности могут привести к отказу всей системы, ухудшению управляемости автомобиля и даже аварии. Поэтому своевременное и качественное обслуживание ГУР становится важнейшей задачей для любого перевозчика.

«Чтобы уменьшить усилия, затрачиваемые при повороте рулевого колеса, смягчения ударов, передающихся на рулевое колесо при наезде управляемых колес на неровности дороги, и повышения безопасности при разрыве шин переднего колеса, в конструкцию рулевого управления некоторых автомобилей вводят специальные гидроусилители.

Рулевой механизм является основой рулевого управления, где он выполняет следующие функции:

- увеличение усилия, приложенного к рулевому колесу;
- передача усилия рулевому приводу;
- самопроизвольный возврат рулевого колеса в нейтральное положение при снятии нагрузки.

При прямолинейном движении - золотник за счёт плунжеров и пружин удерживается в нейтральном положении, при этом все каналы открыты. Масляный насос получает вращение от коленчатого вала через ремённую передачу и накачивает масло в усилитель. Из усилителя масло уходит на слив в бачок гидроусилителя.» [21]

«При повороте - при вращении руля винт вращается и вкручивается в шариковую гайку. При этом он смещается вместе с золотником и подшипниками и смещает плунжеры, сжимая пружины. Как только подшипники упрутся в корпус, винт с золотником перестанет смещаться, а смещаться начнёт шариковая гайка с поршнем и рейкой, при этом как бы накручиваясь на винт. При смещении золотника центральный канал от насоса останется связанным с одним из боковых каналов, а другой боковой канал останется связанным с каналом слива. При смещении поршня усилие будет передаваться от рейки сектору, а от него через вал сошке. Так как центральный канал от масляного насоса связан с одним из боковых каналов, то масло пойдёт из него в одну из полостей гидроцилиндра и будет давить на поршень, помогая смещать его и облегчая усилие, прилагаемое на рулевое колесо.» [20]

Объектом исследования выступает технологический процесс обслуживания гидравлического усилителя рулевого управления грузового автомобиля. Предметом исследования являются методы, инструменты и процедуры, применяемые при обслуживании ГУР, направленные на поддержание высокой работоспособности узла и продления срока его службы.

Практическая значимость проведенного исследования определяется возможностью применения полученных результатов в реальных условиях производственных предприятий, занимающихся ремонтом и обслуживанием грузового транспорта. Результаты позволят оптимизировать организацию работы автосервисов, снизить издержки на содержание парка техники и повысить общую безопасность дорожного движения.

4.2 Разработка технологического процесса обслуживания механизма ГУР грузового автомобиля

«Повышенный свободный ход рулевого колеса может быть по следующим причинам: нарушение регулировки зацепления ролика или червяка повышенный износ данных деталей, в шарнирах рулевых тяг передних колес могут быть зазоры,

износ оси маятникового рычага или втулок, ослабление крепления кронштейна маятникового рычага или картера рулевого механизма. Чтобы определить зазоры в шарнирах рулевых тяг, мы рекомендуем одному человеку быстрыми движениями поворачивать руль влево-вправо, а второму на визуальное или осязательное выявление зазоров, прижатием пальцев к двум деталям, которые соединяют шарнир. Если перемещается одна из деталей соединения, а вторая является неподвижной, то имеет место люфт; если же будут перемещаться две детали вместе, то люфт отсутствует.» [11]

«Определить люфт в соединениях шарниров можно через перемещения тяги продольно руками. Если, к примеру, продольная тяга придвигается вместе с сошкой, то люфта в таком шарнирном соединении нет.

Если обнаружен даже небольшой зазор в шарнире его надо устранить, поменяв шарнир. Нарушение регулировки зацепления ролика и червяка или увеличенный их износ тоже могут быть определены при резком покачивании колеса руля (влево-вправо от среднего положения), если будут возникать стуки в рулевом механизме, то нарушение имеет место. Также это можно сделать непосредственно, через прокачку сошки рулевого привода рукой. Такая неисправность регулировки зацепления ролика и червяка в большинстве случаев устраняется заменой деталей. Износ оси маятникового рычага или втулок определяется по стукам и скрипу при повороте колес влево и вправо, а также при прямом покачивании маятникового рычага вниз и вверх.» [7]

«В случае течи смазки из картера руля, которая может быть вызвана износом сальника червяка или вала сошки, повреждения прокладок или ослабления прилегания крышки картера. Дефект устраняется заменой поврежденных прокладок или изношенных сальников, также надо подтянуть разболтавшиеся детали.

На машинах с гидравлическим усилителем руля люфт надо проверять при работающем моторе.» [11]

«Зачастую, рулевой механизм с гидроусилителем обуславливается высокой надежностью и при эксплуатации машины не требует постоянного обслуживания.

Даже если будет произведен отказ насоса усилителя, движение на машине можно продолжать, однако для поворачивания руля в таком случае надо будет приложить значительно больше усилий, чем в случае с автомобилем без гидроусилителя. Причина полного выхода из строя гидроусилителя руля чаще всего - обрыв приводного насосного ремня. Поэтому нужно регулярно проверять состояние ремня - он может быть слабо натянут или изношен. Одним из признаков слабого натяжения является появление обратного толчка (отдачи) на руле. Лучше всего это заметно, когда машина трогается с места, тут колеса повернуты до отказа. Постоянно надо поддерживать на нужном уровне количество жидкости в усилителе. Если это нужно, то долейте жидкость марки, указанной в руководстве пользования.

Надо учесть, что жидкость, которую используют на автоматических коробках передач не всегда пригодна гидроусилителям. Неподходящая жидкость может испортить сальники в системе. Потому как жидкость используется не только в роли рабочего тела гидросистемы, но и в роли смазочного материала, весьма важно, чтобы ее уровень не был ниже нормы, в противном случае может выйти из строя насос.» [18]

Перед проведением обслуживания необходимо подготовить рабочее место и инструмент. Подготовка к проведению работ включает следующие процедуры:

- осмотр места проведения работ, соблюдение требований безопасности и пожарной безопасности;
- надёжное закрепление автомобиля на подъёмнике или домкратах;
- обеспечение чистоты рабочей зоны и отсутствие посторонних предметов.

Демонтаж и очистка компонентов ГУР производится при отключенной минусовой клемме аккумулятора. Последовательность действий выполнения этой операции включает в себя следующую последовательность действий:

- используя специальную воронку, слейте старое масло из бачка ГУР;
- отсоедините возвратный трубопровод (обратку) от резервуара и подсоедините шланг для полного удаления остатков масла из системы;

- промойте всю систему специальным очистительным составом, следуя рекомендациям производителя;

- по завершении очистки присоедините обратно все трубки и залейте свежее трансмиссионное масло требуемого класса вязкости.

Следующий шаг — замена изношенных компонентов и уплотнений. Обычно подлежат замене:

- уплотнители штуцеров и патрубков;
- прокладки крышки распределительного клапана;
- фильтрующий элемент бачка ГУР;
- резиновые втулки рейки и подвески, если обнаруживаются следы протечек.

Важнейший этап — заполнение системы свежим маслом и удаление воздуха из магистрали. Необходимо долить новое масло в бачок до верхней отметки индикатора уровня. Далее необходимо завести двигатель и медленно поворачивать руль вправо-влево, проверяя уровень масла и наличие пузырьков воздуха. Следует продолжать процедуру прокачки до исчезновения следов вспенивания и появления чистого потока жидкости. Повторять операции доливки и прокрутки двигателя до достижения стабильного уровня масла.

По окончании вышеперечисленных этапов проведите заключительный осмотр:

- убедитесь, что все соединения надёжно зафиксированы и отсутствуют подтёки масла;
- прислушайтесь к звукам при движении рулевого колеса – посторонние шумы указывают на неисправности или остатки воздуха в системе;
- протестируйте работоспособность ГУР при полном ходе рулевого механизма, проверив плавность хода и равномерность усилий.

Рекомендуемый интервал профилактического обслуживания ГУР — каждые 60 тысяч километров пробега или раз в два года. Периодичность зависит от интенсивности эксплуатации и климатических условий региона. Правильно проведённое обслуживание продлевает срок службы гидроусилителя рулевого

управления и способствует безопасной эксплуатации грузового автомобиля. Соблюдение указанного технологического процесса минимизирует риск преждевременного износа деталей и возникновения поломок в пути следования.

В результате проделанной в технологическом разделе работы разработана чёткая последовательность операций технологического процесса обслуживания гидроусилителя рулевого управления (ГУР) грузового автомобиля, направленная на повышение надёжности и ресурса работы агрегата.

Рассмотрен порядок подготовки автомобиля и оборудования к выполнению работ, определены правила безопасного ведения технологических операций, исключая повреждение автомобиля и травмирование персонала. Детально описаны ключевые этапы обслуживания ГУР, такие как слив старого масла, чистка системы, замена изношенных деталей и заправка новой жидкостью, приведены конкретные методики и меры контроля качества выполняемых работ. Разработаны критерии оценки правильности заполнения системы маслом и исключения попадания воздуха, что предотвращает появление характерных проблем в виде стуков и рывков при управлении автомобилем. Приведен перечень необходимых инструментов и материалов, подобранных с учётом особенностей конструкции и предполагаемой периодичности обслуживания. Полученный технологический процесс позволит специалистам автосервисов качественно и оперативно выполнять обслуживание ГУР грузовых автомобилей, снизив риск внезапных отказов и увеличив межремонтный пробег автомобиля.

Полученная методика соответствует международным практикам и российским отраслевым стандартам, её внедрение даст положительный эффект как владельцам коммерческого транспорта, так и организациям, осуществляющим технический надзор и обслуживание грузового автотранспорта.

5 Безопасность объекта дипломного проектирования. Безопасность участка сборки

5.1 Краткая техническая характеристика объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте рассматривается вопрос проектирования узла транспортного средства. Для запуска разрабатываемого изделия в производство требуется проведение сборочных работ установочной партии. В условиях среднесерийного производства подобные работы производятся на участках механической сборки опытно-промышленного производства (ОПП). Результатом является доведение технологичности конструкции и разработка технологии сборки в привязке к реальной оснастке сборочного производства. В данном разделе дипломного проекта нами рассматривается комплекс вопросов обеспечения производственной и экологической безопасности участка сборки, на котором производится сборка установочного изделия, разрабатываемого в рамках дипломного проекта.

Рассмотрим особенности разрабатываемой конструкции. Изделие представляет собой сложный технический объект, доработанный и модернизированный в рамках дипломного проекта. Изделие выполнено преимущественно из стали конструкционной, обрабатываемой и свариваемой на оборудовании, не требующем применения специальных материалов и сред. В конструкции изделия применяются комбинированные материалы и их сочетания, например металл-полимер и композитные материалы, механическая обработка которых требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ).

«В рамках раздела нами исследуется сборочный участок, на котором осуществляется технологический процесс сборки узлов транспортного средства. Сборочный участок является основным местом осуществления технологической операции сборки и относится к мелкосерийному производству. В первую очередь это означает, что данный участок, являясь частью опытно-промышленного производства, не ориентирован на специализированные работы, а занят в широком спектре выполняемых производственных функций. Оборудование,

которое находится на участке – универсальное. Оборудование группируется по своему функционалу – сварочное, металлорежущее, шлифовальное и т.п.

Зоны выполнения работ, связанных с избыточным тепловыделением, выделением продуктов горения или ультрафиолетового излучения, таких как сварка на стапеле, зона термической обработки металла отделяются от основного помещения защитными экранами и оснащаются вытяжкой. Те же ограждения применяются для групп оборудования, чья работа связана с повышенным шумом, например абразивно-режущие станки.

Половое покрытие на всем участке выполнено из каучуковой плитки. Термические зоны имеют половое покрытие из наливного термостойкого полимера.» [19]

В таблице 8 приведены общие характеристики участка механической сборки ОПШ.

Таблица 8 – Общие технические характеристики участка

Наименование технической характеристики участка	Значение характеристики
Класс функциональной пожарной опасности	Ф1.3
Степень огнестойкости	I
Класс конструктивной пожарной опасности	C0
Степень долговечности здания	II
Уровень ответственности здания	II
Электроснабжение участка	трехфазная, 400В
Выделенная мощность, кВА	40

В таблице 9 приводится перечень технологических операций, осуществляемых на исследуемом участке.

Таблица 9 – Осуществляемые на участке технологические процессы и операции

Наименование технологического процесса	Наименование технологической операции и, вида выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс	Оборудование, устройство, приспособление	Материал, вещества
Заготовительные операции	Резка металла, раскрой профтрубы	Слесарь 5-го разряда	Ленточная пила ПЛ-3500, торцевая абразивная пила PRN-320	Сталь конструкционная в ассортименте
Операции механической обработки	Опиловка торцев, токарные работы, фрезерные работы, шлифовка	Слесарь 6-го разряда	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300	Сталь конструкционная в ассортименте
Сварочная операция	Сварка труб каркаса	Сварщик 6-го разряда	Аргондуговой сварочный инвертор Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	Сталь конструкционная в ассортименте
Сборочная операция	Сборка	Слесарь-механик 6-го разряда	Пост сборки узлов и агрегатов	-
Подготовка к окраске	Шпатлевка, зачистка, шлифовка	Маляр 6-го разряда	Шлифовальная машина, круги шлифовальные различной зернистости	Круги войлочные, пасты шлифовальные и полировочные
Окраска изделия	Нанесение лакокрасочного покрытия	Маляр 6-го разряда	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	Нитроэмаль быстросохнущая

Далее определяем перечень опасных факторов, вызываемых производимыми работами.

5.2 Профессиональные риски объекта дипломного проектирования

Идентификация профессиональных рисков на участке механической сборки включает в себя систематический анализ всех потенциальных опасностей, которые могут привести к травмам, заболеваниям или другим негативным последствиям для здоровья работников. Этот процесс должен учитывать специфику выполняемых работ, используемое оборудование, материалы и рабочую среду.

Проведение регулярной идентификации профессиональных рисков является важнейшим элементом системы управления охраной труда и позволяет создать безопасные условия труда для работников и предотвратить несчастные случаи и профессиональные заболевания.

В таблице 10 приведены профессиональные риски для участка механической сборки.

Таблица 10 – Профессиональные риски для участка механической сборки

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Повышенный уровень шума,	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPROM FVV-210 38301300
	Карборундовая пыль	Материал шлифовальных камней и дисков
	Возгорание пыли при обработке деталей и изделий	Искры

Продолжение таблицы 10

Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Механическая обработка деталей и изделий из металла	Статическая нагрузка	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPR0M FVV-210 38301300
	Шум	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPR0M FVV-210 38301300
	Ультразвук	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPR0M FVV-210 38301300
	Вибрации	Торцевая абразивная пила PRN-320, Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115, станок токарный JET BD-11G, станок фрезерный VISPR0M FVV-210 38301300
Сварка	Интенсивное ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Сварочный аппарат
	Искры, брызги расплавленного металла	Материал детали
	Электромагнитные поля	Сварочный аппарат
	Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества	Материал детали
	Шум	Сварочный аппарат
	Ультразвук	Сварочный аппарат
	Статическая нагрузка	Сварочный аппарат
Подготовка к окраске и окраска	Испарение токсичных веществ	Нитроэмаль быстросохнущая
	Статическая нагрузка	Краскопульт безвоздушного распыления Graco

Результатом идентификации профессиональных рисков является формирование методов для снижения или нейтрализации негативного воздействия на рабочих.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Снижение профессиональных рисков на участке механической сборки – это комплекс мер, направленных на минимизацию вероятности возникновения опасных ситуаций и уменьшение тяжести последствий в случае их возникновения. Выбор методов и средств зависит от конкретных выявленных рисков.

В качестве методов снижения профессиональных рисков можно определить следующие основные категории:

- «Инженерно-технические методы и средства, к которым относятся автоматизация процессов с заменой ручного труда на механизированный и автоматизированный, выбор инструмента, минимизирующего физическую нагрузку на работника, оптимизация последовательности операций, использование более безопасных методов сборки, внедрение технологий, уменьшающих выделение вредных веществ и т.д.» [18]

- Организационные методы и средства, к которым относятся разработка инструкций по охране труда, обучение и инструктаж работников, контроль за соблюдением правил охраны труда, регулярное техническое обслуживание и ремонт оборудования, проверка систем безопасности, оценка рисков при внедрении новых технологий, оборудования или изменении технологических процессов и т.д.;

- Средства индивидуальной защиты (СИЗ), к которым относятся респираторы, маски для защиты от пыли, газов и паров, защита органов зрения, защита органов слуха, защита рук, защита ног и т.д.;

- Медико-профилактические мероприятия, к которым относятся предварительные и периодические медицинские осмотры.

Методы снижения выявленных профессиональных рисков представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Ультрафиолетовое излучение сварочной дуги	Использования специальной одежды. Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.)	Сварочная маска, сварочные перчатки
Искры, брызги расплавленного металла	Использования специальной одежды. Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания.	Спецовка, защитные очки, защитные перчатки, специальные ботинки.
Сварочный дым, имеющий в составе твердые и газообразные токсические вещества. Мелкодисперсная пыль. Наличие в воздухе рабочей зоны вредных веществ	Проветривание помещения. Применение средств индивидуальной защиты.	Респиратор, фильтрующая маска.
Шум	Уменьшение акустики помещения за счёт специальных материалов, наложенных на стены или крупные металлические предметы.	Беруши
Ультразвук	Использование изолирующих корпусов и экранов. Недопущение длительного воздействия. Обеспечение технических перерывов в работе	Противошумы. Резиновые и хлопчато-бумажные перчатки надетые совместно.

Важно помнить, что снижение профессиональных рисков – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и совершенствования.

Необходимо регулярно проводить оценку рисков, контролировать эффективность применяемых мер и корректировать их при необходимости.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности участка сборки

Обеспечение пожарной безопасности на участке сборки — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на предотвращение возникновения пожара и обеспечение безопасности людей и имущества в случае его возникновения.

«В таблице 12 приведена идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара, с разработкой технических средств.» [19]

Таблица 12 – Идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара

Наименование участка	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Сборочный участок	Инверторный аппарат дуговой сварки MMA-200S	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Угловая шлифовальная машина Bosch PWS 650-115	А – твёрдые материалы.	Дым, искра, открытый огонь, интенсивное тепловое излучение.	Низкая влажность, наличие рядом с источником возгорания хлопчатобумажных изделий, древесины, и др. горючих материалов
	Краскопульт безвоздушного распыления Graco	В – горение жидкостей	Натуральные и синтетические масла, лакокрасочные изделия.	Пары легковоспламеняющихся жидкостей, которые взрываются при смешении с воздухом

«В таблице 13 приведены первичные и мобильные средства пожаротушения, средства пожарной автоматики и индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре, пожарное оборудование и инструмент.» [19]

Таблица 13 – Средства пожаротушения и противопожарное оборудование

Средства пожаротушения	Противопожарное оборудование
Первичные средства пожаротушения	Огнетушитель, бочка с водой, ткань асбестовая, ящики с песком
Мобильные средства пожаротушения	Пожарный автомобиль
Установки пожаротушения	Автоматические установки пожаротушения
Средства пожарной автоматики	приборы приемно-контрольные пожарные приборы управления пожарные технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные системы передачи извещений о пожаре
Пожарное оборудование	Модуль порошкового пожаротушения
Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	средства защиты органов дыхания (респираторы, противогазы, самоспасатели изготовленные из подручных средств, противопыльные тканевые маски и марлевые повязки), средства защиты кожного покрова (защитные костюмы, резиновые сапоги и др.)
Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Немеханизированный: пожарная багра, топор, лом. Механизированный: гидронасос, силовой режущий узел.
Пожарная сигнализация, связь и оповещение	Система оповещения о пожаре, сигнализация

«В соответствии с видами выполняемых заготовительных, обрабатывающих и сборочных работ в здании и с учетом типа и особенностей реализуемых технологических процессов, в таблице 14 указаны эффективные организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара.» [19]

Таблица 14 – Организационно-технические мероприятия по предотвращению пожара

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Сваривание металлических труб	Сварка	Отсутствие рядом с электродами сварки легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Шлифование сварных соединений	Шлифовка	Отсутствие рядом с работающей шлифовальной машиной легковоспламеняющихся жидкостей, газов и тканей.
Нанесение защитного слоя на металлическую раму	Окраска	Отсутствие рядом открытого огня.

«Организационные мероприятия для участка механической сборки включают следующие мероприятия:

- назначение ответственных лиц за пожарную безопасность;
- разработка инструкций по пожарной безопасности;
- проведение противопожарных тренировок;
- сотрудничество с пожарной охраной.» [18]

Примеры таких мероприятий будет являться:

- установка огнетушителей класса А, В, С и Е вблизи мест хранения горючих материалов и электрооборудования;
- обучение персонала правилам пользования огнетушителями;

- размещение планов эвакуации на видных местах;
- регулярная проверка состояния электропроводки и электрооборудования.

5.5 Обеспечение экологической безопасности

«Обеспечение экологической безопасности сборочного участка – это комплекс мер, направленных на минимизацию негативного воздействия производственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

В таблице 15 приведена идентификация негативных экологических факторов, возникающих при создании проектируемого объекта. На основании идентификации разработаны мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду производимым рассматриваемым техническим объектом.» [18]

Таблица 15 – Идентификация негативных экологических факторов

Наименование технического объекта разработки	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Агрегат транспортного средства	Сталь конструкционная в ассортименте, сплавы цветных металлов, полимерные материалы, шлифовальные материалы, окрасочные материалы	Испарений из емкостей для хранения химических веществ. Газообразные выделения сварки. Пыль с поверхности, сыпучих строительных материалов	Изменение качества воды, вызванное выбросами нефтепродуктов и тяжелых металлов	Загрязнение. Вторичное засоление и заболачивание. Отчуждение земель производства

Внедрение комплексных мер по обеспечению экологической безопасности

сборочного участка позволяет снизить негативное воздействие на окружающую среду, сохранить природные ресурсы и улучшить условия труда работников. Кроме того, это способствует повышению имиджа предприятия и его конкурентоспособности.

В разделе безопасности объекта дипломного проекта разработаны мероприятия обеспечения безопасности на участке механической сборки автомобильных агрегатов, относящихся к опытно-промышленному производству и предназначенному для сборки установочной партии автомобильных агрегатов, разработанных в ходе выполнения конструкторского раздела дипломного проекта.

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства. Принятые меры соответствуют требованиям ГОСТ 12.0.004-2015 и обеспечивают допустимый уровень риска для работников и окружающей среды. Таким образом, проект участка механической сборки редукторов разработан с учетом всех необходимых требований безопасности и обеспечивает безопасные условия труда, пожарную безопасность и охрану окружающей среды.

6 Расчет себестоимости нормо-часа работ участка сборки

6.1 Описание участка и производимых работ

Рассматриваемый в данном разделе дипломного проекта участок сборочных работ – это специализированная зона на автомобильном предприятии, где осуществляется сборка различных агрегатов, таких как двигатели, коробки передач, мосты, рулевые механизмы и другие. Организация и оснащение участка зависят от типа собираемых агрегатов, объема производства и степени автоматизации, поскольку предполагает предсерийную штучную сборку. В дипломном проекте мы рассматриваем участок сборки автомобильных агрегатов, на котором производится предсерийная сборка автомобильных узлов, в том числе сборка узла, принятого к разработке в рамках дипломного проекта.

Участок организован по принципу поточности, где каждый рабочий пост выполняет определенную операцию в процессе сборки. Это может быть линейная, U-образная или другая конфигурация, обеспечивающая оптимальное перемещение деталей и агрегатов. Важным аспектом является эргономика рабочих мест, обеспечивающая удобство и безопасность работы персонала. Участок должен быть хорошо освещен, вентилируем и иметь достаточное пространство для маневрирования оборудования и перемещения работников.

Оборудование участка включает в себя следующие позиции:

- сборочные станды и конвейеры, которые обеспечивают фиксацию агрегата в процессе сборки и его перемещение между рабочими постами. Могут быть стационарными или подвижными, ручными или автоматизированными;
- подъемно-транспортное оборудование: Краны, тельферы, штабелеры, транспортировочные тележки используются для перемещения крупногабаритных и тяжелых деталей и агрегатов;
- инструмент и приспособления: Специализированный ручной и пневматический инструмент (гайковерты, шуруповерты, ключи), а также

специальные приспособления, обеспечивающие точность и эффективность сборочных операций;

- контрольно-измерительное оборудование: Приборы для контроля параметров собираемых агрегатов (например, динамометрические ключи, индикаторы часового типа, измерительные приборы для проверки зазоров и натягов).

В соответствии с технологическим процессом, на участке производятся следующие виды работ, связанные с предсерийной сборкой автомобильных агрегатов:

- очистка, мойка, контроль качества и комплектности деталей;
- соединение деталей в соответствии с технологической документацией, что может включать в себя запрессовку, сварку, пайку, резьбовые соединения и другие операции;

- проверка соответствия собранного агрегата техническим требованиям, что может включать в себя проверку геометрических параметров, герметичности, функционирования и т.д.;

- проверка работоспособности агрегата на специальных стендах в условиях, близких к реальным;

- подготовка собранного агрегата к хранению и транспортировке.

На участке сборочных работ заняты квалифицированные рабочие (слесари-сборщики), контролеры, наладчики.

6.2 Расчет затрат на расходные материалы, используемые на сборочном участке

«К расходным материалам относят различные материалы и малоценные быстроизнашивающиеся изделия, используемые в работе сборочного участка. В работе принимаем их количество, усредненное в годовом исчислении. Перечень материалов приводится в таблице 16.» [19]

Таблица 16 – Расходные материалы сборочного 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 ³	1200	5,0	6 000
Герметик силиконовый, кг	25	1750	43 750
Крепеж в ассортименте	25	250	6 250
Масло моторное, л	400	650	260 000
Обтирочный материал, кг	75	50	3 750
Паста шлифовальная, кг	5	2250	11 250
Подшипники, шт	750	75	56 250
Прокладочный материал, кг	10	15	150
Круги абразивные зачистные, шт	550	95	52 250
Круги абразивные отрезные, шт	1250	35	43 750
Растворитель, л	12	350	4 200
Шкурка абразивная в ассортименте, м ²	40	325	13 000
Проволока сварочная, кг	750	130	97 500
Прочее	-	-	15 000
ИТОГО			1 723 100

Расчет количества расходных материалов производится по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m V_M^i \cdot C_M^i \quad (25)$$

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

C_M^m – цена за единицу m -ного вида материала, руб.

Расчет по всем видам материалов также приводится в таблице 15.

6.3 Расчет затрат на амортизационные отчисления на сборочном участке

Расчет амортизационных отчислений на сборочном 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.

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 17.

Таблица 17 – Амортизационные отчисления участка сборки

Наименование оборудования	Марка	Стоимость, руб	Число единиц оборудования	Норма отчислений, %	Отчисления, руб
Стапель сборочный	с/и	3 500 000	4	14,3	2 002 000
Станок токарный	JET BD-11G	3 700 000	1	10,5	388 500

Продолжение таблицы 17

Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	2 800 000	1	10,5	294 000
Настольно-сверлильный станок	2M112	275 000	1	14,3	39 325
Пресс гидравлический	ПГ-10000	75 000	1	14,3	10 725
Кран-балка	75-256	150 000	1	10,0	15 000
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	95 000	2	10,0	19 000
Стол сварочный	с/и	125 000	2	8,0	20 000
Верстак слесарный	Сорокин	25 000	8	14,5	29 000
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	35 000	1	10,0	3 500
Камера окрасочная	Сорокин	650 000	1	15,0	97 500
ИТОГО					2 918 550
Амортизация площади участка	$A_{пл} = \frac{S_{пл} * Ц_{пл} * H_a}{100}$ $A_{пл} = \frac{160 * 15000 * 2,5}{100}$				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.

6.4 Расчет затрат на электрическую энергию на участке сборки

Расчет затрат на электроэнергию на сборочном 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

$$\text{Эл} = \sum_{i=1}^m \frac{M_i \cdot T_{\text{маш}}^i \cdot K_{\text{од}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{п}} \cdot C_{\text{э}}}{\eta_i \cdot 60} \quad (26)$$

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;

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

КПД – электрический КПД единицы оборудования

Расчет затрат на электроэнергию приводится в таблице 18.

Таблица 18 – Расчет затрат на электроэнергию участка сборки.

Наименование оборудования	Марка	Мощность, кВт	Число единиц оборудования	КПД	Сумма, руб
Ленточная пила 0	ПЛ-350	2,0	1	0,8	3 325,14
Торцевая абразивная пила	PRN-320	3,5	1	0,8	5 819,00
Станок токарный	JET BD-11G	7,5	1	0,7	14 250,60
Станок фрезерный	VISPROM FVV-210 38301300	5,5	1	0,7	10 450,44
Настольно-сверлильный станок	2M112	1,2	1	0,65	2 455,49
Пресс гидравлический	ПГ-10000	0,5	1	0,8	831,29
Кран-балка	75-256	0,75	1	0,8	1 246,93
Аргонодуговой сварочный инвертор	Aurora PRO INTER TIG 200 AC/DC PULSE Mosfet	6,5	2	0,7	24 701,04
Краскопульт безвоздушного распыления	Graco	0,5	1	0,85	782,39
Камера окрасочная	Сорокин	4,5	1	0,85	7 041,47
ИТОГО					70 903,77

Расход на электроэнергию на освещение помещения рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{св} = \frac{M_{св} \cdot n \cdot T \cdot K_{од} \cdot K_{в} \cdot K_n \cdot C_{э}}{\eta} \quad (27)$$

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

Общие расходы на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_л + \mathcal{E}_{св} \quad (28)$$

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

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.

6.5 Расчет затрат на заработную плату персонала

Расчет затрат на заработную плату рабочих на сборочном 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 19.

Таблица 19 – Расчет заработной платы персонала на участке сборки

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
Слесарь-механик 6-го разряда	8	385,5	1840	7 093 200,00
Сварщик 6-го разряда	2	410	1810	1 855 250,00
Мастер участка	2	470	1840	2 162 000,00
Маляр	2	410	1810	1 855 250,00
ИТОГО				22 625 700,00

Дополнительная зарплата работников на участке рассчитывается по формуле:

$$Дзп = Озп \cdot Кд / 100, \quad (29)$$

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

$$Дзп = 22\,625\,700 \cdot \frac{8}{100} = 1\,810\,056 \text{ руб}$$

«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]

$$O_{\text{ФМС}} = (O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}}) \cdot K_{\text{соц}}, \quad (30)$$

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.

$$O_{\text{т}} = O_{\text{Зп}} + D_{\text{Зп}} + O_{\text{ФМС}}, \quad (31)$$

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

Суммарные издержки на участке сборки складываются по совокупности затрат, рассчитанных выше. Сводная калькуляция затрат приводится в таблице 20.

Таблица 20 – Затраты на участке сборки

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

$$НЧ = C_{\text{общ}} / T_{\text{уч}}, \quad (32)$$

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 данном разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов 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 участка сборки. 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 сборки (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 слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

Заключение

Современные грузовые автомобили предъявляют высокие требования к системам управления, в особенности к усилителям рулевого управления. Наличие гидравлического усилителя руля (ГУР) является критическим фактором, обеспечивающим безопасность и комфорт управления крупногабаритным транспортом, особенно в сложных дорожных условиях. Учитывая значительные усилия, необходимые для поворота руля грузового автомобиля, ГУР существенно облегчает управление, снижает физическую нагрузку на водителя и повышает его концентрацию на дорожной обстановке.

Гидравлический усилитель руля (ГУР) на грузовом автомобиле – не просто удобная опция, а жизненно необходимая система, равноценная по значимости антиблокировочной системе тормозов (ABS). Огромная масса современных грузовиков, необходимость маневрирования в ограниченном пространстве и значительное сопротивление механизмов поворота колес делают ГУР обязательным компонентом. Без него эксплуатация тяжелого грузовика попросту невозможна.

В результате проведенного анализа конструкций испытательных стендов для гидравлических усилителей рулевого управления (ГУР), применяемых в автомобилестроении, и с учетом разнообразия типов ГУР, используемых на современных автомобилях, были выявлены ключевые особенности двух рассматриваемых типов стендов. Анализ показал, что каждый тип стенда обладает своими преимуществами и недостатками, обусловленными конструктивными решениями и функциональными возможностями.

Стенд для испытания гидроусилителей рулевого управления CTR-KV-NW0001 (рисунок 4) демонстрирует высокую точность измерений при испытаниях ГУР грузовых автомобилей, но характеризуется более высокой стоимостью и сложностью в настройке. Его применение оправдано при необходимости проведения высокоточных исследований и сертификационных испытаний.

Стенд для технического обслуживания гидросистем автомобиля по авторскому свидетельству №1421566 (рисунок 5) отличается более простой конструкцией и меньшей стоимостью, что делает его экономически выгодным для проведения рутинных испытаний ГУР грузовых автомобилей. Однако, точность измерений несколько ниже по сравнению со стендом для испытания гидроусилителей рулевого управления CTR-KV-HW0001.

В заключение, выбор оптимальной конструкции стенда для испытания ГУР должен основываться на компромиссе между требуемой точностью измерений, стоимостью оборудования и сложностью его обслуживания, а также учитывать специфику испытываемых типов ГУР. Полученные результаты анализа позволяют обоснованно выбрать наиболее подходящую конструкцию для дальнейшей разработки и реализации проекта испытательного стенда.

В результате проведенного тягово-динамического расчета автомобиля КамАЗ-6520 были получены следующие выводы.

В результате проведенного расчета были определены основные динамические характеристики автомобиля, такие как максимальная скорость, время разгона до заданной скорости, усилие тяги на колесах, динамический запас тяги на различных передачах и режимах движения. Расчет выявил влияние различных факторов на тягово-динамические характеристики, включая массу автомобиля, аэродинамическое сопротивление, сопротивление качению, крутящий момент двигателя, передаточные числа трансмиссии, а также дорожные условия. Было установлено, как изменение каждого из этих параметров влияет на динамику разгона и максимальную скорость. Анализ результатов расчета позволил определить оптимальные режимы работы двигателя и трансмиссии для достижения максимальной эффективности движения в различных условиях эксплуатации (например, на ровной дороге, в гору, при буксировке груза). Полученные результаты расчета позволяют оценить соответствие тягово-динамических характеристик автомобиля КамАЗ-6520 заданным требованиям технического задания или нормативным документам.

Статистика дорожно-транспортных происшествий подтверждает критическую важность исправной системы рулевого управления. Около 15% смертельных ДТП напрямую связаны с неисправностью тормозов, что подчеркивает необходимость разработки и внедрения высокоэффективных и надежных систем управления грузовым автомобилем (в том числе ГУР). При его проектировании необходимо учесть все вышеперечисленные факторы, чтобы обеспечить максимальную безопасность и эффективность работы.

Результаты выполнения тягового расчета в виде графиков представлены в Приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

В результате выполнения раздела дипломного проекта «Разработка конструкции стенда испытания ГУР» выполнены следующие работы, в соответствии с заданием на дипломное проектирование. Проанализированы существующие конструкции стендов для испытания гидроусилителей рулевого управления грузовых автомобилей. Определены достоинства и недостатки имеющихся решений, выявлены направления совершенствования существующих конструкций.

Разработано техническое задание на создание стенда для испытаний гидроусилителей рулевого управления грузового транспорта. Установлены требования к функциональности, техническим характеристикам и условиям эксплуатации стенда. Подготовлено техническое предложение, содержащее детальные рекомендации по конструктивным особенностям стенда, перечню необходимого оборудования и используемым материалам. Предложено оптимальное расположение механизмов и узлов стенда.

Произведены инженерные расчёты основных узлов и деталей конструкции стенда, позволяющие подтвердить достаточность прочности, надёжности и долговечности разрабатываемого оборудования. Определён перечень необходимых контрольно-диагностических приборов и датчиков, обеспечивающих полноценную диагностику гидроусилителей рулевого управления грузовиков, а также средства автоматизации и телеметрии для оперативного фиксирования показаний и обработки данных испытаний.

Разрабатываемый стенд позволяет проводить комплексные испытания, оценивать рабочие характеристики и выявлять дефекты, что существенно повышает эффективность диагностики и снижает риски выхода из строя дорогостоящего оборудования в условиях реальной эксплуатации. Таким образом, выполнены все необходимые мероприятия для последующего этапа конструирования и сборки опытного образца стенда.

В результате проделанной в технологическом разделе работы разработана чёткая последовательность операций технологического процесса обслуживания гидроусилителя рулевого управления (ГУР) грузового автомобиля, направленная на повышение надёжности и ресурса работы агрегата.

Рассмотрен порядок подготовки автомобиля и оборудования к выполнению работ, определены правила безопасного ведения технологических операций, исключающие повреждение автомобиля и травмирование персонала. Детально описаны ключевые этапы обслуживания ГУР, такие как слив старого масла, чистка системы, замена изношенных деталей и заправка новой жидкостью, приведены конкретные методики и меры контроля качества выполняемых работ. Разработаны критерии оценки правильности заполнения системы маслом и исключения попадания воздуха, что предотвращает появление характерных проблем в виде стуков и рывков при управлении автомобилем. Приведен перечень необходимых инструментов и материалов, подобранных с учётом особенностей конструкции и предполагаемой периодичности обслуживания. Полученный технологический процесс позволит специалистам автосервисов качественно и оперативно выполнять обслуживание ГУР грузовых автомобилей, снизив риск внезапных отказов и увеличив межремонтный пробег автомобиля.

Полученная методика соответствует международным практикам и российским отраслевым стандартам, её внедрение даст положительный эффект как владельцам коммерческого транспорта, так и организациям, осуществляющим технический надзор и обслуживание грузового автотранспорта.

В разделе «Безопасность объекта дипломного проектирования» были рассмотрены вопросы обеспечения промышленной безопасности, обучение

персонала безопасным методам работы и организация эргономичных рабочих мест. Для обеспечения пожарной безопасности предусмотрены установка автоматической системы пожаротушения, организация эвакуационных выходов и обучение персонала действиям в случае пожара. В целях минимизации негативного воздействия на окружающую среду предусмотрены система очистки сточных вод и организация сбора и утилизации отходов производства.

В экономическом разделе была проведена работа по определению себестоимости нормо-часа на участке сборки автомобильных агрегатов 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 участка сборки.

Остальные расходы приходятся на цеховые и общезаводские расходы. Полученное значение себестоимости нормо-часа обусловлено прежде всего высокой стоимостью специализированного оборудования и высокой квалификацией слесарей-сборщиков. Рассчитанное значение себестоимости нормо-часа будет использовано для определения экономической эффективности проекта. На основании выполненных расчетов можно сделать выводы о выполнении задачи в рамках текущего раздела дипломного проекта.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Базовое шасси пожарных автомобилей и спасательной техники : учебное пособие / Д. А. Едимичев, А. Н. Минкин, С. Н. Масаев [и др.]. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2020. - 148 с. - ISBN 978-5-7638-4289-0.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет : учебное пособие / Е.В. Березина. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 320 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-018271-1.
3. Богатырев, А. В. Автомобили : учебник / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский ; под ред. проф. А.В. Богатырева. – 3-е изд., стереотип. – Москва : ИНФРА-М, 2023. – 655 с.
4. Буянкин, А. В. Специализированный подвижной состав автомобильного транспорта и погрузо-разгрузочные средства : учебное пособие / А. В. Буянкин, Ю. Е. Воронов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2020. — 107 с. — ISBN 978-5-00137-202-8
5. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
6. Круглик, В. М. Технология обслуживания и эксплуатации автотранспорта : учебное пособие / В.М. Круглик, Н.Г. Сычев. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. : ил. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-006953-1.
7. Кутьков, Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства : учебник / Г.М. Кутьков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 506 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — www.dx.doi.org/10.12737/974. - ISBN 978-5-16-006053-8.
8. Лукаш, Ю. А. Экономические расчеты в бизнесе [Электронный ресурс] : большое практ. справ. пособие / Ю. А. Лукаш. - Москва : Флинта, 2012. - 210 с. - ISBN 978-5-9765-1369-3.

9. Маркина, А. А. Теория движения колесных машин : учебное пособие / А. А. Маркина, В. В. Давыдова ; М-во науки и высш. образования РФ. - Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2021. - 216 с. - ISBN 978-5-7996-3263-2.

10. Набоких, В. А. Датчики автомобильных электронных систем управления и диагностического оборудования : учебное пособие / В.А. Набоких. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 239 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-014160-2.

11. Новиков, В. В. Виброзащитные свойства подвесок автотранспортных средств : монография / В. В. Новиков, И. М. Рябов, К. В. Чернышев. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. - 384 с. - ISBN 978-5-9729-0634-5.

12. Огороднов, С.М. Конструкция автомобилей и тракторов : учебник / С.М. Огороднов, Л.Н. Орлов, В.Н. Кравец. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 284 с. - ISBN 978-5-9729-0364-1.

13. Песков, В. И. Конструкция автомобильных трансмиссий : учебное пособие / В.И. Песков. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2023. — 146 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-016247-8..

14. Ремонт автомобилей [Электронный ресурс] – Режим доступа <http://automend.ru/>

15. Савич, Е. Л. Системы безопасности автомобилей : учебное пособие / Е.Л. Савич, В.В. Капустин. – Минск: Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 445 с.: ил. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-104362-2.

16. Стуканов, В. А. Основы теории автомобильных двигателей и мотоцикла : учебное пособие / В.А. Стуканов. – Москва : ИД «ФОРУМ» : ИНФРА-М, 2020. – 368 с. – (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-101654-1.

17. Тарасик, В. П. Теория автомобилей и двигателей: учебное пособие / В.П. Тарасик, М.П. Бренч. – 2-е изд., испр. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2020. – 448 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-101224-6.

18.Щелчкова, Н. Н. Практикум по безопасности жизнедеятельности. Часть II : учебно-практическое пособие / Н.Н. Щелчкова, Д.В. Натарова, Е.А. Романова. – Москва : ИНФРА-М, 2019. – 225 с. - ISBN 978-5-16-108275-1.

19.Экономика организаций автомобильного транспорта : учебное пособие / Р. Б. Ивуть, П. И. Лапковская, Т. Л. Якубовская, М. М. Кисель. - Минск : РИПО, 2022. - 215 с. - ISBN 978-985-895-035-4.

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

21.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.

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

23.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.

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