

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

Студент

А.А. Миронов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.В. Турбин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультанты

доцент И.В. Дерябин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

канд. экон. наук, доцент О.М. Сярова

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

ст. преподаватель О.А. Головач

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема дипломного проекта «Разработка испытательного стенда для гидравлических усилителей рулевого механизма грузовых автомобилей». Актуальность темы обусловлена ростом спроса на грузовые автомобили. Это связано с ростом спроса на агрегаты, расширяющие эксплуатационные возможности транспортных средств. Следовательно, возрастает спрос на испытательное оборудование, которое применяют при разработке подобных узлов и агрегатов транспортных средств.

Структура дипломной работы представлена пятью главами, оглавлением, введением, заключением, списком литературы, включающий иностранные источники и приложения. В расчетно-пояснительной записке работа иллюстрирована рисунками, основные расчеты и данные сведены в таблицы.

Транспортные средства необходимо разрабатывать и модернизировать, а значит, нужны стенды для испытания автомобильных агрегатов. Ключевым значением проекта является разработка стенда для испытания усилителей рулевого управления грузового автомобиля. На транспортных средствах этого типа гидравлические усилители применяются ввиду простоты их конструкции и надежности в эксплуатации.

Целью проекта является разработка конструкции стенда на уровне рабочего проекта, разработка кинематической и гидравлической схемы стенда.

Дипломная работа логически может быть разбита на связанные между собой главы. В первой главе дипломного проекта был произведен анализ конструкции испытательных стендов, включая образцы испытательных стендов, изготавливаемых иностранными производителями.

Во второй главе дипломного проекта был произведен анализ конструкторских решений, которые могут быть применены в конструкции разрабатываемого стенда. Выполнен расчет отдельных узлов и деталей, силовые и прочностные расчеты конструкции.

В третьей главе дипломного проекта была разработана технология и сформирована технологическая карта на проведение испытания гидравлического усилителя рулевого управления.

В четвертой главе, посвященной безопасности жизнедеятельности, был выполнен анализ безопасности при проведении испытательных работ. Выявлены опасные и вредные производственные факторы и предложены пути их нейтрализации.

В пятой главе дипломного проекта выполнен расчет себестоимости проведения работ по изготовлению и сборке стенда.

Результаты проведенной работы представлены в расчетно-пояснительной записке и на девяти листах графической части.

Abstract

The theme of the diploma project is "Development of a test bench for hydraulic power steering of trucks." The relevance of the topic is due to the growth in demand for trucks. This is due to the growing demand for units that expand the operational capabilities of vehicles. Consequently, the demand for test equipment is increasing, which is used in the development of such components and assemblies of vehicles.

The structure of the thesis consists of five chapters, a table of contents, an introduction, a conclusion, a list of references, including foreign sources and applications. In the settlement and explanatory note, the work is illustrated with figures, the main calculations and data are summarized in tables.

The thesis can be logically divided into interconnected chapters. In the first chapter of the graduation project, an analysis is made of the design of test benches, including samples of test benches manufactured by foreign manufacturers.

In the second chapter of the graduation project, an analysis is made of design solutions that can be applied in the design of the developed stand. Also we make the calculations of individual components and parts, power and strength of the structure.

In the third chapter of the graduation project, a technology is developed and a technological map is formed for testing a hydraulic power steering.

In the fourth chapter, devoted to life safety, a safety analysis is performed during testing. Dangerous and harmful production factors are revealed and ways of their neutralization are offered.

In the fifth chapter of the graduation project, the calculation of the cost of carrying out work on the manufacture and assembly of the stand is carried out.

The results of the work carried out are presented in the settlement and explanatory note and on nine sheets of the graphic part.

Содержание

Введение	7
1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки	9
1.1 Усилители рулевого управления	9
1.2 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда испытания гидравлических усилителей	16
2 Расчет тягово-экономических характеристик грузового автомобиля	23
2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства	23
2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя	24
2.3 Тяговый расчет транспортного средства	26
2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства	27
2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах	29
2.6 Определение силы сопротивления дороги	31
2.7 Определение силы сопротивления воздуха	33
2.8 Определение силы инерции	35
2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля	36
2.10 Определение критической скорости	38
2.11 Построение динамического паспорта автомобиля	38
2.12 Расчет и построение графика разгона автомобиля	40
2.13 Расчет и построение графиков времени и пути разгона	41
3 Расчет тягово-экономических характеристик грузового автомобиля	45
3.1 Подбор оборудования	45
3.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления	52
3.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления	54
3.4 Прочностной расчет элементов конструкции и определение основных параметров	60

3.5	Руководство по эксплуатации устройства для проверки работоспособности агрегатов гидроусилителя рулевого управления	62
4	Техническое обслуживание и ремонт рулевого управления с гидроусилителем автомобиля	66
4.1	Назначение, устройство, принцип работы рулевого управления с гидроусилителем	66
4.2	Техническое обслуживание рулевого управления с гидроусилителем	67
4.3	Технология проведения ремонта рулевого управления с гидроусилителем	69
5	Охрана труда и безопасность объекта проектирования	72
5.1	Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)	72
5.2	Идентификация профессиональных рисков	72
5.3	Методы и средства снижения профессиональных рисков	77
5.4	Обеспечение пожарной безопасности технического объекта	80
5.5	Обеспечение экологической безопасности технического объекта	82
6	Экономический раздел дипломного проекта	84
6.1	Анализ объекта дипломного проектирования	84
6.2	Исходные данные для расчета	84
6.3	Расчет затрат на материалы	85
6.4	Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты	86
6.5	Расчет затрат на заработную плату	87
	Заключение	90
	Список используемых источников	93

Введение

Современные реалии диктуют новые подходы в организации работ на всех уровнях. Все больше и больше используется транспортных средств, в сфере грузовых перевозок, произведенных в Российской Федерации. В первую очередь это связано с растущим уровнем развития техники и технологии, а также выстраивание связей с иностранными производителями, от которых перенимаются наиболее прогрессивные технические решения. В первую очередь это касается техники, используемой в грузовых перевозках. В современных условиях транспортировка грузовыми автомобилями имеет высокое экономическое значение, поскольку позволяет осуществлять транспортировку товаров от мест поставки железнодорожным или морским транспортом к местам непосредственного потребления или распределительным центрам. При транспортировке по России также есть ряд преимуществ именно у автомобильного транспорта, в первую очередь по причине более высокой оперативности и возможности адресной доставки. Все это в совокупности делает грузовой транспорт весьма привлекательным с точки зрения транспортировки и отводит ему роль одного из важнейших факторов экономического развития.

Необходимым средством специализированного подвижного состава является грузовой подвижной состав, способный транспортировать полуприцепы, задачей которых является перемещение штучных грузов, как тарным, так и бестарным способом. Данный вид работ является неотъемлемой частью технологического процесса транспортировки большинства товаров народного потребления и промышленных изделий, не требующих специальных условий транспортировки и хранения.

Грузовая техника на базе автомобиля КамАЗ предназначена для транспортировки разнообразных товаров, таких как промышленные товары и различные комплектующие для промышленного производства.

При эксплуатации транспортных средств возникает необходимость проведения работ, связанных с технической приемкой и поверкой отдельных узлов и агрегатов, отвечающих за безопасность движения транспортного средства. Гидравлические усилители рулевого механизма являются агрегатами, которые необходимо подвергать периодическим испытаниям, с целью обеспечения безопасного движения грузового автомобиля. С этой целью, специализированные предприятия оснащаются соответствующим оборудованием. В рамках дипломного проекта необходимо произвести расчет и разработку такого оборудования – стенда для проведения испытаний гидравлических усилителей механизма рулевого управления.

Создание подобного стенда для проведения испытаний необходимо для специализированных испытательных лаборатории и научных центров. Для лабораторий подобное необходимо в рамках проведения испытаний при поверке и сертификации усилителей после их ремонта. Для научных центров подобное оборудование может быть использовано при проведении исследовательских работ по новым типам гидроусилителей или при внесении изменений в конструкцию, например применении новых уплотнительных материалов или внесении изменений в конструкцию механизма.

Подобное оборудование не предназначено для широкого использования на предприятиях автомобильного транспорта. В процессе поиска будут изучены образцы техники, которая используется для проведения аналогичных испытаний, откуда будут взяты технические решения, которые в дальнейшем будут использованы в разрабатываемой конструкции.

1 Технический и конструкторский анализ объекта разработки

1.1 Усилители рулевого управления

Современные транспортные средства нуждаются в разнообразных системах, задача которых облегчить управление автомобилем. В первую очередь это связано с введением новых стандартов, которые направлены на повышение безопасности транспортных средств. Кроме этого, современный уровень развития техники и технологий позволяют производить агрегаты более совершенные при сравнительно незначительных материальных затратах.

Гидравлический усилитель, наряду с антиблокировочной системой является одной из систем, наличие которой на грузовом автомобиле необходимо, а не просто опция. Большая масса самого тягача, необходимость маневрировать в стесненных пространствах и значительные механические сопротивления в самом механизме поворота колес порождают необходимость применения механизма усиления рулевого управления. Без использования механизма гидроусилителя руля (ГУР) современный грузовой автомобиль просто не может эксплуатироваться.

История создания механизмов усиления рулевого привода имеет значительную историю. Еще с момента создания первых образцов транспортных средств стало понятно, что безопасная их эксплуатация напрямую зависит от того, насколько точно и быстро будет реагировать управляемое колесо на усилие, передаваемое оператором. В самых первых образцах техники это решалось чисто механическим путем. Например, у первых паровых транспортных средств, увеличивалось правило, путем которого производился поворот управляемого колеса. Таким образом, рычаг приложения силы, а значит и само усилие, значительно возрастало. Тем не менее, по мере увеличения скорости движения и грузоподъемности

транспортных средств, потребовалось создание более совершенных механизмов.

Первые усилители рулевого управления начали появляться на грузовых автомобилях в 30-е годы XX века. Именно в то время уровень развития технологии достиг необходимого для массового производства уровня. В то же время, усилий водителя стало не хватать для быстрого поворота колес, несмотря на значительные размеры рулевых колес. Тогда было принято решение использовать для усиления рулевого управления сжатый воздух, подаваемый в тормозную систему. Подобные системы были эффективны, но при работе они издавали достаточно громкий шум. Кроме того, они не отличались предсказуемостью работы, и управлять автомобилем мог опытный водитель, поскольку предсказать траекторию поворота автомобиля было весьма сложно. Работа пневматической системы заключалась в принципе включения и выключения. В результате это приводило к тому, что на малых углах поворота система не срабатывала, а на значительных – выворачивала колеса до предельного угла.

Все недостатки подобной системы привели к тому, что к середине XX века в системах усиления рулевого механизма начинает внедряться гидравлика. 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.

В настоящее время продолжается совершенствование механизмов ГУР. В частности, внедряются в рулевое управление грузового автомобиля системы электрогидравлического усилителя и системы электрического усиления.

Рассмотрим различные виды усилителей рулевого управления, используемых на автомобильном транспорте.

На рисунке 1 изображен электрический усилитель рулевого управления, используемый главным образом на легковом транспорте.

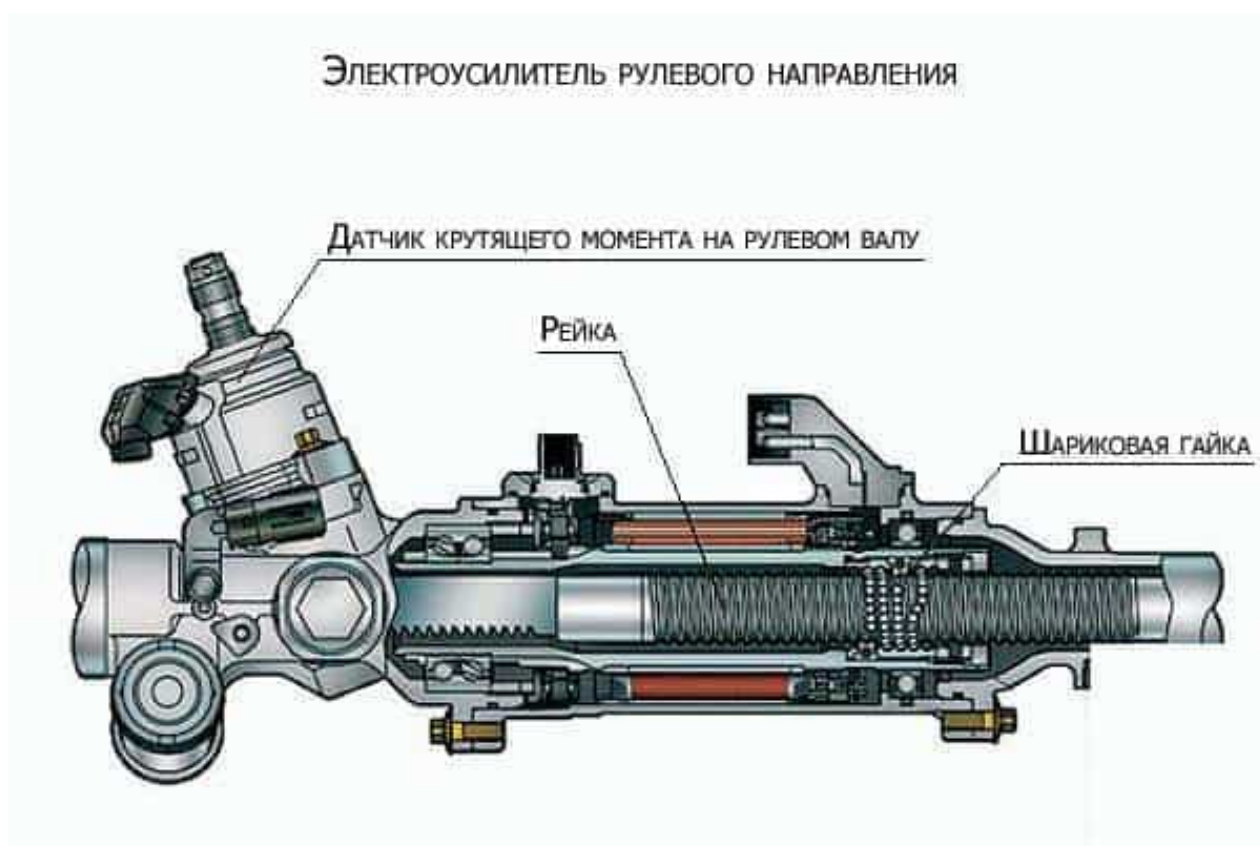


Рисунок 1 – Электроусилитель рулевого механизма

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 усилие 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.

Другой тип усилителя – электрогидравлический усилитель рулевого управления, показанный на рисунке 2.



Рисунок 2 – Электрогидравлический усилитель рулевого механизма (ЭГУР)

На рисунке представлена схема усилителя руля, производимая компанией 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]

Недостатком подобной конструкции является пониженная информативность на высоких скоростях. Также недостаток конструкции – склонность к перегреву масла при предельных углах поворотах рулевых колес, что может привести к выходу механизма из строя. Также подобное устройство имеет более высокую стоимость в сравнении с электрическими и

гидравлическими усилителями. Тем не менее, подобное устройство находит применение, например на грузовых автомобилях Volvo.

На рисунке 3 представлена схема гидравлического усилителя рулевого механизма.

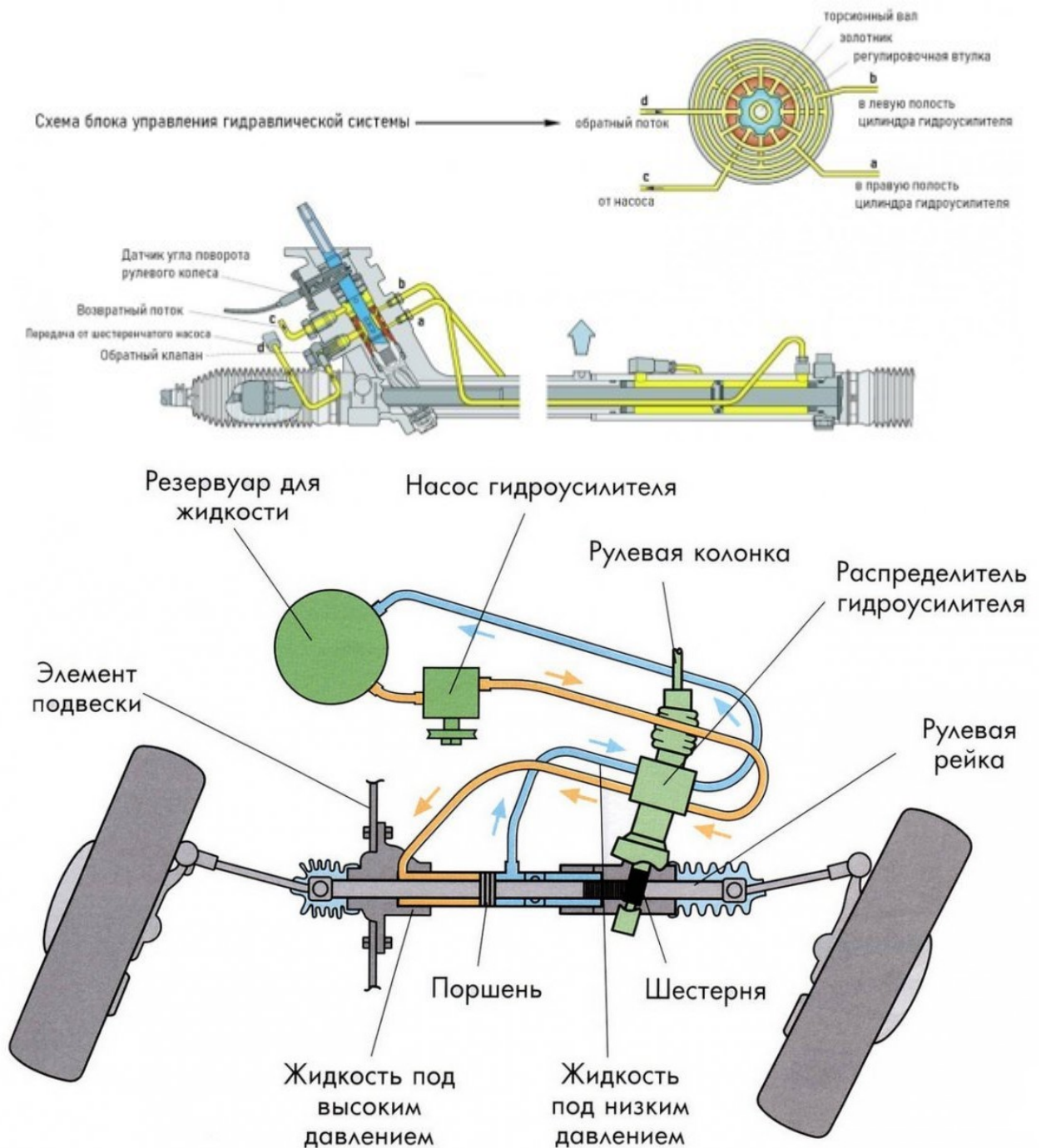


Рисунок 3 – Гидроусилитель рулевого механизма (ГУР)

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.

Между тем, механизм гидроусилителя имеет простое управление и простую конструкцию, что позволяет ее разместить на грузовом автомобиле.

«Жидкость под давлением, созданным насосом, подается на распределитель. В задачу этого составного элемента входит распределение потока жидкости в зависимости от положения рулевого управления. Наибольшее распространение на легковых авто получил золотниковый распределитель поворотного типа. Этот узел является промежуточным звеном между валом колонки и шестерней рулевого механизма.

Состоит распределитель из двух элементов – вала и поворотного золотника. Эти элементы насажены на торсион, который соединяет между собой вал колонки и шестерню.

К распределителю подходит подающий штуцер от насоса, обратка (по ней жидкость возвращается снова в насос) и два вывода, ведущих на силовой цилиндр.

Суть работы распределителя такая: при вращении руля сопротивление, идущее от колес, приводит к скручиванию торсиона, что в свою очередь обеспечивает проворот золотника относительно вала распределителя. Из-за этого одни каналы открываются, а вторые закрываются, то есть, происходит перераспределение потока жидкости.» [11]

1.2 Анализ конструкции и обоснование выбора конструктивной схемы стенда испытания гидравлических усилителей

Гидравлический усилитель, в комплексе имеющегося оснащения, представляет собой гидравлическое оборудование. При проведении испытаний проводят тот же комплекс работ, что и для любого другого гидравлического оборудования.

Виды испытаний гидравлического оборудования:

- эксплуатационные;
- длительные контрольные;
- испытание отдельных элементов.

Первые два вида испытаний производятся в основном при производстве гидравлического оборудования, при ремонте гидравлического оборудования, проводятся испытания отдельных элементов.

«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.» [16]

«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.» [3]

Для испытаний используется стенд, показанный на рисунке 4.



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.» [11]

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

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]

«Стенд содержит компрессор 1 с управлением от давления нагнетания (с приводом от электродвигателя), баллонный редуктор 2, распределитель 3, который управляет работой пневморычажного усилителя 4, действующего 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.»
[11]

«Прокачка тормозной системы автомобиля осуществляется на гидроподъемнике или стенде, предназначена для вытеснения из тормозной

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]

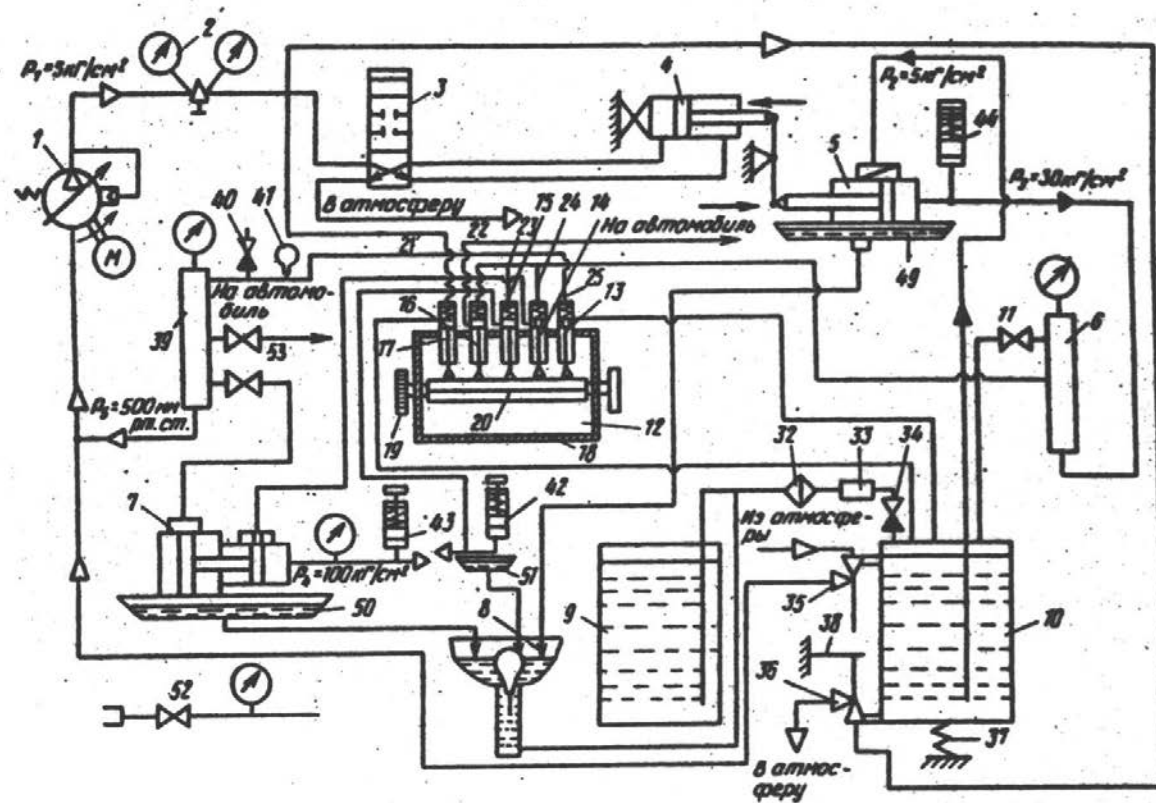


Рисунок 5 – Стенд для технического обслуживания гидросистем автомобиля по а.с. №1421566

Наряду с предложенным к разработке заданием были рассмотрены имеющиеся аналоги, с целью выявления возможности модернизации объекта, основываясь на известных и внедренных разработках.

В разделе был произведен обзор конструкции систем рулевого управления, применяемых на грузовых автомобилях. Рассмотрены узлы и агрегаты, входящие в систему усиления рулевого управления. Определены типы систем рулевого управления, находящие свое применение на грузовых автомобилях. Отдельно рассмотрены системы гидравлического усилителя

рулевого управления, как наиболее оптимального для использования на грузовом транспорте. Исходя из конструктивных особенностей гидравлических усилителей транспортных средств, определены режимы их работы, а самое основное – определены режимы испытания, на которых должны производиться испытания агрегатов усилителя. Выполнен обзор стендов, предназначенных для проведения испытаний гидроусилителей автомобиля. Рассмотрены образцы производимые промышленностью и образцы техники, описываемые авторскими свидетельствами. Разработка конструкции стенда для испытания гидравлических усилителей будет производиться на основании обнаруженных в ходе поиска оптимальных технических и конструкторских решений. Результаты произведенного анализа промышленных образцов стендов представлены в виде анализа методом циклограмм на листе графической части.

2 Расчет тягово-экономических характеристик грузового автомобиля

2.1 Исходные данные к расчету транспортного средства

В тяговом расчете необходимо рассчитать тяговые характеристики грузового автомобиля. Расчет производится на основании данных, представленных в таблице 1. Данные берутся по автомобилю КамАЗ.

Таблица 1 – Данные для тягового расчета

Параметр	Значение
Грузоподъемность	145 кН
Собственный вес	115 кН
Максимальная мощность двигателя	229 кВт
Частота вращения при V макс.	44,16 с ⁻¹
Передаточные числа коробки передач	1 – 9,01 2 – 5,24 3 – 3,22 4 – 2,2 5 – 1,5 6 – 1,0
Передаточное число раздаточной коробки	–
Передаточное число главной передачи	7,66
Размер шин (B x d) дюйм	11.00-20
Колея	1,97 м
Максимальная высота	2,49 м
Уклон дороги	$\alpha_1 - 10^\circ$ $\alpha_2 - 3^\circ$
Тип дорожного покрытия	асфальтобетон

2.2 Построение внешней скоростной характеристики двигателя

«Движение автомобиля происходит под воздействием сил и моментов, которые подразделяют на движущие и оказывающие сопротивление движению.» [1]

«Основной движущей силой является крутящий момент на ведущих колесах в виде касательной реакция дороги на ведущее колесо автомобиля (тяговой силы P_m). Она обусловлена взаимодействием колеса с поверхностью дороги.

В расчете используются следующие обозначения параметров.

N_e – эффективная мощность;

M_e – эффективный момент;

n_e – частота вращения коленчатого вала;

На кривых N_e и M_e можно отметить четыре характерные точки:

a – минимально устойчивое число оборотов n_{min} вала двигателя;

b – максимальная мощность двигателя

c – максимальный крутящий момент M_{max}

d – максимальное число оборотов вала двигателя и, соответственно, максимальной скорости движения автомобиля по горизонтальной дороге с твердым покрытием. n_{max} » [2]

«При отсутствии экспериментальных данных пользуются эмпирическими зависимостями, позволяющими по известным координатам одной точки воспроизвести всю кривую мощности.» [1]

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

«где N_{max} и n_N – соответственно значение максимальной эффективной мощности, кВт, и соответствующее ему значение частоты вращения коленчатого вала, c^{-1} ;

N_e и n_e – текущие значения эффективной мощности, кВт и частоты вращения коленчатого вала, c^{-1} .

K – значение выражения в квадратных скобках.» [2]

«Минимальная частота вращения коленчатого вала двигателя принимается в пределах 7,8...13,0 c^{-1} , максимальная частота составляет 1,0 n_N для дизельных двигателей.» [15]

$$M_e = \frac{1000 \cdot N_e}{\omega} = \frac{159,24 \cdot N_e}{n_e} \text{ Нм} \quad (2)$$

«где M_e – эффективный крутящий момент, Нм;

$N_e = 132,4$ – эффективная мощность, кВт

ω - угловая скорость вращения вала двигателя, $\text{рад} \cdot c^{-1}$

Расчет значений мощности и крутящего момента двигателя транспортного средства приводится в таблице 2.» [14]

Таблица 2 – Расчет мощности и крутящего момента

Параметры	Отношение частот вращения, n_e/n_N								
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Частота вращения, n_e, c^{-1}	8,83	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
Коэффициент K	0,14	0,25	0,37	0,5	0,62	0,74	0,84	0,93	1
Эффективная мощность N_e , кВт	32	57,2	84,7	114,5	141,9	169,5	192,4	212,9	229
Эффективный момент, $M_e, \text{Н} \cdot \text{м}$	587	688,1	763,8	825,7	853,3	872,9	867	853,3	825,7

График внешней скоростной характеристики двигателя приводится в приложении А и на листе графической части дипломного проекта.

2.3 Тяговый расчет транспортного средства

При движении автомобиля тяговая сила P_m на ведущих колесах затрачивается на преодоление сил сопротивления движению.

Уравнением тягового баланса автомобиля будет являться формула:

$$P_m = P_f + P_y + P_\epsilon \pm P_j \quad (3)$$

где G – вес автомобиля,

« $P_y (G \sin \alpha)$ – сила сопротивления подъему;

P_f – сила сопротивления качению;

P_ϵ – сила сопротивления воздуха;

P_j – сила инерции;

P_m – тяговая сила.» [1]

Сумма сил сопротивления качению и сопротивлению подъема – сопротивлением дороги

$$P_\delta = P_f + P_y, \quad (4)$$

Тогда уравнение тягового баланса будет иметь вид:

$$P_m = P_\delta + P_\epsilon \pm P_j \quad (5)$$

«При равномерном движении автомобиля отношение крутящего момента ведущих колес к их радиусу, при равномерном вращении колес, называют тяговой силой P_m .

Крутящий момент, подводимый к ведущим колесам, при равномерном движении автомобиля:» [1]

$$M_m = M_e \cdot I_{mp} \cdot \eta_{mp}, \text{ Н.м}, \quad (6)$$

где M_e – крутящий момент на первичном валу коробки передач, Нм,

I_{mp} – передаточное число трансмиссии,

η_{mp} – КПД трансмиссии.

Тяговая сила:

$$P_m = \frac{M_m}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_K} \quad (7)$$

где r_K – радиус колеса, м.

«Величина тяговой силы P_m на ведущих колесах автомобиля, необходимая для его движения, ограничивается сцеплением шин ведущих колес с поверхностью дороги.» [2]

Отсюда вытекает основное условие движения автомобиля:

$$P_{mc} \leq P_m \leq P_{cy} \quad (8)$$

«Под силой сцепления P_{cy} понимают силу, противодействующую скольжению колес относительно поверхности дороги. Она равна силе трения, возникающей в месте контакта шины с дорогой. Величина силы сцепления зависит от нормального давления ведущих колес на дорогу и коэффициента сцепления φ :» [1]

$$P_{cy} = G' \cdot \cos \alpha \cdot \varphi, \quad (9)$$

где G' - вес автомобиля, приходящийся на ведущие колеса автомобиля,

Н

2.4 Расчет параметров трансмиссии транспортного средства

«Общее передаточное число трансмиссии рассчитывается по формуле:

$$I_{mp} = I_{kn} \cdot I_{pk} \cdot I_{zl} \quad (10)$$

где I_{mp} - передаточное число трансмиссии,

I_{kn} - передаточное число коробки передач,

I_{pk} - передаточное число раздаточной коробки на высшей передаче,

I_{zl} - передаточное число главной передачи.

В общем виде КПД трансмиссии автомобиля определяется как:

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_{pk} \cdot \eta_{\kappa}^i \cdot \eta_{zl}^j \quad (11)$$

где η_{kn} – КПД коробки передач,

η_{pk} – КПД раздаточной коробки,

η_{κ} – КПД карданного вала,

η_{zl} – КПД главной передачи,

i – количество карданных валов,

j – количество главных передач.

Значения величин коэффициентов полезного действия для различных узлов транспортного средства приводятся в таблице 3.» [10]

Таблица 3 – Значение КПД различных механизмов транспортного средства

Элементы трансмиссии	КПД
Коробка передач	0,96...0,98
Карданная передача	0,98
Главная передача	0,94...0,96

КПД трансмиссии:

$$\eta_{mp} = \eta_{kn} \cdot \eta_{\kappa}^2 \cdot \eta_{zl}^2 = \eta_{mp} = 0,97 \cdot 0,96 \cdot 0,92 \cdot 0,90 = 0,84$$

«Частоты вращения коленвала двигателя n_e и соответствующие им значения эффективных моментов M_e и определённые по формуле

$$P_m = \frac{M_m}{r_K} = \frac{M_e \cdot i_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r_K} \quad (12)$$

Рассчитанные значения силы тяги для каждой передачи транспортного средства P_{mj} заносим в таблицу 4.» [4]

Таблица 4 – Рассчитанные значения силы тяги P_{mj}

Частота вращения n_e, c^{-1}	Расчетные значения						
	M_e Н·м	P_{m1} Н	P_{m2} Н	P_{m3} Н	P_{m4} Н	P_{m5} Н	P_{m6} Н
8,83	578	65322	38098	23307	15865	10789	72489
13,24	688	77756	45231	27854	18876	12908	86287
17,66	764	86356	50203	30786	21145	144210	95789
22,08	826	93376	54245	33379	22897	155421	103567
26,5	853	96511	56123	34465	23490	160611	107031
30,91	873	98697	57432	35346	24113	164290	109521
35,33	867	98011	57025	35198	23908	163201	108841
39,74	853	96456	56167	34434	23621	160567	107111
44,16	826	93467	54378	33321	22811	155431	103521

По результатам расчета строятся графики силы тяги для каждой передачи, которые приводятся в приложении А и на листе графической части.

2.5 Определение скорости движения автомобиля на различных передачах

«Расчет скорости движения автомобиля следует начать с определения радиуса колеса, так как именно этот параметр во многом оказывает значительное влияние на эту величину.

Динамический радиус колеса r_d – расстояние от дороги до оси катящегося колеса. Он увеличивается с увеличением внутреннего давления в шине. При возрастании скорости качения шина под действием центробежных сил растягивается в радиальном направлении и r_d увеличивается.

Учитывая, что значения обоих статического и динамического радиусов в нормальных условиях движения автомобиля мало отличаются друг от друга, их обычно принимают равными и обозначают r_k .

Радиус качения колеса r_k определяется измерением пути S_k , пройденного колесом за определенное число его оборотов n_k :» [1]

$$r_k = S_k / 2\pi \cdot n_k \quad (13)$$

$$r_k = 0,0127d + 0,0216B', \text{ м,}$$

$$r_k = 0,0127 \cdot 20 + 0,0216 \cdot 12 = 0,513, \text{ м}$$

где d – посадочный диаметр обода колеса и B' - ширина профиля шины в дюймах.

Для определения скорости движения автомобиля используют формулу

$$V_i = 2\pi \cdot r_k \cdot n_e / I_{\text{тр}i}, \text{ м/с,} \quad (14)$$

где V_i – скорость движения автомобиля на i -ой передаче, м/с;

$I_{\text{тр}i}$ – передаточное число трансмиссии на i -ой передаче.

«Значения частоты вращения коленчатого вала двигателя n_e и величины эффективного крутящего момента M_e (из таблицы 4), расчетные скорости движения автомобиля V_i на каждой передаче заносим в таблицу 5.» [2]

Таблица 5 – Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах

Частота вращения, n_e, c^{-1}	Расчетные скорости движения автомобиля на различных передачах, м/с					
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
8,8	0,4	0,7	1,1	1,6	2,4	3,6
13,2	0,6	1	1,7	2,5	3,6	5,5
17,7	0,8	1,4	2,3	3,3	4,9	7,3
22,1	1,1	1,7	2,8	4,2	6,1	9,2
26,5	1,2	2,1	3,4	5	7,3	11
30,9	1,4	2,4	3,9	5,8	8,5	12,8
35,3	1,6	2,8	4,5	6,6	9,8	14,7
39,7	1,8	3,1	5,1	7,5	11	16,5
44,2	2	3,5	5,7	8,3	12,2	18,3

«Для каждой из передач (1, 2, 3, 4, 5, 6) по найденным значениям P_m в зависимости от скорости движения автомобиля, приведенной в таблице 4, строим кривые, которые образуют тяговую характеристику автомобиля.» [1]

2.6 Определение силы сопротивления дороги

Сумму сопротивлений качению и подъему автомобиля называют силой сопротивления дороги P_d :

$$P_d = P_f \pm P_y = G \cdot \cos a \cdot f \pm G \cdot \sin a = G \cdot (f \cdot \cos a \pm \sin a). \quad (15)$$

где $G = 115$ кН – вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от номинальной, Н;

$f = 0,04$ – коэффициент сопротивления качения

Угол a считают положительным при движении на подъеме и отрицательным при движении на спуске.

$\alpha_1 = 10$ град.

$\alpha_2 = 3$ град.

$P_{\partial 0} = 115$ кН - вес автомобиля в снаряженном состоянии, с водителем.
без нагрузки.

$P_{\partial 100} = 260$ кН – вес автомобиля с полной (номинальной) нагрузкой.

«Сила сопротивления груженого автомобиля на I участке дороги

$$P_{\partial 100} = G(f \cos 10 + \sin 10) = 260 (0,04 \cdot 0,98 + 0,17) = 55,39 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на II участке дороги

$$P_{\partial 100} = G(f \cos 0 + \sin 0) = 260 (0,04 \cdot 1 + 0) = 10,4 \text{ кН}$$

Сила сопротивления груженого автомобиля на III участке дороги

$$P_{\partial 100} = G(f \cos 3 - \sin 3) = 260 (0,04 \cdot 0,99 - 0,052) = -3,22 \text{ кН}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на III участке дороги

$$P_{\partial 0} = G(f \cos 3 + \sin 3) = 115 (0,04 \cdot 0,99 + 0,052) = 10,61 \text{ кН}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на II участке дороги

$$P_{\partial 0} = G(f \cos 0 + \sin 0) = 115 (0,04 \cdot 1 + 0) = 4,6 \text{ кН}$$

Сила сопротивления порожнего автомобиля на I участке дороги

$$P_{\partial 0} = G(f \cos 10 - \sin 10) = 115 (0,04 \cdot 0,98 - 0,17) = -15,46 \text{ кН} \gg [10]$$

«Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автобуса согласно схемы движения автомобиля на участках I, II и III дороги сводим в таблицу 6.» [2]

Таблица 6 – Результаты расчета сил сопротивления дороги для груженого ($P_{\partial 100}$) и порожнего ($P_{\partial 0}$) автобуса

Участок	Уклон, α , град	$P_{\partial 0}$	$P_{\partial 100}$
I	10	10,6	55,4
II	0	4,6	10,4
III	4	-15,4	-3,2

2.7 Определение силы сопротивления воздуха

«При движении автомобиль преодолевает сопротивление воздуха, которое складывается из нескольких сопротивлений. Передней частью автомобиля воздух сжимается и раздвигается, в то время как в задней части автомобиля создается разрежение, которое вызывает образование завихрений.

Наибольшая часть мощности при преодолении сопротивления воздуха затрачивается на образование воздушных вихрей. Если все сопротивление воздуха принять за 100%, то на образование воздушных вихрей будет приходиться примерно 60%. Около 25% составляет сопротивление, создаваемое передней и выступающими частями автомобиля (крылья, подножки и т. д.), а также сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор. Около 15% общего сопротивления воздуха приходится на трение поверхности автомобиля об обтекающие его слои воздуха.» [1]

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

$$P_e = K_e \cdot F \cdot V^2, \quad (16)$$

где K_e —коэффициент обтекаемости, принимается в соответствии со значениями по таблице 11.

Таблица 11 – Значения коэффициента обтекаемости

Автомобили	K_e , Н.сек ² /м ⁴
Легковые	0,15-0,35
Грузовые	0,6-0,7
Автобусы	0,3-0,4

«Принимаем по таблице коэффициент K_e равный 0,65 Н·сек²/м⁴;

F —лобовая площадь автомобиля, м²;

V —скорость движения автомобиля в м/сек.

Произведение $K_e \cdot F$ принято называть фактором обтекаемости и обозначать W , тогда:» [1]

$$P_e = W \cdot V^2, \quad (17)$$

«Фактор обтекаемости определяет зависимость силы сопротивления воздуха от размеров и формы автомобиля.

Лобовую площадь грузового автомобиля с достаточной степенью точности можно вычислить по формуле

$$F = B \cdot H, \text{ м}^2, \quad (18)$$

где H — наибольшая высота автомобиля, м,

B — колея автомобиля, м.

$$F = 1,97 \cdot 2,49 = 4,9 \text{ м}^2$$

Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей движения автомобиля (8-10 значений) сводим в таблицу 12.» [2]

$$P_{\epsilon} = W \cdot V^2 = 0,6 \cdot 4,9 \cdot 5^2 = 73$$

Таблица 12 – Величины ветровой нагрузки при различных значениях скоростей

Точки графика	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
$V, \text{ м/с}$	5	10	15	20	22	25	27	30
$P_{\epsilon}, \text{ Н}$	73	294	1177	1424	1839	2145	2648	3013

2.8 Определение силы инерции

«График тягового баланса строят на графике тяговой характеристики следующим образом:

На оси ординат отмечают значения $P_{\partial 100}$ и $P_{\partial 0}$ для каждого участка пути и из этих точек проводят тонкие горизонтальные линии. На этих линиях, как на осевых, строят кривые ветровой нагрузки. Таким образом силы сопротивления P_{∂} и P_{ϵ} графически суммируются. Для наглядности кривые $P_{\partial 100} + P_{\epsilon}$ наносят сплошной линией, а $P_{\partial 0} + P_{\epsilon}$ — пунктирной. Кривая $(P_{\partial} + P_{\epsilon})$ определяет тяговую силу, необходимую для равномерного движения автомобиля в заданных нагрузочных и дорожных условиях. Эта сила тяги обеспечивается регулированием подачи топлива или изменением передаточного числа трансмиссии.

Если при определенной скорости автомобиля и передаче сила тяги больше суммарной силы сопротивления дороги и ветровой нагрузки (кривая P_m лежит выше кривой $P_{\partial} + P_{\epsilon}$), то для равномерного движения автомобиля нужно уменьшить подачу топлива настолько, чтобы тяговая кривая для этой скорости снизилась и пересекла кривую $(P_{\partial} + P_{\epsilon})$ в точке, ордината которой соответствует этой скорости. В этой точке $P_m = P_{\partial} + P_{\epsilon}$ — условие равномерного движения.

Точки пересечения кривых P_m и $(P_\delta + P_\epsilon)$ определяют максимальную скорость автомобиля на соответствующей передаче и на соответствующем участке пути. Эти значения сводятся в таблицу 13.» [2]

Таблица 13 – Максимальные скорости движения автомобиля на различных участках пути

Загрузка автомобиля, в %	Участки		
	I	II	III
100	3,3	12,8	14,0
0	11	16,0	11,3

2.9 Расчет и построение динамического фактора автомобиля

На основании уравнения тягового баланса автомобиля можно вывести следующее соотношение сил:

$$P_m - P_\epsilon = P_{cu} + P_j, \quad (19)$$

где P_j - сила сопротивления разгону.

Вместо P_{cu} и P_j подставим их значения, тогда

$$P_m - P_\epsilon = G_a \cdot \varphi + \delta j G_a / g, \quad (20)$$

где δ – коэффициент учета вращающихся масс

$$\delta = 1,05 + 0,07 I_{кп}^2, \quad (21)$$

«где $I_{кп}$ – передаточное число коробки передач;

j – ускорение автомобиля, m/c^2 ,

φ – коэффициент сцепления колес с поверхностью дороги,

g – ускорение силы тяжести, m/c^2 .

Разделим обе части уравнения на вес автомобиля G » [2]

$$(P_m - P_e) / G = \varphi + \delta j / g \quad (22)$$

Отношение избыточной силы тяги ($P_T - P_B$) к весу автомобиля G называется динамическим фактором и обозначается буквой D :

$$D = (P_m - P_e) / G \quad (23)$$

Результаты расчета представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Расчет динамического фактора

Параметры	Частота вращения $n_e \text{ c}^{-1}$								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V1; м/с	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
Pm1	65'357	77'806	86'365	93'368	96'480	98'703	98'036	96'480	93'368
Pв1	0,5	1,1	1,9	3,0	4,4	5,9	7,8	9,8	12,2
D1	0,25	0,29	0,33	0,34	0,37	0,38	0,377	0,371	0,36
V2; м/с	0,7	1,0	1,4	1,7	2,1	2,4	2,8	3,1	3,5
Pm2	38'010	45'250	50'228	54'300	56'110	57'403	57'015	56'110	54'300
Pв2	1,4	3,2	5,7	9,0	12,9	17,6	23,1	29,2	36,1
D2	0,146	0,174	0,193	0,208	0,215	0,22	0,22	0,215	0,208
V3; м/с	1,1	1,7	2,3	2,8	3,4	3,9	4,5	5,1	5,7
Pm3	23'357	27'807	30'865	33'368	34'480	35'275	35'036	34'480	33'368
Pв3	3,3	5,0	6,7	8,4	10,1	11,7	13,4	15,1	16,7
D3	0,089	0,107	0,118	0,128	0,133	0,135	0,135	0,132	0,128
V4; м/с	1,6	2,5	3,3	4,6	5,0	5,8	6,7	7,5	8,3
Pm4	15'959	18'998	21'088	22'798	23'558	24'101	23'938	23'558	22'798
Pв4	4,9	7,3	9,8	12,3	14,7	17,2	19,6	22,1	24,5
D4	0,0614	0,073	0,0811	0,0876	0,0906	0,0926	0,092	0,0905	0,0876
V5; м/с	2,4	3,6	4,9	6,1	7,3	8,5	9,8	11,0	12,2
Pm5	10'881	12'953	14'378	15'544	16'062	16'432	16'321	16'062	15'544
Pв5	7,2	10,8	14,4	17,9	21,6	25,2	28,8	32,4	35,9
D5	0,0418	0,0498	0,0552	0,0597	0,0617	0,0631	0,0627	0,0617	0,0596
V6; м/с	3,7	5,5	7,3	9,2	11,0	12,8	14,7	16,5	18,3
Pm6	7'253	8'635	9'585	10'363	10'708	10'955	10'881	10'708	10'363
Pв6	10,8	16,2	21,6	26,9	32,4	37,8	43,2	48,6	53,9
D6	0,0279	0,0332	0,0368	0,0398	0,0411	0,042	0,0417	0,041	0,0396

По данным таблицы 14 строим график изменения динамического фактора в зависимости от скорости движения на различных передачах.

2.10 Определение критической скорости

«При движении автомобиля со скоростью, меньшей V_D , например V_3 , увеличение коэффициента сопротивления дороги вызовет снижение скорости, что, в свою очередь, приведет к уменьшению динамического фактора.

Если принять, что D_x – динамический фактор автомобиля при его новой силе тяжести, равной G_x :

$$D_x = D_{100} \cdot G_{100} / G_x, \quad (24)$$

где D_{100} – динамический фактор автомобиля с полной нагрузкой,
 G_{100} – вес автомобиля с полной нагрузкой.

Следовательно, зная вес и динамический фактор автомобиля с полной нагрузкой, и вес автомобиля с нагрузкой, отличающейся от полной, можно определить динамический фактор для этого состояния.

Для того чтобы, при изменении степени загрузки автомобиля каждый раз не пересчитывать значения динамического фактора, динамическую характеристику дополняют номограммой нагрузок.» [1]

2.11 Построение динамического паспорта автомобиля

Как было указано выше, сила сцепления P_{cy} колес автомобиля с дорогой зависит от нормального давления ведущих колес на дорогу и коэффициента сцепления

$$P_{cy} = \varphi \cdot G_v, \quad (25)$$

где G_v - вес, приходящийся на ведущие колеса автомобиля, Н.

Из условия движения автомобиля без буксования имеем $P_m \leq P_{cy}$.

«Подставляя предельное значение P_m из условия движения автомобиля без буксования в формулу , получим значение динамического фактора по сцеплению

$$D_\varphi = P_m - P_w / G = (\varphi G_\varepsilon - P_\varepsilon) / G \quad (26)$$

Так как при буксовании автомобиля скорость его движения относительно невелика, можно принять, что $P_\varepsilon = 0$. Тогда» » [2]

$$D_\varphi = \varphi G_\varepsilon / G. \quad (27)$$

Динамический паспорт автомобиля строят по следующим формулам

$$D_{\varphi 0} = \varphi G_{\varepsilon 0} / G_0 \quad (28)$$

$$D_{\varphi 100} = \varphi G_{\varepsilon 100} / G_{100} , \quad (29)$$

«где D_φ - динамический фактор по сцеплению порожнего автомобиля;

$D_{\varphi 100}$ - динамический фактор по сцеплению автомобиля с полной нагрузкой;

$G_{\varepsilon 0}$ - нагрузка, на ведущие колеса порожнего автомобиля, Н;

$G_{\varepsilon 100}$ - нагрузка, на ведущие колеса полностью груженого автомобиля, Н.» » [4]

«Для автомобилей с одной ведущей осью можно принять $G_{\varepsilon 0}/G_0 = 0,35 - 0,55$ и $G_{\varepsilon 100}/G_{100} = 0,6 - 0,75$, а для машин повышенной проходимости $G_{\varepsilon 0}/G_0 = 0,65 - 0,75$ и $G_{\varepsilon 0}/G_0 = 0,8 - 1,0$.

Примерные величины коэффициента сцепления φ для дорог с различным покрытием приведены в таблице 15.» » [1]

Таблица 15 – Примерные величины коэффициента сцепления φ для дорог с различным покрытием

Покрытие дороги	Коэффициент сцепления φ
Асфальто- или цементобетонное	0,7 – 0,8
Гравийное	0,6 – 0,7
Грунтовая дорога: сухая укатанная	0,5 – 0,6
после дождя	0,2 – 0,4

«Задаваясь значениями $\varphi = 0,1; 0,2; 0,3$ и т.д. и принимая значения отношений $G_{\phi 100}/G_{100}$ и $G_{\phi 0}/G_0$, по формулам и определяем значения $D_{\phi 100}$ и $D_{\phi 0}$. Затем откладываем их по шкале D_{100} и D_0 . Точки с одинаковыми значениями коэффициента сцепления соединяют штриховыми линиями.» [10]

2.12 Расчет и построение графика разгона автомобиля

«Величина ускорения, развиваемого автомобилем, в значительной мере характеризует его тяговые свойства: чем выше ускорение, тем выше средняя скорость движения, а следовательно, и тяговые свойства автомобиля.

График ускорения в зависимости от скорости движения строят для полностью груженого автомобиля при условии его движения по горизонтальной дороге с асфальтобетонным покрытием в хорошем состоянии при условии максимального использования мощности и отсутствия буксования колес.» [1]

Принимаем $P_m = P_{сц}; \psi = f = 0,015$.

$$J = (D - f)g/\delta, \text{ м/с}^2. \quad (30)$$

Коэффициент δ учета вращающихся масс определяется для каждой передачи по формуле $\delta = 1,05 + 0,07 \cdot i_{кп}^2$

$$J = (D - f)g/\delta, \text{ м/с}^2 \quad (31)$$

Таблица 16 – Таблица значений для построения графика ускорений автомобиля

Параметры	Частота вращения n_e c^{-1}								
	8,8	13,2	17,6	22,1	26,5	30,9	35,3	39,7	44,2
V_1 м/с	0,41	0,61	0,81	1,02	1,22	1,43	1,63	1,83	2,04
J_1 м/с ²	0,34	0,41	0,46	0,5	0,52	0,53	0,53	0,52	0,5
V_2 м/с	0,7	1,05	1,4	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5
J_2 м/с ²	0,43	0,52	0,59	0,64	0,66	0,68	0,67	0,66	0,64
V_3 м/с	1,14	1,71	2,28	2,85	3,42	3,99	4,56	5,13	5,7
J_3 м/с ²	0,41	0,51	0,57	0,63	0,65	0,67	0,66	0,65	0,63
V_4 м/с	1,67	2,5	3,34	4,17	5	5,84	6,67	7,5	8,34
J_4 м/с ²	0,33	0,41	0,47	0,51	0,53	0,55	0,54	0,53	0,51
V_5 м/с	2,45	3,67	4,89	6,11	7,34	8,56	9,78	11	12,2
J_5 м/с ²	0,22	0,28	0,33	0,36	0,38	0,39	0,39	0,38	0,36
V_6 м/с	3,67	5,5	7,34	9,17	11	12,8	14,7	16,5	18,3
J_6 м/с ²	0,11	0,16	0,19	0,22	0,23	0,24	0,23	0,23	0,22

По данным таблицы 16 строим график ускорений при разгоне, который отображается в приложении А и на листе графической части.

2.13 Расчет и построение графиков времени и пути разгона

«Кривую ускорений разбивают на ряд одинаковых участков (кроме участков переключения передач), которые для удобства обозначают буквами

а, б, в и т.д., и считают, что в каждом интервале скорости автомобиль разгоняется с постоянным ускорением» [1]

$$J_{cp} = (J_{in} + J_{ik})/2 \quad (32)$$

где J_{in} и J_{ik} – ускорения, соответственно, в начале и в конце выбранного i -го участка (интервала скорости).

При изменении скорости от V_{in} до V_{ik} (от начальной до конечной в i -ом участке) среднее ускорение равно приращению скорости ΔV , деленному на время t_n движения на участке, т.е для участка a :

$$J_{cp} = (V_{ak} - V_{an}) / t_a \quad (33)$$

Следовательно, время разгона в том же интервале a скорости

$$t_a = (V_{ak} - V_{an}) / J_{cp} \quad (34)$$

Определяем среднее ускорение по участкам

$$J_{cra} = (0,34+0,41) / 2 = 0,38$$

$$J_{cрб} = (0,41+0,46) / 2 = 0,43$$

$$J_{cрв} = (0,46+0,52) / 2 = 0,48$$

$$J_{cр2} = (0,52+0,53) / 2 = 0,525$$

$$J_{cрd} = (0,53+0,5) / 2 = 0,51$$

$$J_{cpe} = (0,5+0,43) / 2 = 0,47$$

$$J_{cрж} = (0,43+0,59) / 2 = 0,5$$

$$J_{cри} = (0,59+0,66) / 2 = 0,62$$

$$J_{cрк} = (0,66+0,41) / 2 = 0,52$$

$$J_{cрл} = (0,41+0,57) / 2 = 0,45$$

$$J_{cрм} = (0,57+0,65) / 2 = 0,61$$

$$J_{cрн} = (0,65+0,66) / 2 = 0,65$$

$$J_{cрп} = (0,66+0,63) / 2 = 0,64$$

$$J_{cрр} = (0,63+0,33) / 2 = 0,46$$

$$J_{срс} = (0.33+0.47) / 2 = 0,4$$

$$J_{срп} = (0.47+0.53) / 2 = 0,45$$

$$J_{срр} = (0.53+0.54) / 2 = 0,53$$

$$J_{срф} = (0.54+0.51) / 2 = 0,53$$

$$J_{срх} = (0.51+0.22) / 2 = 0,35$$

$$J_{срц} = (0.22+0.33) / 2 = 0,27$$

$$J_{срш} = (0.33+0.38) / 2 = 0,35$$

$$J_{срэ} = (0.38+0.39) / 2 = 0,38$$

$$J_{срю} = (0,11+0.19) / 2 = 0,15$$

$$J_{сря} = (0.19+0.22) / 2 = 0,2$$

Определяем время разгона в тех же интервалах

$$t_a = (0.8-0,4) / 0.38 = 1.05 \text{ с } (V_{ак} - V_{ан}) / J_{ср}$$

«Общее время разгона от минимально устойчивой скорости V_{min} ($V_{ан}$) до конечной V_{max} ($V_{ук}$) получается суммированием времени разгона отдельных участков» [2]

$$T_p = t_a + t_b + \dots + t_n \quad (35)$$

«По значениям t , определяемым для различных скоростей строим кривую времени разгона, начиная строить ее от минимального значения $V_{ан}$, для которого $t = 0$. Для скорости $V_{ак} = V_{он}$ откладываем значение t_a , для скорости $V_{ок}$ – значение $t_a + t_b$ и т.д. до первого переключения передач.» [1]

$$T_p = 58 \text{ сек.}$$

Величина уменьшения скорости в процессе переключения передачи:

$$\Delta V_n = 9,3 \cdot t_n = 0,93 \cdot 1 = 0,93 \text{ с}$$

Таким образом, координаты точки конца переключения равны:

- скорость (абсцисса) - $V_{kn} = V_{nn} - \Delta V_n$
- время (ордината) для первого переключения - $\Sigma t_1 + t_n$,

где Σt_1 – время разгона до 1-го переключения.

Общий путь разгона равен:

$$S_p = 574 \text{ м}$$

Путь, пройденный автомобилем за время переключения:

$$s_n = V_{cp}^n t_n = 0,4 \cdot 1,0 = 0,4 \text{ м}$$

где V_{cp}^n – средняя скорость автомобиля за время переключения.

$$V_{cp}^n = (V_n^n - V_k^n) / 2 = (4,4 - 3,6) / 2 = 0,4 \text{ м/с}$$

где V_n^n – начальная скорость при переключении передачи принимается равной скорости предыдущего участка;

V_k^n – скорость автомобиля в конце переключения

В разделе был произведен расчет тягово-динамических характеристик автомобиля. Расчет был произведён на основании исходных данных. Определены силы, воздействующие на автомобиль при движении. На основании этого произведен расчёт тяговой характеристики двигателя транспортного средства. Определены силовые характеристики для каждой передачи автомобиля. Рассчитаны ускорения автомобиля для каждой передачи. Результаты расчетов представлены на листе графической части дипломного проекта.

3 Конструкция стенда для испытания гидроусилителей грузового автомобиля

3.1 Подбор оборудования

В соответствии с заданием на конструкторскую разработку произведен поиск аналогов конструкций стендов для испытания ГУР. Найдены следующие стенды, показанные на рисунке 6 и рисунке 7.

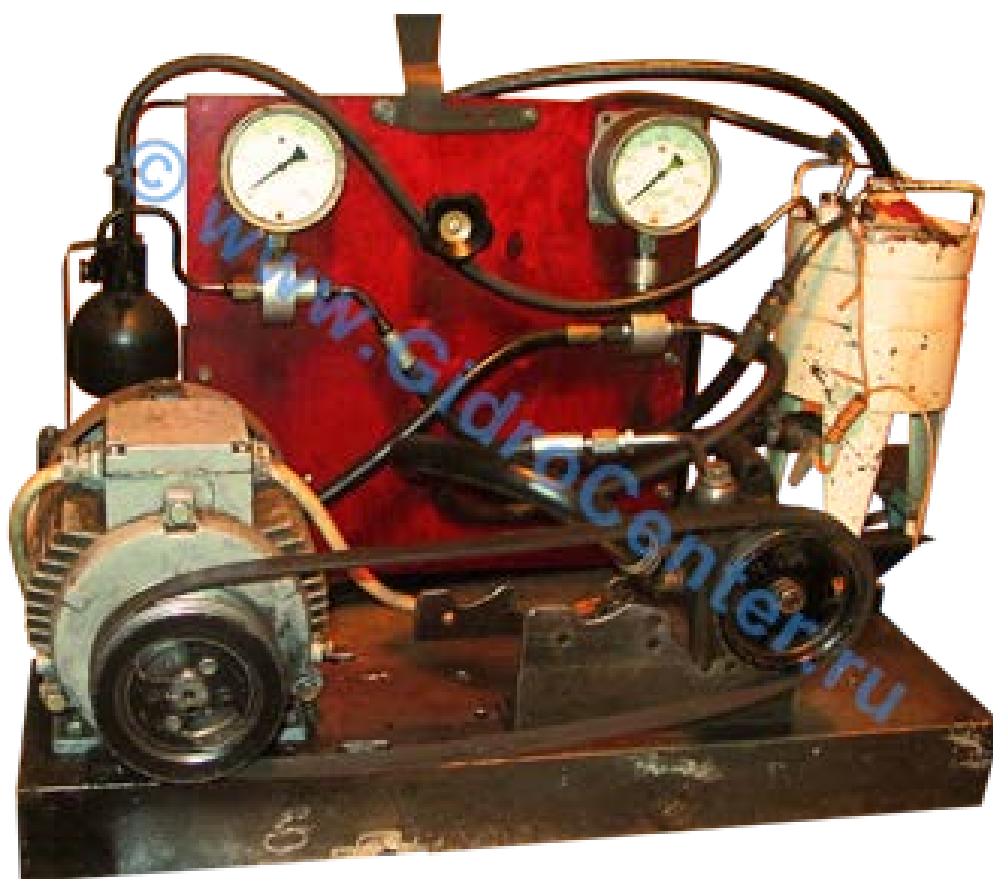


Рисунок 6 – Стенд испытания ГУР ООО «ГИДРОЦЕНТР»

Стенд предназначен для проведения испытаний гидроусилителей микроавтобусов и легковых автомобилей.

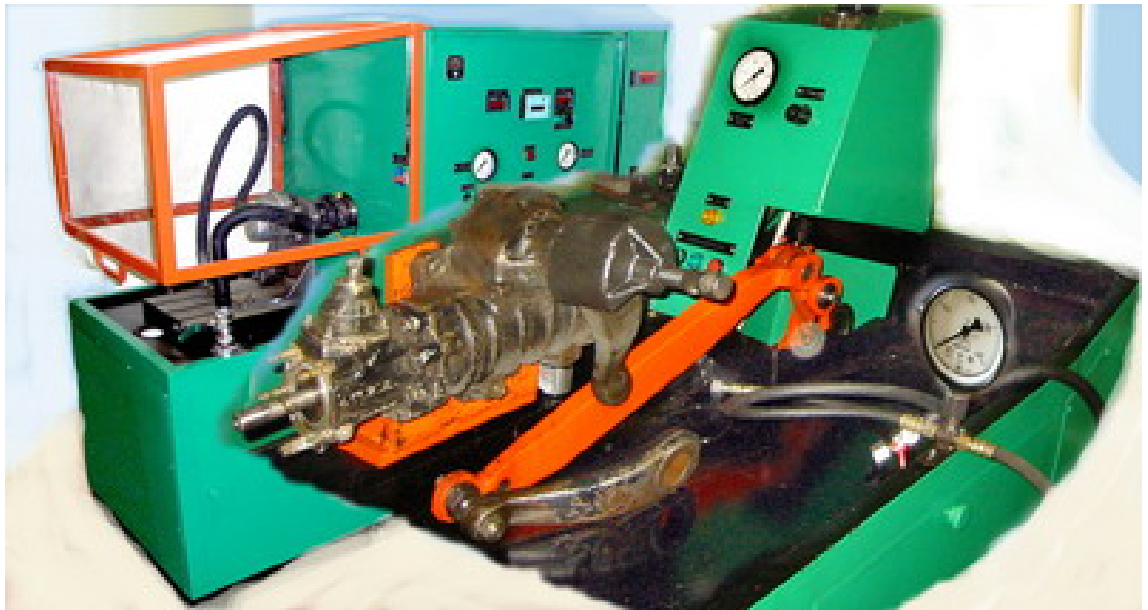


Рисунок 7 – Блок ГУР - специализированный модуль (приставка) для испытания гидроагрегатов

«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.

Блок позволяет создавать на валу испытуемого гидроусилителя регулируемую нагрузку с помощью стенового 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.»

[19]

Таблица 17 – 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

Продолжение таблицы 17

Параметр	Значение
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 8 – Стенд для испытания усилителей рулевого управления СГН/30м

Стенд СГН/30м (рисунок 8) 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.

Стенд СГН/30м предназначен для испытания гидронасосов:

- Шестеренные: НШ-10, НШ-32, НШ-50, НШ-71
- Аксиально-поршневые: 207.20..., 210.12..., 210.16..., 210.20..., 310.2.28(3.45)(4.45), 310.56/2.56/3, 310...12, 310...28, 310...56, 313...55(56), РНА (РМНА) 32/320
- Прочих, номинальная потребляемая мощность которых не более 30кВт.

«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 щадящую 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]

Для испытаний гидрораспределителей стенд комплектуется технологическим столом (верстаком), на котором установлены станочные тиски. Гидрораспределитель при испытании устанавливается в этих тисках и соединяется рукавами высокого давления со стендом.

«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]

Со стендом СГН/30м по отдельному заказу поставляются адаптированные к нему специализированные блок-модули ГУР и БИМ, позволяющие проводить полноценные испытания гидромоторов и гидроусилителей рулевого управления различных машин и механизмов. Технические характеристики представлены в таблице 19.

Таблица 19 – 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

В связи с многообразием существующей номенклатуры гидроагрегатов, технологическая оснастка для их подключения к стенду в комплект поставки не входит. Заказчик изготавливает кронштейны и переходные муфты самостоятельно или по дополнительному заказу.

На рисунке 9 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.

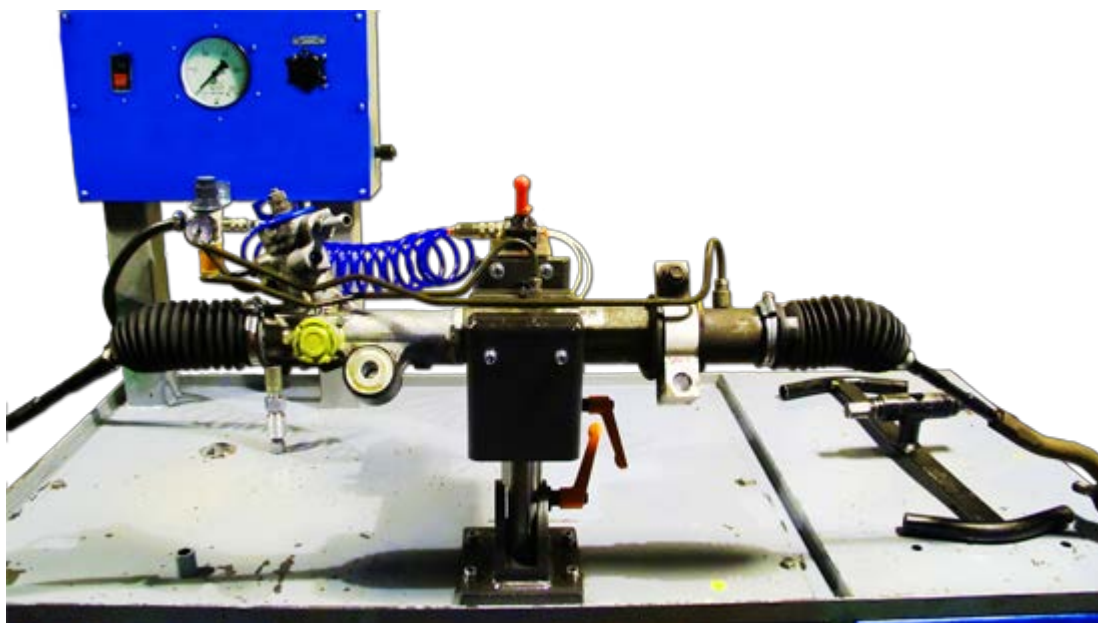


Рисунок 9 – Стенд HidroCenter

Предназначен для проверки систем гидроусилителя легковых автомобилей и микроавтобусов.

3.2 Техническое задание на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления

В рамках выполнения дипломного проекта, требуется разработать стенд для испытания механизмов усилителя рулевого управления грузовых автомобилей.

Данное изделие относится к вспомогательному оборудованию в частности к устройствам для диагностирования состояния агрегатов гидроусилителя рулевого механизма, преимущественно грузовых автомобилей. Она предназначена для широкого использования на грузовых АТП, и предприятиях обслуживающих карьеры. Изделие предназначено для до- и послеремонтного диагностирования агрегатов ГУР, а именно насосов гидроусилителя и рулевого редуктора.

Устройство предназначено для проведения испытаний агрегатов гидроусилителя рулевого механизма грузового автомобиля. В качестве испытуемых агрегатов должны применяться насосы гидроусилителя и рулевой редуктор. Предполагается применение электрического привода для привода насоса. Для контроля работоспособности редуктора рулевого управления применяется нагружающее устройство и динамометрический ключ. Нагружающее устройство представляет собой механизм, снабженный двумя пружинами, усилие каждой из которых равно половине усилия, развиваемого штатным ГУР. При проведении испытания, перемещение рычага редуктора вызывает перемещение штока, сжимающего пружину. Для контроля усилия на приводном валу применяется динамометрический ключ, усилие которого и будет показывать усилие на приводном валу.

Характеристики установки:

Габаритные размеры, не более: 1500x1000x900 мм

Масса установки: \approx 200 кг

Мощность двигателя, не более: 5 кВт

Типы испытуемых агрегатов ГУР: МАЗ, КамАЗ

Предполагается поставка потребителю установки в разобранном виде: отдельно рама, привод, пульт управления и приборы контроля параметров.

«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]

3.3 Техническое предложение на разработку стенда испытания гидроусилителей рулевого управления

В соответствии с разработанным техническим заданием, к разработке принята конструкция стенда для испытания усилителей рулевого управления грузового автомобиля. Разработка ведется в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

Разрабатываемая конструкция относится к оборудованию для выполнения контрольно-диагностических операций по узлам и агрегатам подлежащим ремонту, а также по модернизированным узлам и агрегатам.

В рамках технического предложения проведен обзор различных приборов и устройств, которые предназначаются для проверки и испытания механизмов рулевого управления.

Предполагается применение единого привода на базе приводного агрегата механизма КамАЗ. Привод производится от единой шестерни, приводимой от электродвигателя, крутящий момент передается посредством зубчатых шестерен как на штатный насос стенда, так и на испытываемый насос.

Нагрузочное устройство будет выполнено в виде подпружиненного штока, который имитирует нагрузку, возникающую на сошке рулевого редуктора при его работе. Шток в свободном положении не нагружен пружинами, нагрузка возникает только при перемещении в том или ином направлении штока. Применение пружинного механизма оправдано как

наиболее простое в изготовлении и эксплуатации, в отличие от иных механизмов, например с использованием сжатого воздуха.

«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 10.

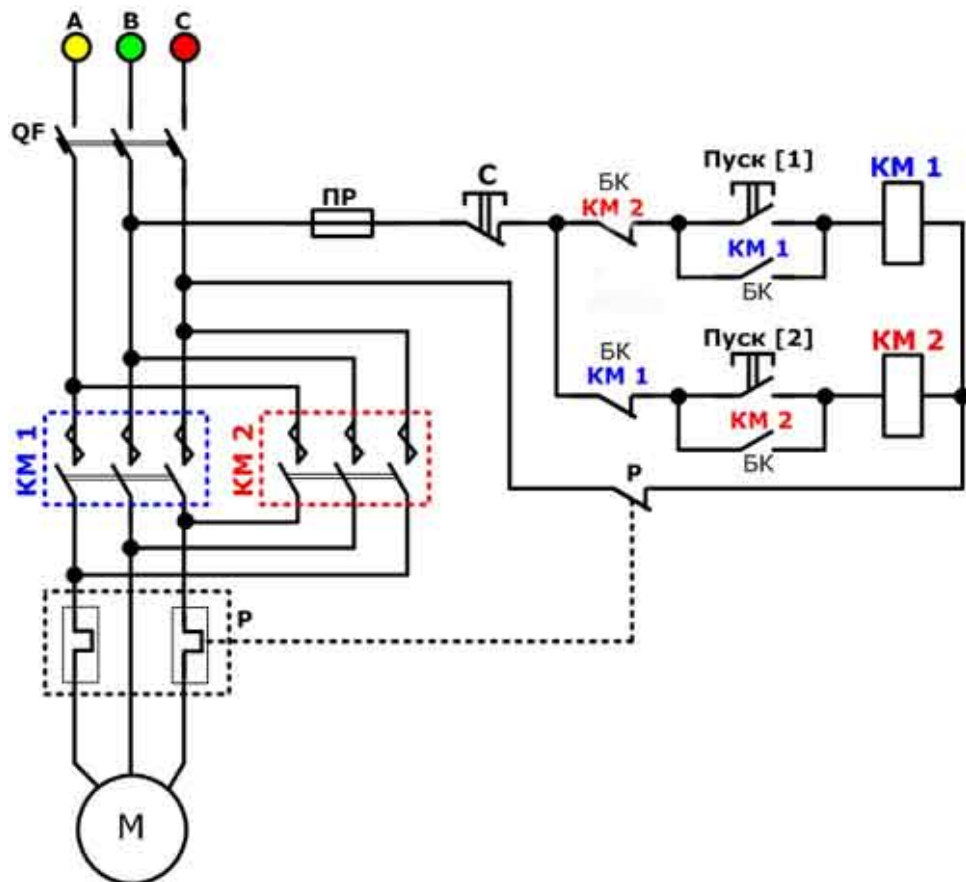
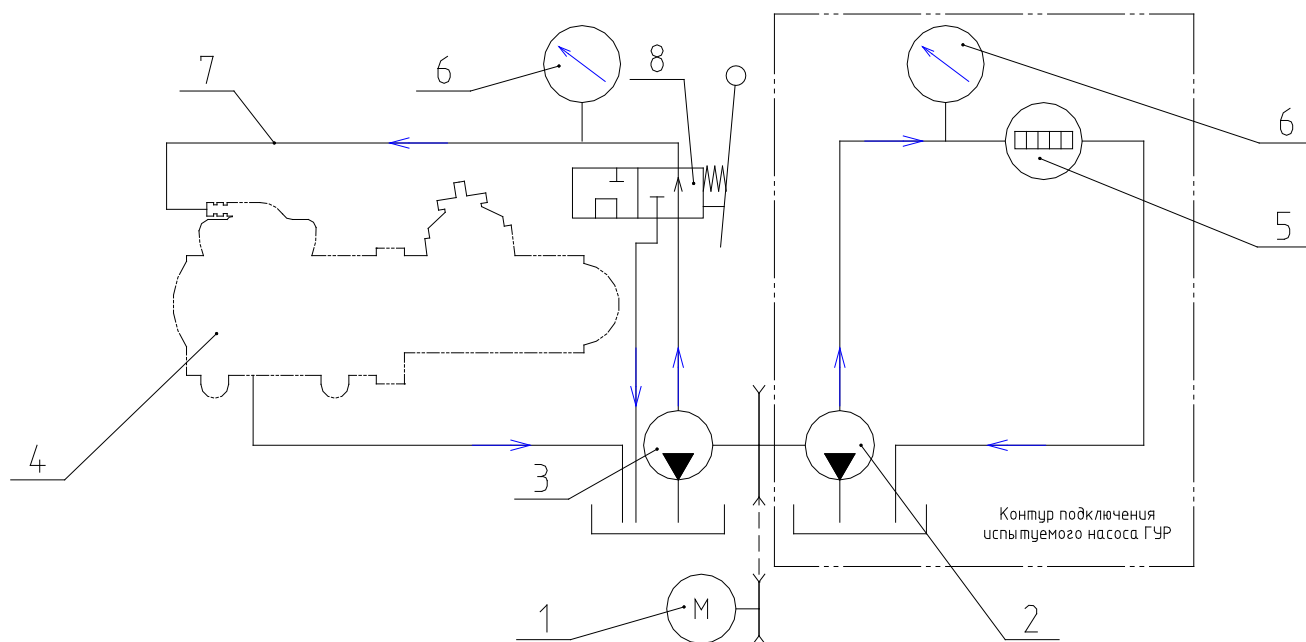


Рисунок 10 - Электрическая схема подключения двигателей установки

«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 11



1 – электродвигатель; 2 – испытуемый насос; 3 – стендовый насос; 4 – редуктор ГУР; 5 – счетчик расхода; 6 – манометр; 7 – магистраль; 8 - двухходовой кран.

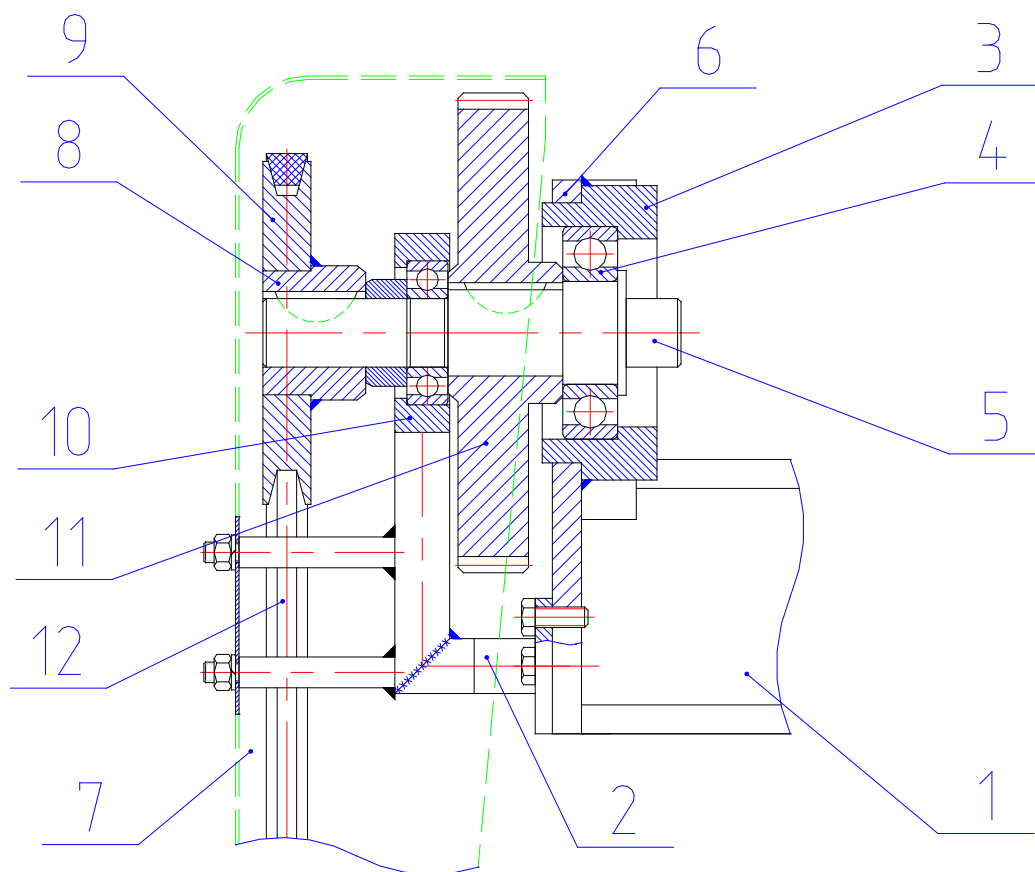
Рисунок 11 - Гидравлическая схема устройства

«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 стендовому приводу. Переключатель подачи жидкости переводится в положение, обеспечивающее холостой ход стендового 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 стендовому насосу. Кран переводится в положение рабочего хода, после чего запускается привод. Испытания редуктора осуществляется за счет контроля давления, развиваемого стендовым 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]

«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 12, представлен вариант конструкционного 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]



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 – шестерня насоса.

Рисунок 12 – Механизм привода насосов

«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 13.» [11]

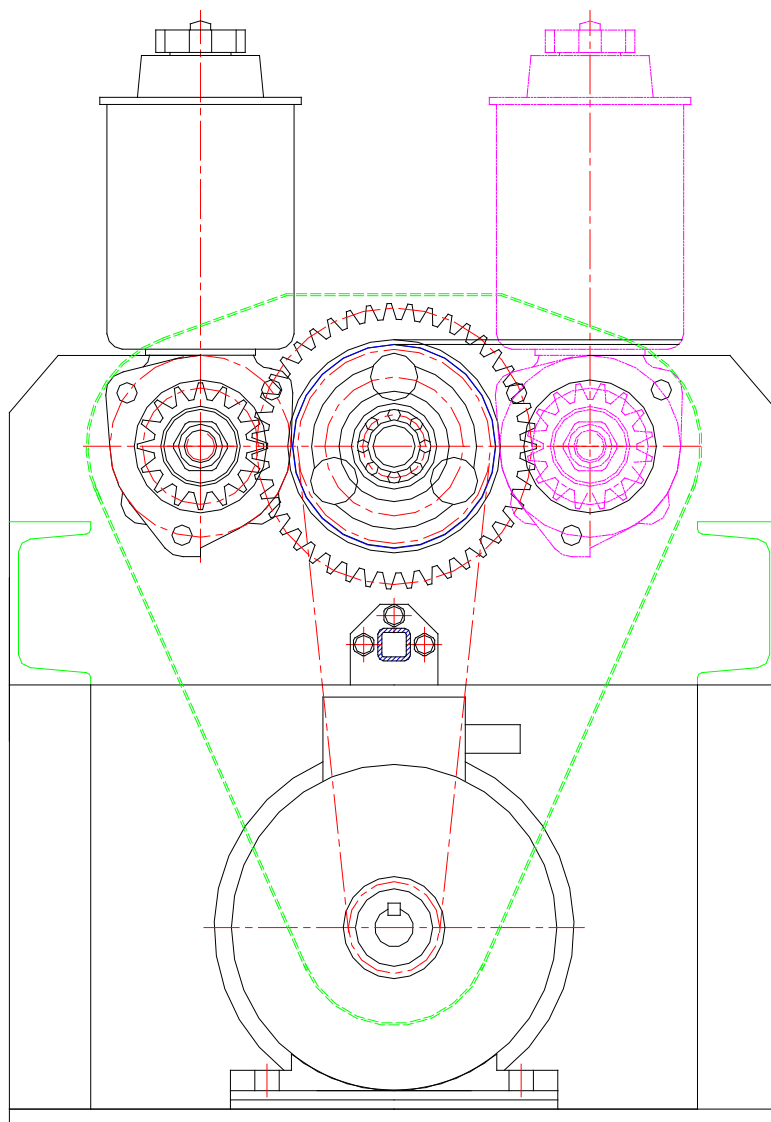


Рисунок 13 – Механизм привода насосов, вид спереди

«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 Прочностной расчет элементов конструкции и определение основных параметров

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

$$\sigma_{\max} = M_{\max} / W \quad (36)$$

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

Условия прочности удовлетворяют характеристикам материала.

Рассчитаем электродвигатель привода, мощность рассчитана выше.

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:

$$\eta_{\text{пр}} = \eta_{\text{рем}} \cdot \eta_{\text{пп}} \cdot \eta_{\text{шест}}, \quad (37)$$

$$N = N_{\text{в}} / \eta_{\text{пр}}, \quad (38)$$

где $\eta_{пр}$ – КПД привода

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

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

$\eta_{шест} = 0,92$ – КПД шестерен

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

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

«Данному условию, с учетом крутящего момента и мощности, рассчитанным выше, соответствует двигатель 4А112МА8У3 ГОСТ 19523 – 81, обороты на валу 1500 об/мин, мощность двигателя 2,2 кВт.» [13]

Произведем расчет ременной передачи привода щеток.

Диаметр меньшего шкива:

$$d_{p1} = (1100 \dots 1300) \sqrt[3]{\frac{N}{n}}, \quad (39)$$

где d_{p1} – диаметр меньшего шкива, мм

N – передаваемая передачей мощность, кВт

n – частота вращения быстроходного вала, об/мин

$$d_{p1} = (1100 \dots 1300) \sqrt[3]{\frac{2.2}{1500}} = 113.5$$

Принимаем диаметр приводного шкива 100 мм.

Диаметр большего шкива:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot u \cdot (1 - \varepsilon), \quad (40)$$

где d_{p1} – диаметр меньшего шкива, мм

d_{p2} – диаметр большего шкива, мм

ε - коэффициент скольжения прорезиненного ремня

$$d_{p2} = 100 * 2 * (1 - 0.01) = 198$$

Скорость ремня:

$$v = \frac{\pi * d_{p1} * n}{60000} \quad (41)$$

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

Для ременных передач межосевое расстояние принимается из соотношения:

$$a \geq 2 * (d_{p1} + d_{p2}) \quad (42)$$

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

Таким образом минимальное расстояние между центрами 236 мм.

3.5 Руководство по эксплуатации устройства для проверки работоспособности агрегатов гидроусилителя рулевого управления

Установка для проверки работоспособности агрегатов гидроусилителя рулевого управления грузовых автомобилей (в дальнейшем установка), предназначена для до- и послеремонтной диагностики основных агрегатов ГУР. Данная установка применяется при проведении контрольно-диагностических и обкаточных работ на предприятии.

Для расконсервации установки требуется произвести работы в следующей последовательности:

- удалить защитное покрытие со всех неокрашенных поверхностей;
- подключить электросистему установки;
- отрегулировать натяжение ремня привода.

Все приводы силовых агрегатов рассчитаны на напряжение 220 В, частота тока 50 Гц, эксплуатация в иных условиях обеспечения напряжения рекомендуется с подключением через выравнивающий трансформатор.

Комплект поставки представлен в таблице 20. Технические характеристики стенда приведены в таблице 21.

Таблица 20 – Комплект поставки стенда

Наименование	Количество, шт
Рама с электроприводом в сборе	1
Нагружающее устройство	1
Приборная доска	1
Насос ГУР	1
Упаковочная тара	1
Руководство по эксплуатации	1

Таблица 21 – Технические характеристики стенда

Наименование параметра	Величина
Номинальное напряжение трехфазного переменного тока частотой 50 Гц, В	220
Пропускная способность установки, шт / час	3...5
Усилие нагрузки, кН	25
Частота вращения привода, об / мин	1500
Мощность приводного двигателя, кВт	2,2
Габаритные размеры, (длина x ширина x высота), мм	1460x475x 840
Установленная безотказная наработка, ч, не менее	8000

Подготовка установки к работе заключается в следующем:

- На техническую тумбу или верстак монтируют предварительно освобожденную от консервационной смазки раму установки.
- Производят монтаж и подключение электросистемы установки.
- Производят монтаж приводного ремня на вал.
- Производят заливку рабочей жидкости в механизм привода редуктора ГУР.
- Осуществить регулировку натяжения ремня приводов, смазать приводные шестерни и подшипники.
- Произвести изолирование контактов электродвигателей.
- Осуществить пробный пуск установки на холостом ходу.

Возможные неисправности стенда и способы их устранения представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Возможные неисправности стенда и пути их устранения

Возможная неисправность	Вероятная причина	Способ устранения
Установка не работает	Нарушен контакт в токопроводящем кабеле	Заменить кабель
	Неисправен двигатель	Заменить двигатель
	Нарушен контакт в электрическом разъеме	Восстановить контакт
Приводной шкив не вращается	Обрыв приводного ремня	Заменить ремень
	Неисправен двигатель привода	Заменить двигатель
	Срез шпонки	Восстановить шпонку
Появление шума не для характерного нормальной работы	Ослаблены ремня привода установки	Подтянуть ремень
	Износ шестерен редукторов или шестерен привода щетки	Устранить в гарантийной мастерской
Проскальзывание перебои при вращении или	Ослаблено натяжение приводных ремней	Подтянуть приводной ремень
	Износ ремня	Заменить ремень

«Претензии по неисправностям, возникшим при эксплуатации по вине предприятия-изготовителя принимаются при наличии заполненного продавцом гарантийного талона в течении одного года.

Претензии не принимаются при наличии на дефектных частях механических повреждений или неверно заполненного гарантийного талона.»
[11]

В конструкторском разделе выполнена разработка стенда для испытания усилителей рулевого управления на уровне технического проекта. Были рассмотрены аналоги разрабатываемой конструкции. На основе аналогов определены наиболее перспективные и прогрессивные технические решения, которые можно использовать в разрабатываемой конструкции. Разработаны техническое задание и техническое предложение на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, приведены технические характеристики на разрабатываемую конструкцию. В техническом предложении предложена конструкция стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции, подтверждающие прочностные характеристики деталей и узлов. Разработана краткая инструкция по эксплуатации на стенд для проверки гидравлических усилителей рулевого управления.

4 Техническое обслуживание и ремонт рулевого управления с гидроусилителем автомобиля

4.1 Назначение, устройство, принцип работы рулевого управления с гидроусилителем

Механизм рулевого управления предназначен для обеспечения управляемости транспортного средства. Поворот управляемых колес производится рулевым колесом, которое передает усилие, прикладываемое водителем к этому органу управления. Управляемые колеса при повороте создают большое сопротивление, особенно при повороте на месте. Усилие создается прежде всего трением в пятне контакта шины колеса с дорожным покрытием большим весом автомобиля.

«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]

Рассмотрим возможные неисправности узлов системы рулевого управления, которые могут возникать как при эксплуатации вследствие износа деталей, так и при проведении работ по настройке и доводке механизма усилителя рулевого управления.

4.2 Техническое обслуживание рулевого управления с гидроусилителем

«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 визуальную или осязательную выявлять зазоры, 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]

4.3 Технология проведения ремонта рулевого управления с гидроусилителем

В рамках дипломного проекта следует разработать технологию проведения ремонтных работ по механизму рулевого управления с гидравлическим усилителем. Данный вид работ позволяет раскрыть навыки технического проектирования технологического процесса, таблица 23.

Таблица 23 – Возможные неисправности и методы устранения

Неисправность	Причина	Устранение
Отдача (обратные толчки) на рулевом колесе	Слабо натянут или изношен приводной ремень насоса	Заменить ремень или отрегулировать его положение
Рулевое колесо поворачивается с большим усилием	Слабо натянут или изношен приводной ремень насоса. Низкий уровень жидкости в заправочном бачке. Грязный фильтр заправочного бачка Низкое рабочее давление насоса гидроусилителя. Имеется воздух в гидроусилителе.	Отрегулировать натяжение ремня. Долить жидкость. Отрегулировать обороты холостого хода. Заменить фильтр. Отремонтировать или заменить насос. Проверить герметичность уплотнений и усталость воздух

Продолжение таблицы 23

Вращение рулевого колеса в среднем положении требует большого усилия	Неисправность насоса гидроусилителя Механическая неисправность	Проверить насос и отремонтировать или заменить его. Проверить систему рулевого управления
Вращение рулевого колеса в одну из сторон требует большого усилия	Неисправность насоса	Проверить и отремонтировать насос или заменить его сальники.
Быстрое поворачивание рулевого колеса требует большого усилия	Слабо натянут приводной ремень насоса. Слишком малое число оборотов холостого хода. В гидроусилителе имеется воздух. Неисправность насоса гидроусилителя Механическая неисправность	Отрегулировать натяжение ремня. Отрегулировать работу двигателя. Найти место подсоса воздуха и удалить воздух. Отремонтировать или заменить насос. Проверить механизмы системы рулевого управления
Нечеткая работа рулевого управления	Низкий уровень жидкости в заправочном бачке, течь жидкости. Имеется воздух в гидросистеме. Износ деталей рулевого управления. Нарушена геометрия рулевого привода. Неисправность шин	Добавить жидкость, выявить и устранить течь. Проверить герметичность уплотнений и удалить воздух. Проверить состояние узлов и устранить обнаруженные неисправности. Проверить и при необходимости заменить шины.
Шум при работе	Низкий уровень жидкости в заправочном бачке. Сброс жидкости через предохранительный клапан (свистящий звук при крайнем положении рулевого колеса)	Добавить жидкость, проверить отсутствие течи. Установить причину и удалить воздух. Проверить и отремонтировать или заменить насос. Проверить рабочее давление насоса.
Вибрация	Имеется воздух в гидросистеме Механическое повреждение или плохое состояние шин	Установить причину и удалить воздух. Выявить неисправные шины и отремонтировать

Дополнительно стоит рассмотреть неисправности, которые возникают на механизмах рулевого управления с микропроцессорным механизмом, которые применяются на автомобилях европейских автопроизводителей. Неисправности и способы их устранения представлены в таблице 24.

Таблица 24 – Дополнительные проверки для рулевого управления с микропроцессором

Неисправность	Причина	Устранение
При движении с большой скоростью поворачивание рулевого колеса требует большого усилия	Неисправность электронного оборудования. Неисправность спидометра	Обратиться к специалисту. Заменить спидометр или датчик
На больших скоростях рулевое колесо поворачивается слишком легко.	Неисправность электронного оборудования. Неисправность спидометра. Неплотное соединение с массой	Обратиться к специалисту. Заменить спидометр или датчик
Неравномерность усилия при вращении рулевого колеса	Неисправность электронного оборудования. Неисправность спидометра.	Обратиться к специалисту. Заменить спидометр или датчик

Результатом выполнения технологического раздела явилась разработка технологического процесса проведения испытаний усилителя рулевого механизма грузового автомобиля. Выявлены основные параметры проверки узла. Разработана технология проведения испытаний гидравлического усилителя на разработанном стенде. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

5 Охрана труда и безопасность объекта проектирования

5.1 Характеристика объекта проектирования (технологического процесса сборочных работ)

В разделе безопасности и охраны труда рассматривается технологический процесс проведения сборочных работ. В качестве технологического процесса принимается сборка стенда для испытания гидравлических усилителей. Работы производятся на сборочной площадке сборочного участка. Сборка ведется на специализированном рабочем месте, поскольку необходимо соблюдение геометрии сборки узлов. В работе используется специализированный инструмент и приспособления, а также прессовое и подъемное оборудование. Все вышеописанное требует условий по охране труда, поскольку их использование может повлечь риск получения травмы или потерю трудоспособности при нарушении правил и требований к проведению работ.

5.2 Идентификация профессиональных рисков

Идентификация профессиональных рисков проводится в соответствии с нормативными документами и государственными стандартами. Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» можно выделить следующие производственные риски, характерные для рассматриваемого участка.

«Вредные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к хроническим заболеваниям, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания, за счет длительного относительно низкоинтенсивного воздействия;
- факторы, приводящие к острым заболеваниям (отравлениям,

поражениям) или травмам за счет кратковременного относительно высокоинтенсивного воздействия» [6]

«Опасные производственные факторы по воздействию на организм работающего человека, на участке можно отметить:

- факторы, приводящие к смертельным травмам (летальному исходу, смерти);
- факторы, приводящие к несмертельным травмам.

Опасные и вредные производственные факторы по характеру своего происхождения, на участке можно отметить:

– факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;

– факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;

– факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности (плохая организация работ, низкая культура безопасности и т.п.);

– факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего (плохое самочувствие работника, нахождение работника в состоянии алкогольного, наркотического или токсического опьянения или абсистенции, потеря концентрации внимания работниками и т.п.).» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их изменения во времени подразделяют, на участке можно отметить:

- на постоянные, в том числе квазипостоянные;
- переменные, в том числе периодические;
- импульсные, в том числе регулярные и случайные.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы по характеру их действия во времени подразделяют:

- на постоянно действующие;
- периодически действующие, в том числе интермиттирующие;
- аperiodически действующие, в том числе стохастические.

Опасные и вредные производственные факторы по непосредственности своего воздействия подразделяют:

- на непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека;
- опосредованно воздействующие на организм занятого трудом человека через другие порождаемые ими и непосредственно воздействующие на организм занятого трудом человека факторы.

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по источнику своего происхождения подразделяют:

- на природные (включая климатические и погодные условия на рабочем месте);
- технико-технологические;
- эргономические (то есть связанные с физиологией организма человека).

Опасные и вредные производственные факторы производственной среды по природе их воздействия на организм работающего человека подразделяют:

- на факторы, воздействие которых носит физическую природу;
- факторы, воздействие которых носит химическую природу;
- факторы, воздействие которых носит биологическую природу.» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами физического воздействия на организм работающего человека, подразделяют на следующие типичные группы:

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами

и энергией механического движения, в том числе в поле тяжести:

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего, стоящего на опорной поверхности, на эту же опорную поверхность;

- действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение работающего с высоты;

- неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования) части твердых объектов, воздействующие на работающего при соприкосновении с ним, а также жала насекомых, зубы, когти, шипы и иные части тела живых организмов, используемые ими для защиты или нападения, включая укусы;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей и характеризующиеся повышенным уровнем общей вибрации; повышенным уровнем локальной вибрации;

- опасные и вредные производственные факторы, связанные с акустическими колебаниями в производственной среде и характеризующиеся повышенным уровнем и другими неблагоприятными характеристиками шума; повышенным уровнем инфразвуковых колебаний (инфразвука);

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;

- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;

- повышенная яркость света;

- пониженная световая и цветовая контрастность;

- прямая и отраженная блескость;

- повышенная пульсация светового потока» [6]

«Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами психофизиологического воздействия на организм человека, подразделяют:

- на физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;
- нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса.

Физические перегрузки подразделяют:

- на статические, связанные с рабочей позой;
- динамические нагрузки, связанные с массой поднимаемого и перемещаемого вручную груза;
- динамические нагрузки, связанные с повторением стереотипных рабочих движений.

Физические перегрузки организма работающего, связанные с тяжестью трудового процесса, в целях оценки условий труда, разработки и принятия мероприятий по их улучшению характеризуются такими показателями, как:»

[6]

- физическая динамическая нагрузка;
- масса поднимаемого и перемещаемого груза вручную;
- стереотипные рабочие движения;
- статическая нагрузка;
- рабочая поза;
- наклоны корпуса тела работника;
- перемещение в пространстве.

«Нервно-психические перегрузки подразделяют:

- монотонность труда, вызывающая монотонию;
- эмоциональные перегрузки.» [6]

Выявленные профессиональные риски являются характерными для сборочного производства и тех условий труда, в которых производится работа.

Следовательно, указанные риски являются в применении средств и методов охраны труда для нейтрализации негативных последствий.

5.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Методы снижения профессиональных рисков в целом направлены на нейтрализацию негативных последствий, вызываемых негативным воздействием.

«Для предотвращения угроз профессиональной безопасности при управлении профессиональными рисками необходимо применять ко всем видам деятельности, связанными с опасностями, средства оперативного контроля. В качестве примеров выбора дополнительных мер управления профессиональными рисками можно рассмотреть:

- модификацию конструкции, позволяющую ликвидировать опасность, например, использование механических подъемных устройств для исключения профессионального риска, связанного с ручными подъемными операциями;
- замену опасного материала на менее опасный или уменьшение энергии системы (например, снижение усилий, силы тока, давления, температуры и т.п.);
- средства коллективной защиты: сигнализации, предупредительные надписи и знаки безопасности, маркировка пешеходных дорожек и т.д.;
- административные меры управления: процедуры обеспечения безопасности, проверки оборудования, контроль доступа, системы обеспечения безопасности работы, инструктажи по охране труда и т.д.;
- обеспечение работника дополнительными средствами индивидуальной защиты: очки защитные, средства защиты органов слуха, щитки защитные лицевые, респираторы, перчатки и т.д.» [8]

«Для обеспечения эффективной работы по идентификации опасностей и оценки профессиональными рисками, а также использования процессов обмена информацией и консультаций, заведующий обеспечивает:

- обмен информацией и консультирование в отношении рисков для безопасных условий труда и здоровья между различными уровнями, а также с работниками сторонних организаций;
- документирование соответствующих обращений внешних заинтересованных сторон, а также ответа на них.» [6]

В частности, снизить негативное воздействие профессиональных рисков или полностью устранить их воздействие можно следующими методами, для простоты восприятия сведенными в таблицу 25.

Таблица 25 – Методы и средства снижения профессиональных рисков

Вид выявленного вредного производственного фактора	Методы и средства снижения или устранения вредного производственного фактора	Используемые СИЗ
1	2	3
Факторы, приводящие к заболеваниям	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания
Факторы, порождаемые физическими свойствами и характеристиками состояния материальных объектов производственной среды;	Применение средств коллективной защиты (нанесение предупреждающих надписей, информационных табличек, меток и т.д.) Модификация конструкции с целью снижения рисков	Применение низковольтных ламп в сетях освещения Использование спецодежды
Факторы, порождаемые химическими и физико-химическими свойствами используемых или находящихся в рабочей зоне веществ и материалов;	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Использование спецодежды Использование средств защиты органов зрения и органов дыхания

Продолжение таблицы 25

1	2	3
Факторы, порождаемые социально-экономическими и организационно-управленческими условиями осуществления трудовой деятельности	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда	Не предусмотрено
Факторы, порождаемые психическими и физиологическими свойствами и особенностями человеческого организма и личности работающего	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с силами и энергией механического движения	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие (например, острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования)	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники. Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Опасные и вредные производственные факторы, связанные с механическими колебаниями твердых тел и их поверхностей	Применение средств индивидуальной защиты, изолирующих от негативного воздействия окружающей среды Административные меры обеспечения безопасности труда	Защитные и вибропоглощающие перчатки, нарукавники. Наколенники и налокотники.
Отсутствие или недостаток необходимого освещения	Обеспечение индивидуальных средств освещения рабочего места Разработка и прокладка осветительных сетей	Индивидуальные переносные фонари и осветительные лампы

Продолжение таблицы 25

1	2	3
Физические перегрузки, связанные с тяжестью трудового процесса;	Административные меры обеспечения безопасности труда Механизация работ Внедрение в рабочий процесс машин и механизмов, заменяющих ручной труд	Проведение инструктажа по правилам ТБ на производстве
Нервно-психические перегрузки, связанные с напряженностью трудового процесса	Административные меры обеспечения безопасности труда Разработка рациональных режимов труда и отдыха Материальная компенсация вредных условий труда Обеспечение смены рода деятельности в течении дня	Не предусмотрено

Разработанные мероприятия по снижению негативного воздействия производственных рисков на работающих значительно снижают негативные последствия. Между тем, значительного результата можно достичь исключительно комплексным подходом к вопросу защиты рабочих в условиях сборочного цеха, когда административные и инженерные мероприятия дополняют и усиливают действия друг друга.

5.4 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Обеспечение пожарной безопасности является важным элементом безопасности всего предприятия. Огонь наиболее опасный фактор при проведении работ, что особенно актуально для предприятия автомобильной промышленности, где используется большое количество легковоспламеняющихся жидкостей и материалов, которые могут послужить негативным фактором возникновения пожара.

Факторы пожарной опасности приведены в таблице 26.

Таблица 26 – Факторы пожарной опасности на участке и их классификация

Класс пожара	Источник пожарной опасности	Опасные факторы пожара	Способ тушения
<p>А – горение твердых веществ</p> <p>A1 – горение твердых материалов, сопровождаемое тлением</p> <p>A2 – горение твердых материалов, не сопровождаемое тлением</p>	<p>горючие твердые вещества, ветошь и обтирочный материал искры от режущего абразивного инструмента, открытое пламя газовых горелок, электрическая дуга и искры сварочного оборудования</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения</p>	<p>Все виды огнетушащих веществ: вода, пена, порошки, хладоны</p>
<p>В – горение жидких веществ</p> <p>B2 – горение неполярных горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и плавящихся при нагреве веществ</p>	<p>топливо, мазут, консистентные смазки и технические жидкости</p>	<p>Задымление помещения, высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>пена; тонкораспыленная вода; хладоны; огнетушащие порошки общего назначения; аэрозольное пожаротушение и инертные разбавители: N₂, CO₂, и т.п.</p>
<p>С - горение газообразных горючих веществ</p>	<p>сварочные газы, метан</p>	<p>Высокая температура открытого пламени, низкая концентрация кислорода, выброс токсических веществ продуктов горения, объемное горение, взрыв</p>	<p>объемное тушение и флегматизация газовыми составами; огнетушащие порошки общего назначения; пены, вода (для охлаждения оборудования)</p>

Для обеспечения пожарной безопасности на участке, требуется принятие противопожарных мероприятий, имеющих как организационный, так и инженерный характер. К таковым мероприятиям на участке сборки будут относиться:

- разработка комплекса норм и правил по обращению с горючими веществами и правил поведения персонала при проведении огневых работ и работ, связанных с горючими материалами;
- проведение регулярного инструктажа работников, с целью доведения информации о правилах проведения работ, связанных с горючими материалами и соблюдения норм пожарной безопасности;
- организация внутрипроизводственной пожарной охраны, осуществляющей функции надзора за соблюдением норм и правил по обращению с горючими веществами, а также норм и правил соблюдения противопожарной безопасности;
- организация хранения горючих и пожароопасных материалов в соответствии с их физико-химическими и противопожарными свойствами;
- оснащение участка средствами наблюдения и сигнализации за пожарной ситуацией, проведение инструктажа персонала о поведении в случае срабатывания пожарной сигнализации;
- оснащение участков средствами первичного пожаротушения в соответствии с классом возможного пожара.

5.5 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Рассматриваемый участок не относится к категории производств, представляющих повышенную антропогенную опасность для окружающей среды. Тем не менее, участок, как и любое производство производит отходы, образующиеся в результате своей деятельности, которые могут выступать в роли загрязнителей, поэтому требуется их определение. К загрязняющим отходам следует отнести следующее:

- отходы сборочного производства кузовов (обрезки листового металла, обрезки древесины, обрезки пластика);
- смыв с рук рабочих смазочных материалов и растворителей;
- металлическая и абразивная пыль, окалина, образующиеся в результате обработки элементов кузова;
- ветошь и обтирочные материалы, остающиеся после протирки деталей и очистки рук работников сборочного участка.

В качестве мероприятий, обеспечивающих требования экологической безопасности, принимаются следующие:

- утилизация отходов в соответствии с классами опасности;
- очистка сточных вод перед сливом их в канализационный коллектор от остатков ГСМ и растворителей;
- «соблюдение требований, предъявляемых к размещению, строительству и эксплуатации потенциально опасных объектов, а также к осуществлению потенциально опасной деятельности» [8]

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда для проверки гидравлических усилителей рулевого управления. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации.

Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с выявленными классами пожарной опасности.

Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

6 Экономический раздел дипломного проекта

6.1 Анализ объекта дипломного проектирования

В дипломном проекте была произведена разработка стенда испытания гидравлических усилителей грузового автомобиля. В разделе рассчитывается себестоимость изготовления стенда.

Сама конструкция может быть изготовлена в условиях мелкосерийного производства. В процессе производства применяются операции литейные, токарные, фрезерные, шлифовальные. Работы проводятся в условиях специализированного предприятия. Также в условиях специализированного предприятия производится монтаж разработанного узла.

В экономическом разделе дипломного проекта необходимо произвести расчет себестоимости конструкции. Себестоимость будет являться отражением экономических затрат на производство, понесенных предприятием в процессе изготовления конструкции. Поэтому, расчет себестоимости будет являться главным показателем того, насколько разработанная конструкция будет влиять на стоимость изделия в целом.

6.2 Исходные данные для расчета

Исходные данные для расчета экономических показателей проекта сведем для удобства восприятия в таблицу 27. В таблице отражены основные параметры и значения, используемые при расчете себестоимости производимого узла в условиях мелкосерийного производства.

Таблица 27 – Исходные данные для экономического расчета

Наименование	Обозначение	Значение
Годовая программа, шт	ПР _{год}	1000
Штучное время сборки, мин	ВР _{шт}	69,88
Часовая ставка заработной платы: 3 разряд	С _{час}	160,45
4 разряд		185,25
5 разряд		210,30
6 разряд		250,50
Доплата часового фонда, %	Кд	8
Доплата за профессиональный навык, %	Кпф	12
Доплата за вредные условия труда, %	Квр	12
Премииальный фонд, %	Прем	20
Отчисления в фонд социального страхования, %	ФСС	30
Транспортно-заготовительные расходы, %	К _{т-з}	3
Содержание и эксплуатация оборудования, %	К _{с-эк}	4
Общие производственные расходы, %	ОПР	25
Расходы на общую хозяйственность, %	ОХД	30
Внепроизводственные расходы, %	ВПР	3

Общие исходные данные будут использованы при выполнении расчетов

6.3 Расчет затрат на материалы

Произведем расчет материальных затрат, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из разработанной технологии производства конструкции, а также исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 28.

Таблица 28 – Расчет материальных затрат на производство

Материал	Единицы	Расход	Цена, руб	Сумма, руб.
1	2	3	4	5
Заготовка поковка	кг	8	230,20	1841,60
Чугун литейный	кг	12	180,00	2160,00
Двутавр 16	кг		13,50	0,00
Грунтовка	кг	0,1	75,00	7,50
Краска	кг	0,2	120,00	24,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 120	кг	6	95,00	570,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 60	кг	4	95,00	380,00
Круг сортовой Сталь 45, d = 40	кг	4,25	95,00	403,75
Круг, бронза	кг	2,5	750,50	1876,25
Масло промышленное	кг	0,5	115,00	57,50
Прочие				750,00
ИТОГО				8070,60
Транспортно-заготовительные расходы				242,12
ВСЕГО				8312,72

Рассчитана общая сумма затрат на материалы.

6.4 Расчет затрат на покупные изделия и полуфабрикаты

Произведем расчет затрат на приобретение покупных изделий и полуфабрикатов, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о конструкторских особенностях. Результаты расчета сведем в таблицу 29.

Таблица 29 – Затраты на покупные изделия и полуфабрикаты

Покупные изделия и полуфабрикаты	Количество	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	2	3	4
Болты М10	8	25,00	200,00
Болты М8	8	14,00	112,00
Винты М8	10	10,00	100,00
Подшипник 305 ГОСТ 5720-75	2	350,00	700,00
Подшипник 302 ГОСТ 5720-76	4	275,00	1100,00

Продолжение таблицы 29

1	2	3	4
Шайбы	26	0,50	13,00
Прочие			350,00
ИТОГО			2575,00
Транспортно-заготовительные расходы			77,25
ВСЕГО			2652,25

Рассчитана общая сумма затрат на покупные изделия и полуфабрикаты, затрачиваемые на производство конструкции.

6.5 Расчет затрат на заработную плату

Произведем расчет затрат заработную плату и сопутствующие издержки, таких как цеховые и производственные расходы, которые предприятие несет в процессе производства коробки отбора мощности. Расчет выполняется исходя из информации о технологии производства изделия. Результаты расчета сведем в таблицу 30.

Таблица 30 – Расчет затрат на заработную плату

Операция	Разряд	Трудоемкость, ч/час	Тарифная ставка	Заработная плата
Литейная	5	8,0	210,30	1682,40
Сварочная	5	12,0	210,30	2523,60
Токарная	6	8,0	250,50	2004,00
Фрезерная	6	8,0	250,50	2004,00
Шлифовальная	6	4,0	250,50	1002,00
Долбежная	5	10,0	210,30	2103,00
Термическая	5	2,5	210,30	525,75
Сверлильная	4	0,5	185,25	92,63
Слесарная	4	0,5	185,25	92,63
Сборочная	4	1,1	185,25	203,78
Окрасочная	3	1,0	160,45	160,45
Испытательная	5	1,5	210,30	315,45
ИТОГО				12709,68
Премияльные доплаты				3050,32
Основная заработная плата				15760,00

Рассчитана общая сумма затрат на основную заработную плату, затрачиваемые на производство единицу конструкции. Дальнейшие затраты рассчитываются исходя из суммы основной заработной платы.

Затраты по дополнительной заработной плате рассчитываются по формуле:

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = \text{Зосн} \cdot \text{Кд}, \quad (64)$$

где Кд – доплата часового фонда, Кд = 8%

$$\text{ДОП}_{\text{зп}} = 15\,760 \cdot 0,08 = 1\,260,00 \text{ руб}$$

Засчитаем затраты на отчисления в фонд социального страхования:

$$\text{СОЦ} = (\text{Зо} + \text{ДОП}_{\text{зп}}) \cdot \text{ФСС} \quad (65)$$

где ФСС – Отчисления в фонд социального страхования, ФСС = 30%

$$\text{СОЦ} = (15\,760,00 + 1\,260,00) \cdot 0,30 = 5\,106,24 \text{ руб}$$

Произведем расчет общепроизводственных расходов:

$$\text{Робщ} = \text{Зо} \cdot \text{ОПР} \quad (66)$$

где ОПР – общие производственные расходы, ОПР = 25%

$$\text{Робщ} = 15\,760,00 \cdot 0,25 = 3\,940,00 \text{ руб}$$

Произведем расчет общехозяйственных расходов:

$$\text{Рохр} = \text{Зо} \cdot \text{ОХД} \quad (67)$$

где ОХД – коэффициент общехозяйственных расходов, ОХД = 30%

$$\text{Рохр} = 15\,760,00 \cdot 0,3 = 4\,728,00 \text{ руб}$$

Расчет себестоимости стенда для испытания ГУР представим в таблице

Таблица 31 – Себестоимость разработанного стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления

Статьи затрат	Значение	
	Сумма	%
Сырье и материалы	8312,72	13,9%
Покупные изделия и полуфабрикаты	2652,25	4,4%
Зарплата основная	15760,00	26,3%
Зарплата дополнительная	1260,80	2,1%
Отчисления на соцстрах	5106,24	8,5%
Расходы на содержание оборудования	16390,40	27,4%
Общепроизводственные расходы	3940,00	6,6%
Общехозяйственные расходы	4728,00	7,9%
Производственная себестоимость	58150,40	97,1%
Внепроизводственные расходы	1744,51	2,9%
Полная себестоимость	59894,91	100,0%

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления будет являться конкурентной по цене.

Заключение

В первом разделе выпускной квалификационной работы был произведен обзор конструкции систем рулевого управления, применяемых на грузовых автомобилях. Рассмотрены узлы и агрегаты, входящие в систему усиления рулевого управления. Определены типы систем рулевого управления, находящие свое применение на грузовых автомобилях. Отдельно рассмотрены системы гидравлического усилителя рулевого управления, как наиболее оптимального для использования на грузовом транспорте. Исходя из конструктивных особенностей гидравлических усилителей транспортных средств, определены режимы их работы, а самое основное – определены режимы испытания, на которых должны производиться испытания агрегатов усилителя. Выполнен обзор стендов, предназначенных для проведения испытаний гидроусилителей автомобиля. Рассмотрены образцы производимые промышленностью и образцы техники, описываемые авторскими свидетельствами. Разработка конструкции стенда для испытания гидравлических усилителей будет производиться на основании обнаруженных в ходе поиска оптимальных технических и конструкторских решений. Результаты произведенного анализа промышленных образцов стендов представлены в виде анализа методом циклограмм на листе графической части.

Во втором разделе выпускной квалификационной работы был произведен расчет тягово-динамических характеристик автомобиля. Расчет был произведён на основании исходных данных. Определены силы, воздействующие на автомобиль при движении. На основании этого произведен расчёт тяговой характеристики двигателя транспортного средства. Определены силовые характеристики для каждой передачи автомобиля. Рассчитаны ускорения автомобиля для каждой передачи. Результаты расчетов представлены на листе графической части дипломного проекта.

В конструкторском разделе выполнена разработка стенда для испытания усилителей рулевого управления на уровне технического проекта. Были рассмотрены аналоги разрабатываемой конструкции. На основе аналогов определены наиболее перспективные и прогрессивные технические решения, которые можно использовать в разрабатываемой конструкции. Разработаны техническое задание и техническое предложение на разрабатываемую конструкцию. В техническом задании дано описание разрабатываемой конструкции, приведены технические характеристики на разрабатываемую конструкцию. В техническом предложении предложена конструкция стенда. Рассмотрены конструктивные схемы различных систем стенда. Выполнены необходимые силовые и прочностные расчеты узлов конструкции, подтверждающие прочностные характеристики деталей и узлов. Разработана краткая инструкция по эксплуатации на стенд для проверки гидравлических усилителей рулевого управления.

Результатом выполнения технологического раздела явилась разработка технологического процесса проведения испытаний усилителя рулевого механизма грузового автомобиля. Выявлены основные параметры проверки узла. Разработана технология проведения испытаний гидравлического усилителя на разработанном стенде. На основе сформированной последовательности выполнения работ была сформирована технологическая карта на проведение ресурсных испытаний. Результаты разработки представлены в виде технологической карты на листе графической части.

В разделе был произведен анализ деятельности на сборочном участке предприятия, осуществляющем сборку стенда для проверки гидравлических усилителей рулевого управления. Выявлены вредные и опасные производственные факторы, произведена их классификация. В соответствии с выявленными факторами произведена разработка мероприятий по снижению их воздействия на рабочих, либо их полной нейтрализации. Разработаны мероприятия по снижению пожарной опасности, в соответствии с

выявленными классами пожарной опасности. Разработаны мероприятия по снижению антропогенного воздействия предприятия на окружающую среду.

В экономическом разделе был произведен расчет себестоимости изготовления конструкции стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления. Определены расходы по основным статьям затрат. Определены наиболее расходные статьи затрат на производство конструкции. На основании произведенного расчета можно сделать вывод, что разработанная конструкция находится в рыночном ценовом сегменте, а разработанная конструкция стенда для испытания гидравлического усилителя рулевого управления будет являться конкурентной по цене.

Список используемых источников

1. 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, 2019. – 655 с. – (Высшее образование: Бакалавриат). – www.dx.doi.org/10.12737/2530. - ISBN 978-5-16-101092-1.
2. Березина, Е. В. Автомобили: конструкция, теория и расчет: Учебное пособие / Е.В. Березина. - М.: Альфа-М: НИЦ Инфра-М, 2012. - 320 с.: ил.; . - (ПРОФИЛЬ). ISBN 978-5-98281-309-1. - Текст : электронный.
3. Вахламов, В. К. Автомобили: Основы конструкции: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ В.К. Вахламов — М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 528 с.
4. Ведущие мосты тракторов и автомобилей: Учебное пособие / Кобозев А.К., Швецов И.И., Койчев В.С. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2016. - 64 с.
5. Высочкина, Л. И. Автомобили: конструкция, расчет и потребительские свойства [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по курсовому проектированию / сост. Л.И. Высочкина, М.В. Данилов, В.Х. Малиев и др. - Ставрополь, 2013. - 68 с.
6. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» по технологической операции, видам работ, оборудованию, производственному цеху, участку»
7. Карташевич А.Н. «Тракторы и автомобили. Конструкция» / А.Н. Карташевич, А.В. Понталев, А.В. Гордеенко // учебное пособие, Изд-во Инфра-М, 2013 – 313 с.
8. Корниенко, Евгений. Информационный сайт по безопасности жизнедеятельности [Электронный ресурс] / Е. Корниенко. – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2018. – Режим доступа http://www.kornienko-ev.ru/teoria_auto/page233/page276/index.html, свободный

9. 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.

10. 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.

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

12. 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.

13. Сергеев, В.А. Проверочный расчет зубчатых передач трансмиссии автомобилей / В.А. Сергеев. – Минск : БНТУ, 2016. – 61 с.

14. 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.

15. 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.

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

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

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

19. 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.

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

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

22. Everyday English For Technical Students (Mechanical engineering, metallurgy and transport department) [Электронный ресурс]/ – Электрон. текстовые данные.– Самара: Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019.– 350 с.