

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 кафедры)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль)/специализация)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему Разработка конструкции стенда для исследования
эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем

Студент

Д.В. Чернов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

В.Е. Епишкин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

А.Г. Егоров

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой

к.т.н., доцент А.В. Бобровский

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

(личная подпись)

« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2019

АННОТАЦИЯ

В рамках выпускной квалификационной работы бакалавра предложена разработка конструкции стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.

Основываясь на обширном перечне литературных источников, а также на проведенном анализе отечественного и зарубежного рынков, существующих патентов и полезных моделей, автором работы была спроектирована конструкция стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.

В графической среде SolidWorks была смоделирована 3D модель стенда. Сборочные чертежи конструкции выполнены в графическом редакторе Компас-3D.

ВКР состоит из четырех разделов.

В первом разделе рассмотрены конструкции усилителей рулевого управления.

Во втором разделе предложено техническое задание, техническое предложение на разрабатываемую конструкцию.

В третьем разделе рассмотрены конструктивные особенности исследуемого усилителя рулевого управления, определены параметры для оценки эксплуатационных характеристик ГУР и разработаны методические указания по выполнению работ на стенде.

В четвертом разделе приведен расчет экономической эффективности проектируемой конструкции.

Выпускная квалификационная работа состоит из 53 страниц, и включает в себя 24 иллюстрации, 3 таблицы, 20 источников, 1 приложение.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ состояния вопроса	6
2 Разработка конструкции стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.....	12
2.1 Техническое задание на проектирование стенда.....	12
2.2 Техническое предложение	14
3 Технологический процесс	28
3.1 Конструктивные особенности исследуемого усилителя рулевого управления.....	28
3.2 Оценка эксплуатационных характеристик ГУР	35
3.3 Методические указания по выполнению работ на стенде.....	37
4 Расчет эффективности спроектированной конструкции	40
4.1 Определение себестоимости изготовления.....	40
4.2 Определение затрат на заработную плату.....	41
4.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования	42
4.4 Определение общих затрат на изготовление конструкции	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	45
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	46
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	49

ВВЕДЕНИЕ

В современных рыночных условиях значительное внимание уделяется росту и развитию автотранспортного комплекса и, в частности, ремонту и техническому обслуживанию автомобильного транспорта.

Распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р «О Транспортной стратегии Российской Федерации» утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, согласно которой, экономическая стратегия Правительства Российской Федерации определяет транспортную систему России как важнейшую составную часть производственной инфраструктуры, а ее развитие – как мощный стимул инновационного развития страны в целом.

Автомобильный рынок России постоянно насыщается автомобилями отечественного и зарубежного производства. Согласно данным аудиторской компании «ПрайсвотерхаусКуперс Аудит» в 2018 г., продажи новых легковых автомобилей в России достигли 1 669 тыс. шт., увеличившись на 13% по сравнению с прошлым годом, когда было продано 1 475 тыс. шт.

Постепенный рост доходов, упрощение условий кредитования, различные государственные программы, такие как «Первый автомобиль», «Семейный автомобиль», субсидирование части стоимости техники, работающей на газомоторном топливе повышают возможность населения приобретать собственный автомобиль.

В 2019 г. продажи новых легковых автомобилей в России могут вырасти на 0,5% и достигнуть 1,68 млн. шт. в оптимистическом сценарии. В базовом сценарии ожидается снижение продаж на уровне 2% и достигнуть 1,64млн. шт.

Каждому автомобилю требуется техническое обслуживание, связанное, прежде всего с условиями эксплуатации транспортного средства, техническим состоянием автомобильных дорог, дорожно-транспортными происшествиями, необходимостью сезонного обслуживания автомобилей.

Выполнение своевременного и качественного техобслуживания, ремонта и правильная эксплуатация автомобиля в совокупности являются факторами, гарантирующими сохранение работоспособного состояния автомобиля в процессе его эксплуатации.

Использование технологического оборудования в процессах технического обслуживания и ремонта повышает качество, производительность выполняемых работ и безопасность труда персонала, уменьшает расходы на поддержание парка автомобилей в технически исправном состоянии.

Разнообразие конструкций узлов и агрегатов отечественных и зарубежных автомобилей требует разнообразное технологическое оборудование, применяемое для технического обслуживания автомобилей. На данный момент рынок технологического оборудования представлен, в основной своей массе моделями зарубежного производства, имеющих значительную стоимость.

Целью ВКР является проектирование стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи:

- рассмотреть конструкции усилителей рулевого управления;
- разработать техническое задание, техническое предложение на разрабатываемую конструкцию;
- рассмотреть конструктивные особенности исследуемого усилителя рулевого управления, определить параметры для оценки эксплуатационных характеристик ГУР, разработать методические указания по работе на стенде;
- провести расчет экономической эффективности проектируемой конструкции.

1 Анализ состояния вопроса

Для уменьшения усилий, требуемых от водителя при повороте управляемых колес, в конструкции автомобилей используют усилители. Принцип действия усилителя заключается в том, что при повороте рулевого колеса сначала приводится в действие распределительный орган, управляющий исполнительным механизмом, который за счет энергии (в конечном счете снимаемой с двигателя автомобиля) поворачивает управляемые колеса автомобиля. Поскольку колеса кинематически связаны с распределителем, то после выполнения поворота колес на заданный водителем угол распределитель прекращает их дальнейший поворот.

В зависимости от вида используемой энергии усилители могут быть пневматическими, гидравлическими, электрическими. Пневматические усилители руля ранее применялись на тяжелых грузовиках (например, КрАЗ), используя сжатый воздух пневматической тормозной системы. Такие усилители работали только в режиме активного маневрирования при малых скоростях автомобиля, когда момент поворота управляемых колес особенно большой. В качестве распределителя использовались два клапана, обеспечивающие подачу воздуха в соответствующие полости пневматического цилиндра, связанного с поворотным кулаком колеса и рулевой трапецией.

Позже стали использовать гидравлические усилители руля (ГУР), которые имеют более компактный силовой элемент (гидравлический цилиндр) и позволяют расширить набор полезных эксплуатационных характеристик усилителя. Основными элементами ГУР являются: насос, обычно лопастного типа с ременным приводом от шкива на коленчатом валу, распределитель с осевым или тангенциальным (круговым) перемещением золотника, бачек для рабочей жидкости, трубопроводы, может быть радиатор для охлаждения жидкости.

ГУР не только снижает крутящий момент на руле автомобиля, но и уменьшает передачу на руль воздействующих на колеса толчков от дороги, обеспечивает силовое слежение, позволяя водителю оценивать дорожные условия, осложняющие поворот колес. Современные ГУР обеспечивают снижение коэффициента усиления момента по мере повышения скорости движения автомобиля, при этом по мере повышения скорости руль становится «тяжелее», что положительно сказывается на безопасности автомобиля.

Конструкции ГУР весьма разнообразны и, прежде всего, отличаются компоновкой его элементов:

- раздельное размещение рулевого механизма (РМ), распределителя (Р) и силового цилиндра (СЦ);
- размещение в одном блоке РМ, Р и СЦ;
- размещение в одном блоке РМ, Р и отдельно выполнен СЦ;
- отдельно выполнен РМ и в едином блоке Р и СЦ.

Электрогидравлические усилители руля (ЭГУР) имеют привод насоса от электромотора. В этом случае исключается ременная передача не очень надежная и требующая контроля и регулировок. Автоматическое включение электромотора только при возникновении необходимости усиления момента на рулевом колесе позволяет экономить затрачиваемую на привод насоса энергию и повышает топливную экономичность автомобиля.

В электрических усилителях руля (ЭУР) силовым элементом является электродвигатель, управляемый микропроцессорной схемой на основе сигналов от датчиков угла поворота руля и момента сопротивления его поворота, а также частоты вращения коленвала двигателя и скорости движения автомобиля.

Электроусилителя руля имеет ряд преимуществ по сравнению с ГУР:

- удобство регулирования характеристик рулевого управления;
- информативность рулевого управления;

– высокая надежность конструкции по причине отсутствия гидравлической системы;

– экономия топлива (снижение расхода топлива до 0,5 л. на 100 км).

Выделяют две основных схемы компоновки электроусилителя рулевого управления:

– усилие электрического двигателя передается на вал рулевого колеса;

– усилие электрического двигателя передается на рейку рулевого механизма.

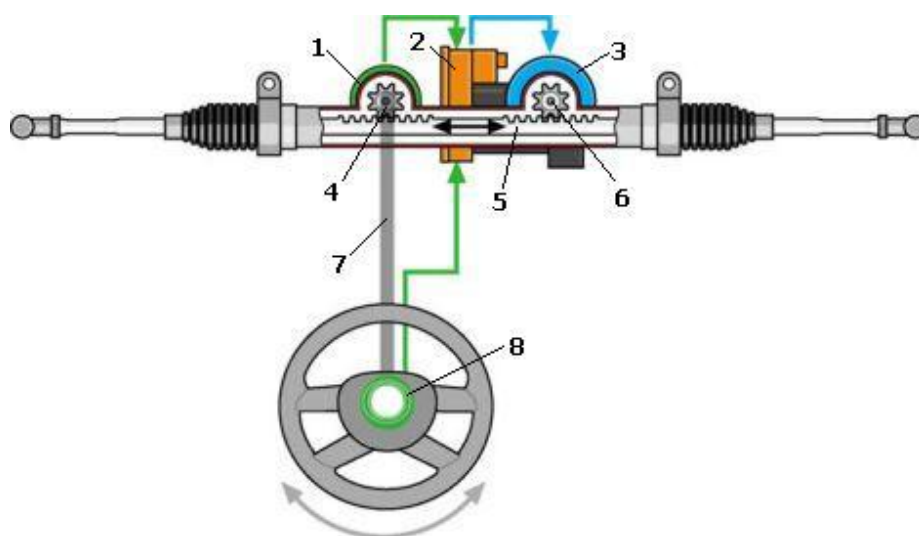
Наиболее востребован электроусилитель с приводом на рулевую рейку

– электромеханический усилитель рулевого управления.

Известными конструкциями такого усилителя являются:

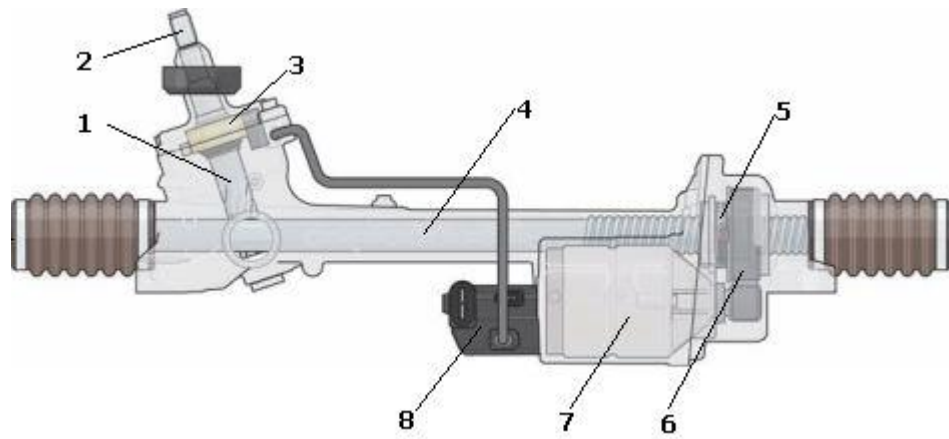
– электромеханический усилитель руля с двумя шестернями (рисунок 1);

– электромеханический усилитель руля с параллельным приводом (рисунок 2).



1 – корпус реечного РМ; 2 – электронный блок; 3 – электродвигатель; 4 – шестерня усилителя; 5 – рейка; 6 – шестерня рулевого механизма; 7 – вал руля; 8 – датчики момента и угла поворота руля

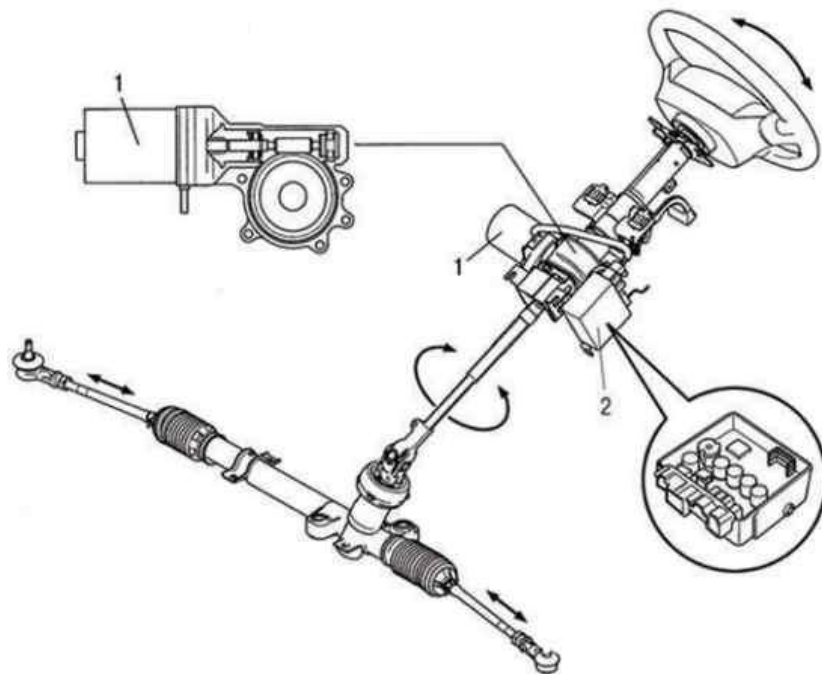
Рисунок 1 – Схема ЭУР с двумя шестернями



1 – вал с шестерней РМ; 2 – вал руля; 3 – датчики момента и угла поворота; 4 – рейка РМ;
 5 – гайка на циркулирующих шариках; 6 – передача ременная;
 7 – электрический двигатель; 8 – электронный блок управления

Рисунок 2 – Схема ЭУР с параллельным приводом

Электроусилитель часто располагают на валу руля (рисунки 3, 4), что позволяет использовать обычный рулевой механизм.



1 – электродвигатель с червячным механизмом; 2 – электронный блок

Рисунок 3 – Вариант компоновки ЭУР на валу руля



Рисунок 4 – Вариант компоновки безредукторного ЭУР на рулевой колонке с регулируемым положением руля по высоте

Электроусилитель рулевого управления может работать в нескольких режимах:

- поворот автомобиля, когда усилия, необходимые для поворота колес формируются путем поворота рулевого колеса и работой исполнительного элемента системы (электрического двигателя);

- поворот на малой скорости, когда система управления вырабатывает сигналы, в соответствии с которыми электродвигатель формирует крутящий момент максимальной величины, что обеспечивает «легкий руль»;

- поворот автомобиля на высокой скорости -в этом режиме электронный блок управления формирует сигналы, в соответствии с которыми электродвигатель дает минимальный крутящий момент, что обеспечивает «тяжелый руль»;

- возврат колес автомобиля в среднее положение, когда электродвигателем под воздействием сигналов определенной полярности и величины от ЭБУ создается крутящий момент, необходимый для возврата колес в среднее положение после осуществления поворота;

– обеспечение среднего положения колес автомобиля -в этом режиме работы электронным блоком управления подаются соответствующие сигналы, препятствующие отклонению колес от прямолинейного положения при воздействии на автомобиль таких факторов, как боковой ветер, разность давления в шинах и т.д. То есть система производит корректировку положения колес, и как следствие, траектории движения автомобиля.

Различие режимов работы ЭУР обусловлено разным сочетанием сигналов датчиков. Например, при повороте автомобиля на электронный блок поступают сигналы с датчиков крутящего момента и угла поворота руля, а в режиме обеспечения среднего положения колес – только с датчика момента, поскольку руль при прямолинейном движении автомобиля не поворачивается.

Рулевое управление играет важную роль в обеспечении безопасности автомобиля, поэтому необходимо иметь четкое представление о влиянии эксплуатационных характеристик рулевого управления на эксплуатационные свойства автомобиля и понимать зависимости этих характеристик от конструктивных особенностей рулевого управления. При наличии в конструкции рулевого управления усилителя требуется владеть методами контроля его технического состояния, что обеспечивает своевременное предупреждение и устранение отказов, и безаварийную работу автомобиля.

2 Разработка конструкции стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем

2.1 Техническое задание на проектирование стенда

Стенд для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем (далее – стенд) относится к области диагностирования технического состояния агрегатов гидроусилителя руля машин, при их техническом обслуживании и диагностировании.

Стенд будет использоваться в лабораториях для проведения испытаний.

Задание на разработку выпускной квалификационной работы выдано, кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей» Тольяттинского государственного университета.

Источниками разработки служат:

– ГОСТ Р 52453-2005 «Автомобильные транспортные средства. Механизмы рулевые с гидравлическим усилителем и рулевые гидроусилители. Технические требования и методы испытаний»;

– патент Российская Федерация №2415310 «Установка для определения технического состояния агрегатов гидроусилителя рулевого управления машин», МПК F15B19/00;

– патент Российская Федерация № 2322619 «Устройство для определения подачи масляных насосов и давления открытия клапанов», МПК F15B19/00;

– патент Российская Федерация № 2286545 «Устройство для определения расхода рабочей жидкости в гидрообъемных приводах машин», МПК G01F1/34, F15B19/00, F01L7/06;

– стандарты по безопасности производства, журналы и другая техническая литература.

Стенд для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем должен представлять собой раму с закрепленной на

ней рулевой рейкой с гидроусилителем и стойкой передней подвески переднеприводного автомобиля, манометров для определения давления в системе, ёмкости забора рабочей жидкости, шестеренчатого насоса для подачи масла, привода в виде электрического двигателя, а также частотного регулятора для изменения частоты вращения электрического двигателя.

К стенду предъявляются следующие требования:

1. Стенд должен быть универсальным, то есть обеспечивать возможность проведения испытаний на нем рулевых механизмов со всеми известными типами гидроусилителей рулевых управлений (интегральным, полуинтегральным и нейтральным типами).

2. Обеспечить возможность определения на стенде всех параметров и характеристик рулевого механизма с гидроусилителем – регулировочных, нагрузочных, энергетических, гидравлических характеристик рулевого механизма с гидроусилителем, гидравлических характеристик устройств гидроусилителя).

3. Максимальная потребляемая мощность электрического двигателя, не более 4 кВт.

4. Габаритные размеры не более, мм 1500x1000x2000.

5. Крепёжные изделия и металлопрокат, входящие в состав стенда, должны быть по возможности унифицированными.

6. Внешний вид стенда должен соответствовать требованиям эстетики (технической), который также позволяет идентифицировать назначение устройства.

7. Конструкция должна обладать достаточной жесткостью и прочностью.

8. Конструкция стенда должна исключать возможность выбрасывания предметов, которые представляют опасность для операторов, а также выбросы смазывающих и других рабочих жидкостей.

9. При выполнении технического обслуживания стенда использовать эксплуатационные материалы, которые выпускаются серийно и не требуют использования специального инструмента.

10. Конструкция стенда должна быть по возможности дешева, прочна, безопасна, удобна, универсальна, технологична и проста в изготовлении;

11. В разработанной конструкции стенда должна быть предусмотрена возможность дальнейшего рестайлинга конструкции с целью модернизации технических и эстетических качеств.

В процессе эксплуатации предусмотреть возможность ежемесячного обслуживания и проверки оборудования.

Конструкторская документация, в фазе технического проекта, согласовывается с руководителем выпускной квалификационной работы, и техническими специалистами, привлеченными руководителем ВКР.

2.2 Техническое предложение

В соответствии с техническим заданием необходимо разработать конструкцию стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.

Стенд предназначен для изучения принципов работы рулевого управления с усилителем и получения навыков проведения экспериментально-практического исследования.

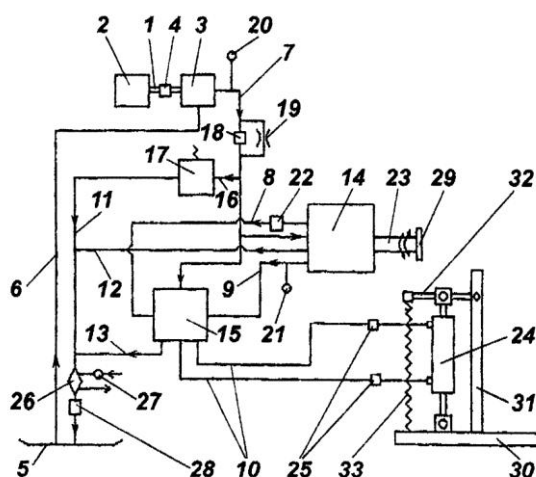
Проведем анализ существующих стендов.

Известен стенд для испытаний элементов гидроагрегата рулевого управления (патент РФ № 2173414) (рисунок 4).

Изобретение относится к технике стендовых испытаний и может быть использовано для испытания элементов гидроагрегатов рулевого управления (гидроагрегатов усилителя руля), применяемых в основном в зерноуборочных и кормоуборочных машинах.

Стенд состоит из гидронасоса 3, предохранительно-переливного клапана 17, насоса-дозатора 14, усилителя 15 потока и гидравлические цилиндры 24 поворота колес. Стенд имеет приводной вал 1, который при испытаниях соединяется с валом гидронасоса 3, и гидрассистему, в состав которой входит гидробак 5, линия всасывания 6, первая напорная линия 7,

один выход которой подключают ко входу насоса-дозатора 14, а другой - ко входу запорного клапана усилителя 15, вторая 8 и третья 9 напорные линии, входы которых подключают к разным напорным полостям насоса-дозатора 14, а выходы - к разным торцевым полостям золотника усилителя 15, две напорно-сливные линии 10, входы которых подключают к разным напорно-сливным отверстиям золотника усилителя 15, а выходы - к разным полостям гидроцилиндра 24, а также первую 11, вторую 12 и третью 13 сливные линии, входы которых подключают соответственно к выходу клапана 17, к сливной полости насоса-дозатора 14 и к сливным отверстиям золотника усилителя 15.



1 – вал; 2 – электрический двигатель; 3 – гидронасос; 4 - муфта; 5 – гидробак; 6 – линия всасывания; 7 – линия напорная (первая); 8 – линия напорная (вторая); 9 – линия напорная (третья); 10 – линия напорно-сливная; 11 – линия сливная (первая); 12 – линия сливная (вторая); 13 – линия сливная (третья); 14 – насос-дозатор; 15 – усилитель потока; 16 – отвод; 17 – предохранительно-переливной клапан; 18 – кран; 19 – дроссель; 20 – датчик давления; 21 – измеритель давления рабочей жидкости в первой напорной линии; 22 - измеритель расхода рабочей жидкости во второй напорной линии; 23 – вал приводной; 24 – гидравлический цилиндр; 25 – измеритель расхода рабочей жидкости в напорно-сливной линии; 26 – охладитель рабочей жидкости; 27 – терморегулятор; 28 – измеритель температуры рабочей жидкости; 29 – датчик усилия; 30 – основание; 31 – стойка; 32 – рычаг; 33 – пружина

Рисунок 4 – Гидравлическая схема стенда по патенту РФ № 2173414

При закрытом кране 18 с помощью датчика 20 давления рабочей жидкости в линии 7 и дросселя 19 определяют производительность гидронасоса 3. Техническое состояние других элементов гидроагрегата, оценивают по показаниям датчика 29 усилия на приводном валу насоса-дозатора 14, измерителя 22 расхода рабочей жидкости в линии 8, измерителя 21 давления рабочей жидкости в линии 9 и измерителей 25 расхода рабочей жидкости в линиях 10. Нагрузку на шток гидравлического цилиндра 24 имитируют усилием пружины 33.

Рассмотрев данный стенд – аналог можно сделать следующий вывод – конструкция стенда для испытания элементов гидроагрегата рулевого управления частично соответствует установленным в техническом задании требованиям, однако необходимо упростить конструкцию стенда.

Для обеспечения заданных в техническом задании требований, необходимо определиться с перечнем деталей, устройств, сборочных единиц, механизмов, входящих в состав стенда.

Конструкция стенда будет состоять из нескольких частей:

- гидравлического усилителя руля;
- стойки передней подвески переднеприводного легкового автомобиля;
- соединительных элементов.

На первом этапе конструирования стенда необходимо выполнить выбор гидравлического усилителя по следующим основным критериям: низкая цена и приемлемое качество.

При проведении анализа отечественного и зарубежного рынков было найдено два гидравлических усилителя разных марок:

- гидроусилитель рулевого управления фирмы ZTF (страна производства Германия) (рисунок 5);
- гидроусилитель рулевого управления фирмы ABRO (страна производства США) (рисунок 6).



2110-3400010-30-01 ГУР ВАЗ 2110-2170 ПРИОРА (КОМПЛЕКТ)

☆☆☆☆0 отзывов / Написать отзыв

✔ **Модель:** 2110-3400010-30-01

✔ **Наличие:** Есть в наличии

ЦЕНА: 20950.00 руб.

Рисунок 5 – Гидроусилитель производства ZTF

! Гидроусилитель руля 2110 (к-т)



Понравилось, добавьте к себе в:

Описание

Гидроусилитель руля 2110 (к-т)

Производитель: АВРО США

Применяемость: Информацию можете уточнить у нашего менеджера

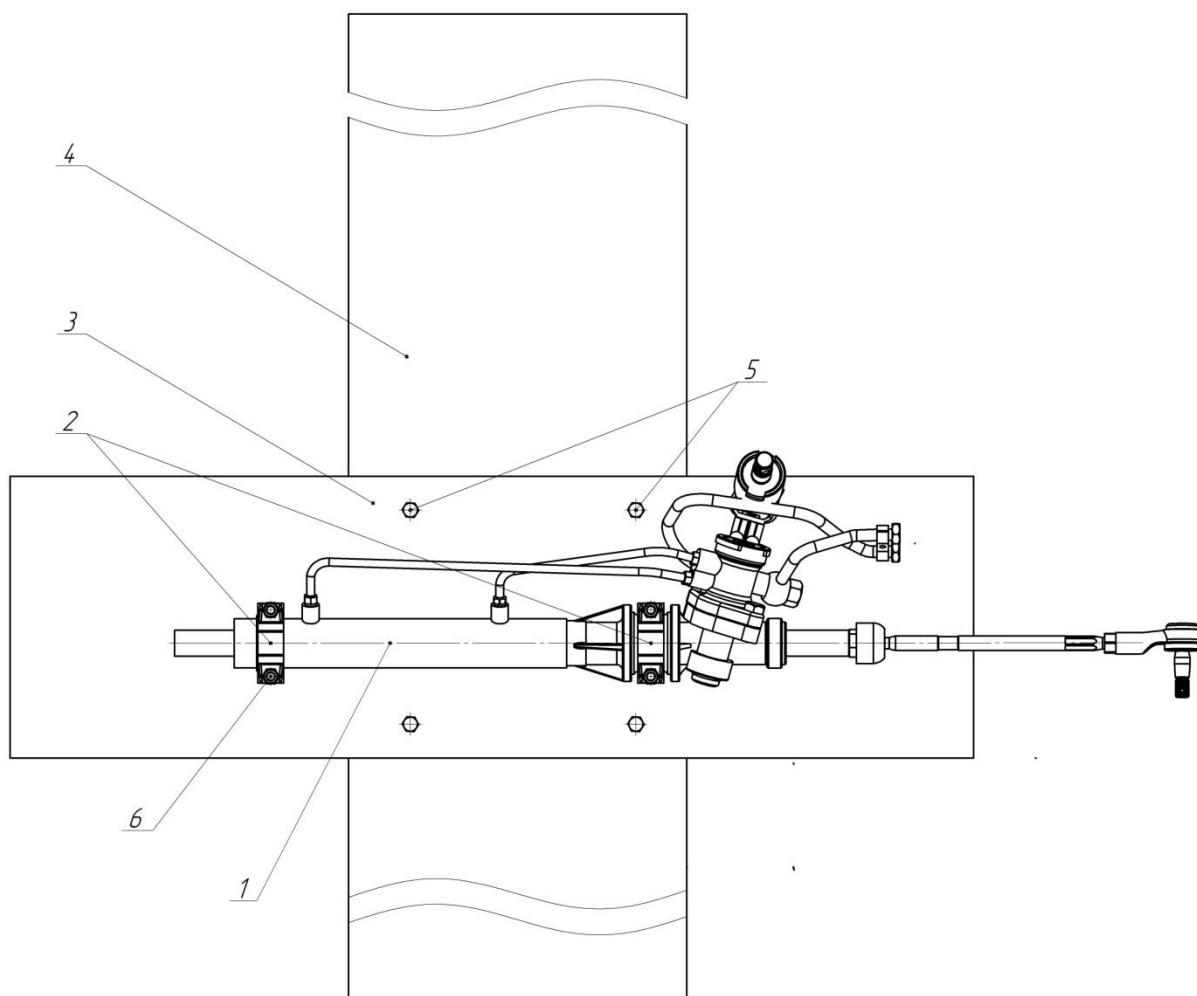
Номер детали в каталоге: 21100-3400006

Цена: 24 446 р.

Рисунок 6– Гидроусилитель производства АВРО

Выбираем гидроусилитель рулевого управления производства ZTF за оптимальную цену, высокое качество сборки и хорошие отзывы среди покупателей.

На следующем этапе необходимо определиться с местом и способом крепления гидроусилителя. Гидроусилитель будет крепиться на металлический лист с размерами 910x250x5 при помощи скоб, входящих в комплект поставки с гидроусилителем (рисунок 7). Металлический лист крепится на дюбель-гвозди к колонне.



1 – ГУР; 2 – скоба; 3 – лист металлический; 4 – колонна; 5 – дюбель-гвоздь;
6 – гайка крепления

Рисунок 7 – Крепление гидроусилителя на колонне

На следующем этапе проектирования стенда необходимо выполнить подбор передней стойки легкового автомобиля в сборе.

Проведя анализ отечественного и зарубежного рынков было найдено две телескопических стойки разных марок с различным качеством и стоимостью:

– стойка телескопическая передней подвески в сборе АСОМИ (страна производства Россия) (рисунок 8);

– стойка телескопическая передней подвески в сборе SS20 (страна производства Россия) (рисунок 9).



Рисунок 8 – Узел передней подвески в сборе АСОМИ



Рисунок 9 – Стойка телескопическая передней подвески в сборе, SS20

Выбираем стойку телескопическую передней подвески в сборе производства АСОМИ за оптимальное соотношение цена-качество и хорошие отзывы среди покупателей.

В графической среде SolidWorks моделируем данную стойку (рисунок 2.7).



Рисунок 10 – Модель стойки передней подвески в сборе в графической среде SolidWorks

Следующим этапом является подбор электрического двигателя, с питанием от сети 380В, частотой 50 Гц через частотный регулятор и гидромотора.

Подбор электрического двигателя осуществляем исходя из необходимой для привода гидромотора мощностью, частотой вращения, родом тока и напряжением, схемой соединения обмоток, условий среды, в

которых он должен работать, способом сочленения вала электрического двигателя и расположением вала (горизонтальное или вертикальное).

Такие параметры как мощность, частота вращения, способ сочленения валов и крепления, расположение вала зависят от технических характеристик насоса. В нашем случае электрический двигатель должен быть мощностью 3 кВт с горизонтальным расположением вала, соединяться с гидромотором при помощи эластичной муфты и крепиться на салазках (рисунок 11).



Рисунок 11 – Электрический двигатель АИР-100S4

Для того чтобы определиться с гидромотором, рассмотрим различные варианты конструкций, их достоинства и недостатки.

Основными параметрами гидромоторов являются:

- рабочий объем (удельная подача), $\text{см}^3/\text{об}$;
- рабочее давление, МПа, бар;
- крутящий момент, Н·м;
- частота вращения мин^{-1} .

По конструкции различают следующие типы гидромоторов:

- шестеренные (рисунок 12).

Достоинствами являются:

- простота конструкции и обслуживания;

- частота вращения до 10000 об/мин;
- низкая стоимость.

Недостатком является:

- низкий коэффициент полезного действия.

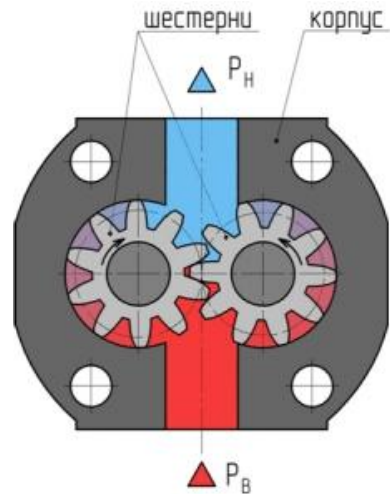
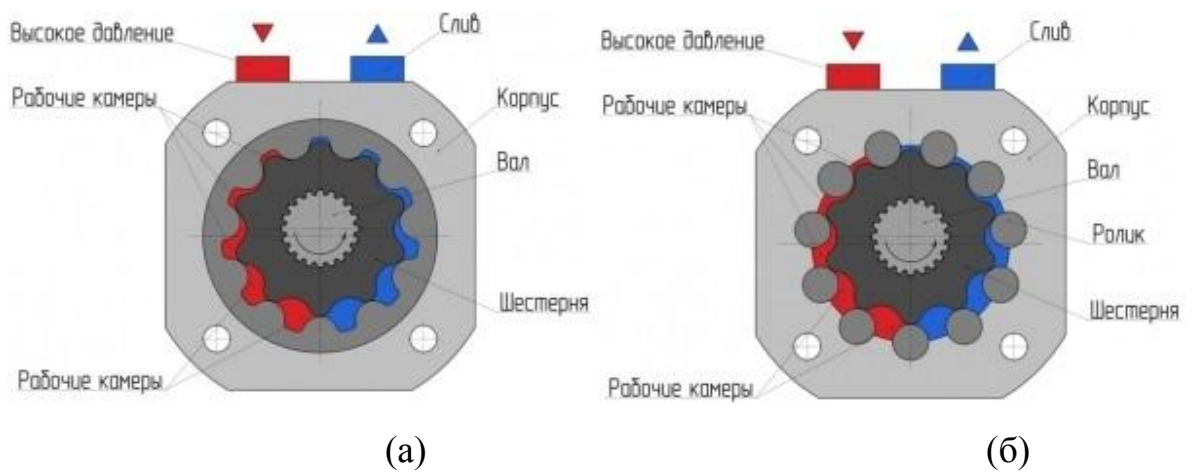


Рисунок 12– Шестеренный гидромотор

- героторные (рисунок 13).

Существует две основных конструктивных разновидности героторных гидромоторов: героторные и героллерные.



(а)

(б)

а – героторный; б - героллерный

Рисунок 13 – Героторный гидромотор

Достоинствами являются:

- простота конструкции;
- большие крутящие моменты;
- малые габариты.

Недостатками являются:

- малые частоты вращения;
- невысокие величины давления до 21 МПа.

В соответствии с требованиями технического задания, выбираем насос шестеренный НШ-32 (рисунок 14).



Рисунок 14 – Насос шестеренный НШ-32

Насос шестеренный НШ-32 предназначен для нагнетания рабочей гидравлической жидкости в гидравлических системах тракторов, погрузчиков, автомобилей, сельскохозяйственных, коммунальных, строительно-дорожных и агрегатируемых с двигателями тракторов, машин и др.

На следующем этапе конструкторской работы необходимо определиться с типом передачи. Передачи различают цепные и ременные.

Ременная передача – механизм, осуществляющий передачу вращательного движения с помощью ремня, охватывающего закрепленные на валах шкивы. Приводной ремень, являясь промежуточной гибкой связью,

передаёт крутящий момент с ведущего шкива на ведомый за счёт сил трения, возникающих между натянутым ремнем и шкивами (рисунок 2.13).

Достоинствами являются:

- простота конструкции, дешевизна;
- возможность расположения ведущего и ведомого шкивов на больших расстояниях (> 15 метров);
- плавность и бесшумность работы вследствие эластичности ремня;
- способность самопредохранения от неучтенных перегрузок
- возможность работы с большими угловыми скоростями;
- передаваемая мощность до 50 кВт.

Недостатками являются:

- постепенное вытягивание ремней, их недолговечность (при больших скоростях работает от 1000 до 5000 часов);
- непостоянство передаточного отношения (из-за проскальзывания ремня);
- относительно большие размеры;
- высокие нагрузки на валы и опоры (подшипники) вследствие натяжения ремня.

Цепной передачей называется передача, в результате которой энергия между несколькими параллельными валами, производится сцепкой при помощи гибкой цепи и двух звездочек – ведущей и ведомой. Цепная передача функционирует без скольжения и обеспечивается натяжными и смазочными устройствами.

Достоинствами являются:

- меньшая чувствительность к неточностям расположения валов;
- возможность передачи движения одной цепью нескольким звездочкам;
- возможность передачи вращательного движения на большие расстояния.

Недостатками являются:

- повышенный шум и износ цепи при неправильном выборе конструкции, небрежном монтаже и плохом уходе.

В соответствии с требованиями технического задания, выбираем ременную передачу.

Привод в составе электрического двигателя и гидромотора конструктивно будут установлены на двутавр №18 длиной 1000 мм (рисунок 15).

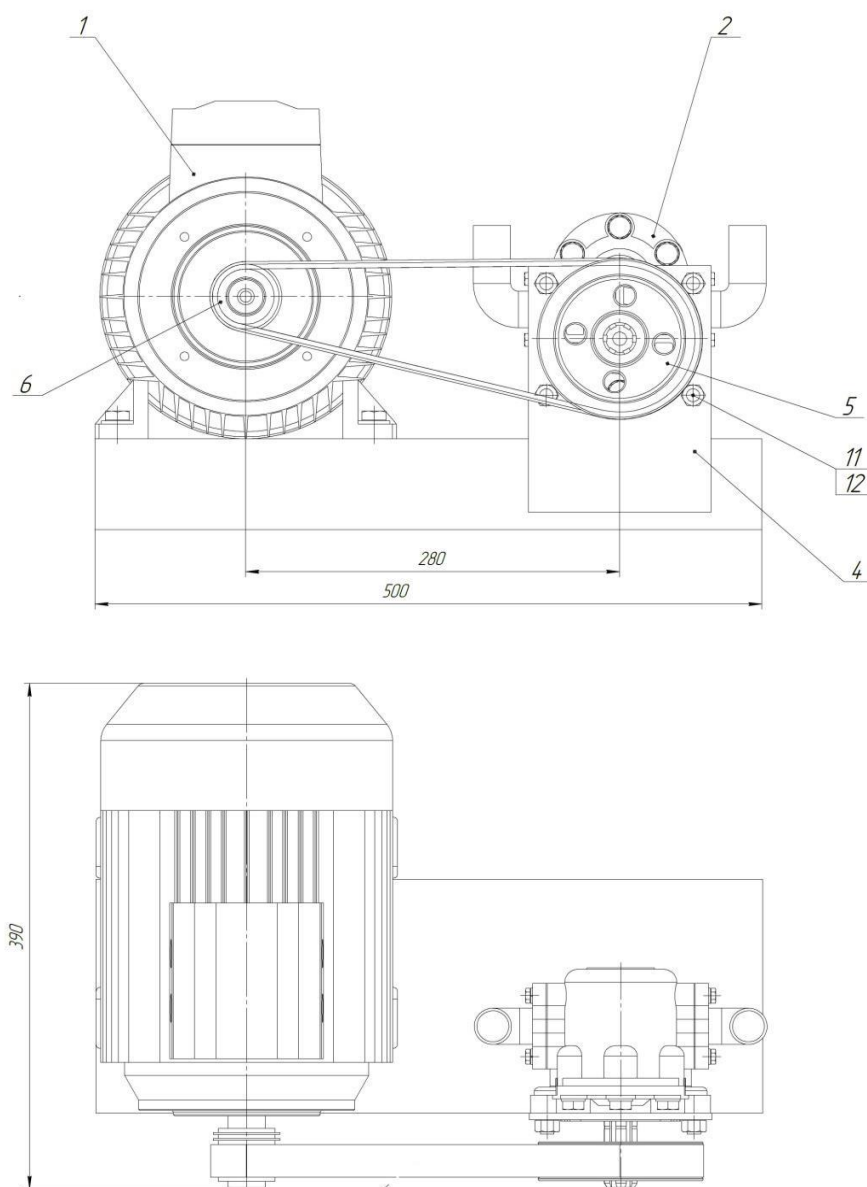


Рисунок 15 – Привод в сборе

Следующим этапом будет подбор частотного регулятора.

Частотный преобразователь служит для преобразования сетевого трёхфазного или однофазного переменного тока частотой 50 (60) Гц в трёхфазный ток частотой до 400 Гц. Частотные преобразователи применяют для плавного пуска и регулирования скорости вращения асинхронного или синхронного двигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Преобразователи частоты векторные предназначены для управления приводами насосов и вентиляторов в промышленности, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, на транспорте, а также в других областях, в том числе подконтрольных органам Ростехнадзора.

Универсальная линейка частотных преобразователей может быть использована для управления приводами на базе асинхронных двигателей в промышленности и ЖКХ. Линейка компактных преобразователей частоты общепромышленного применения ОВЕН ПЧВ 1,2 (рисунок 16).



Рисунок 16 – Частотный регулятор ОВЕН ПЧВ 1,2

Принимаем частотный регулятор ОВЕН ПЧВ 1,2. Частотный регулятор закрепляется на колонне.

После подбора всех элементов конструкции стенда, производим моделирование конструкции в 3D в графической среде SolidWorks (рисунок 17).

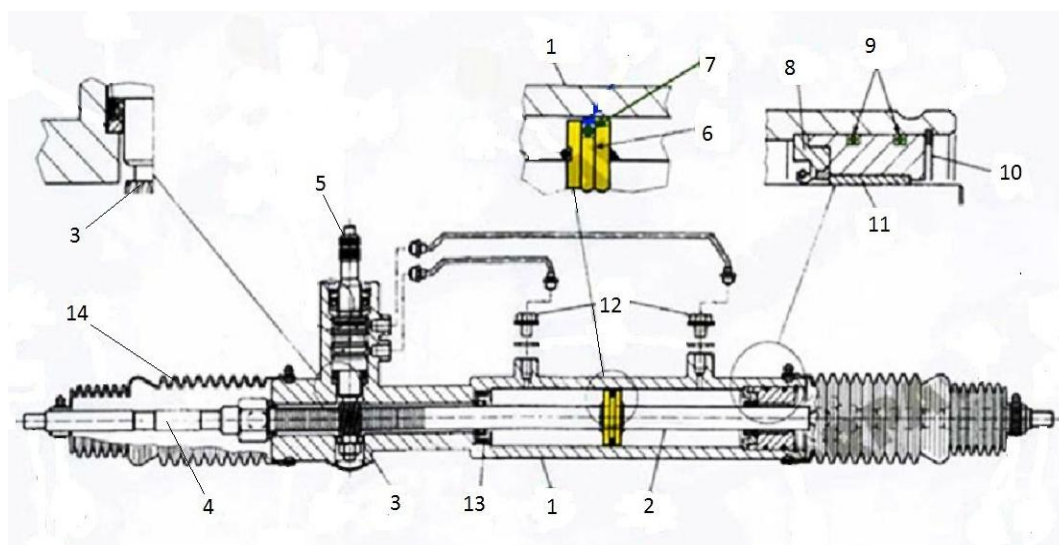


Рисунок 17 – Стенд в сборе

3 Технологический процесс

3.1 Конструктивные особенности исследуемого усилителя рулевого управления

В работе предлагается исследовать гидравлический усилитель руля типа «рейка – шестерня» с тангенциальным золотниковым устройством. Эта конструкция на данный момент наиболее широко используется в переднеприводных легковых автомобилях, схематично устройство рулевого механизма показано на рисунке 18. Следует иметь в виду, что конструктивное исполнение ГУР может быть весьма разнообразным, сохраняя общие принципы их работы. Вид ГУР в разрезе автомобиля Honda показан на рисунке 19, там же показана шестерня рулевого механизма с наружной обоймой золотника и торсионом, и отдельно – тангенциальный золотник.



1 – корпус; 2 – шток-рейка; 3 – шестерня; 4 – рулевая тяга; 5 – шлицевой хвостовик тангенциального золотника; 6 – поршень силового цилиндра; 7 – уплотнение поршня;
8 – корпус уплотнения штока; 9 – уплотнительные кольца; 10 – стопорное кольцо;
11 – втулка; 12 – штуцеры стальных трубок; 13 – уплотнение штока;
14 – гофрированный чехол

Рисунок 18 – Реечный рулевой механизм с гидроусилителем

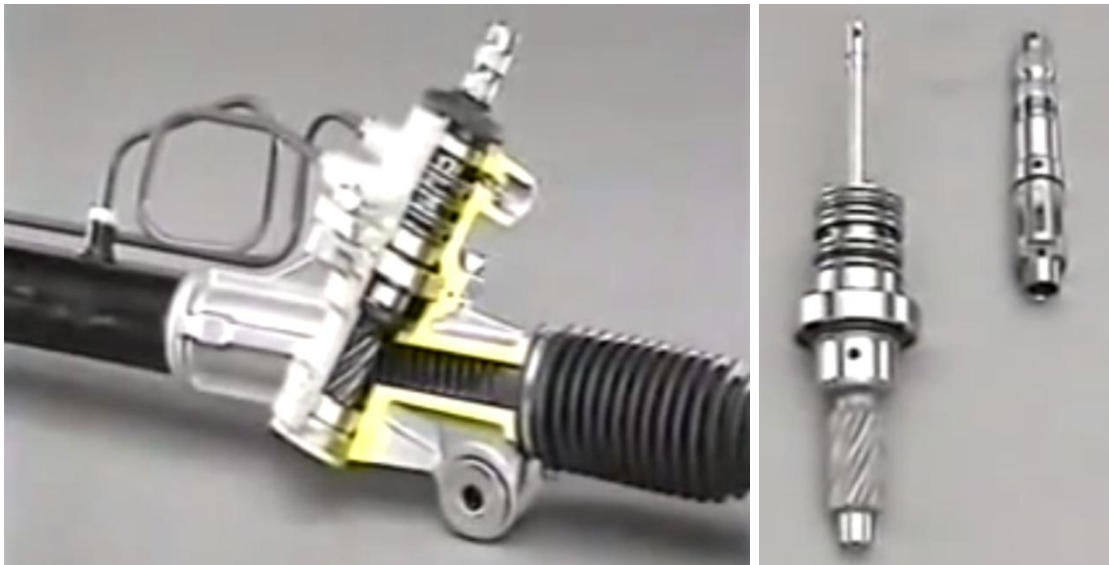
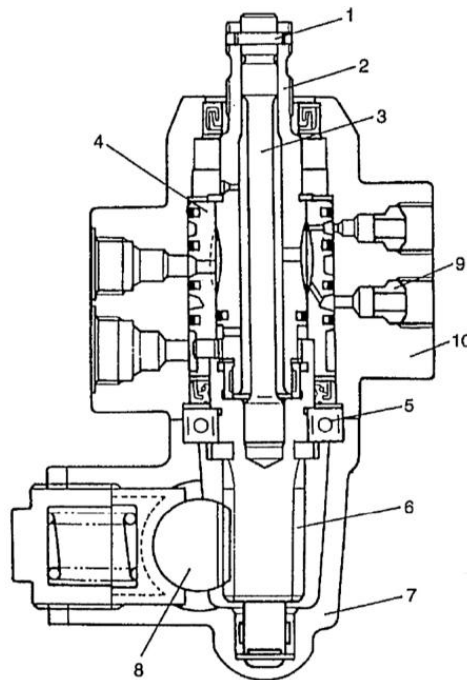


Рисунок 19 – Гидроусилитель автомобиля Honda

Взаимодействие элементов ГУР можно понять из рисунка 20.



1 – штифт; 2 – золотник; 3 – торсион; 4 – обойма золотника; 5 – подшипник; 6 – шестерня; 7 – корпус рулевого механизма; 8 – зубчатая рейка и шток гидроцилиндра; 9. – конусные вставки крепления трубок; 10 – корпус распределителя

Рисунок 20 – Устройство ГУР

Штифт 1 замыкает золотник 2 с торсионом 3, связанным с шестерней рулевого механизма 6, вращающейся в шариковом подшипнике 5 и роликовом подшипнике, установленном в корпусе рулевого механизма 7. Обойма золотника 4 находится в цилиндрической проточке корпуса 10. На наружной поверхности обоймы 4 выполнены четыре канавки для пропуска масла и четыре канавки под уплотнительные кольца, исключаящие перетекание масла вдоль оси обоймы. Канавки для перетекания масла сообщаются с радиальными отверстиями в корпусе 10, обеспечивая подвод масла от насоса и слив масла в бачок (на рисунке 20 слева) и подачу масла в полости силового цилиндра (на рисунке 20 справа).

Шестерня 6 находится в зацеплении с зубьями рейки 8, являющейся штоком гидроцилиндра, которая прижимается к шестерне пружиной через опорный башмак. Золотник может проворачиваться относительно обоймы только на угол предусмотренной максимальной деформации торсиона, после чего за счет механического контакта деталей золотник и обойма начинают вращаться как одно целое (на схеме элементы сопряжения не показаны). Это необходимо для обеспечения возможности управления автомобилем при неработающем ГУР.

На наружной поверхности золотника и внутренней поверхности обоймы выполнены продольные канавки для перетекания масла. В ситуации, когда водитель не поворачивает руль и не прикладывает усилия вращения к рулевому колесу, торсион находится в ненагруженном состоянии и канавки золотника и обоймы располагаются относительно друг друга, как это показано на левой части рисунка 21.

Масло от насоса через радиальное сверление в корпусе ГУР поступает в канавку на внешней поверхности обоймы, а из неё через четыре отверстия поступает в канавки золотника. Поскольку канавки в обойме шире выступов золотника, масло перетекает к четырем радиальным отверстиям и по ним поступает во внутреннее отверстие золотника, из которого сливается по шлангу в бачок.

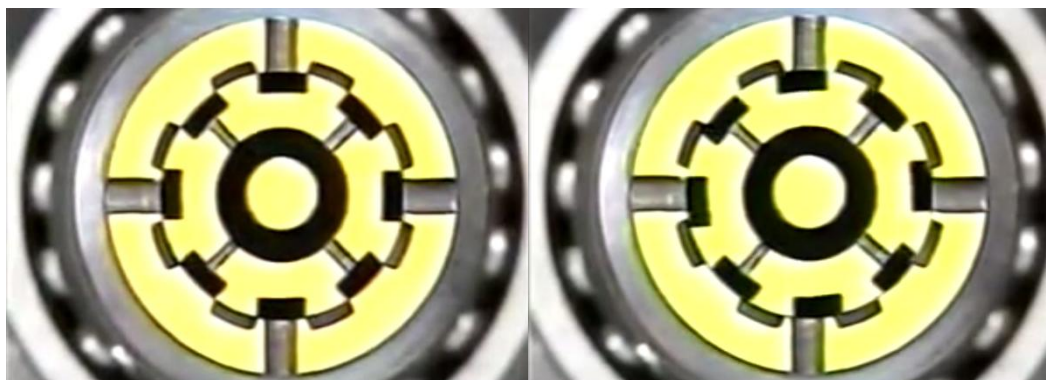


Рисунок 21 – Вид золотника и обоймы на разрезе в плоскости отверстия, подводящего жидкость от насоса к распределителю

При повороте руля влево торсион скручивается, и золотник относительно обоймы занимает положение, показанное на рисунке справа. В этом случае масло от насоса через пазы перетекает в кольцевую канавку, соединенную трубкой с левой полостью силового цилиндра, а масло из правой полости цилиндра перетекает через трубку в канавку обоймы и далее через пазы и осевые отверстия в полость золотника, соединяющуюся шлангом со сливным бачком.

Перемещение поршня сдвигает рейку и связанные с ней рулевые тяги и управляемые колеса, а зубья рейки поворачивают шестерню рулевого механизма, при этом обойма следует за поворотом золотника. Если поворот руля прекращается, то обойма займет относительно золотника исходное положение.

Производительность насоса ГУР должна обеспечивать скорость движения поршня и рейки, соответствующую скорости вращения руля, которая обычно не более одного оборота в секунду. Если насос приводится во вращение от коленчатого вала двигателя, частота вращения которого от режима холостого хода до максимальных оборотов может меняться в 4...5 раз, то возникает необходимость стабилизации производительности насоса, точнее - подачи масла к силовому цилиндру. Это позволяет стабилизировать

работу ГУР, что повышает удобство рулевого управления и безопасность автомобиля.

Принцип регулирования потоков жидкости в ГУР поясняется на рисунке 22. Масло от насоса поступает в полость В и через отверстие в перегородке перетекает в полость А и далее в распределитель, который может находиться в режиме постоянного положения руля и в режиме поворота руля. В режиме постоянного положения руля давление в полости А мало, поскольку в распределителе жидкость перетекает через канавки в обойме и золотнике в бачок. Если двигатель работает на высоких оборотах и насос подает много жидкости, давление в полости В перед дросселирующим отверстием возрастает и перепускной клапан отходит в сторону деформируемой пружины, открывая щель для перетекания жидкости в бачок.

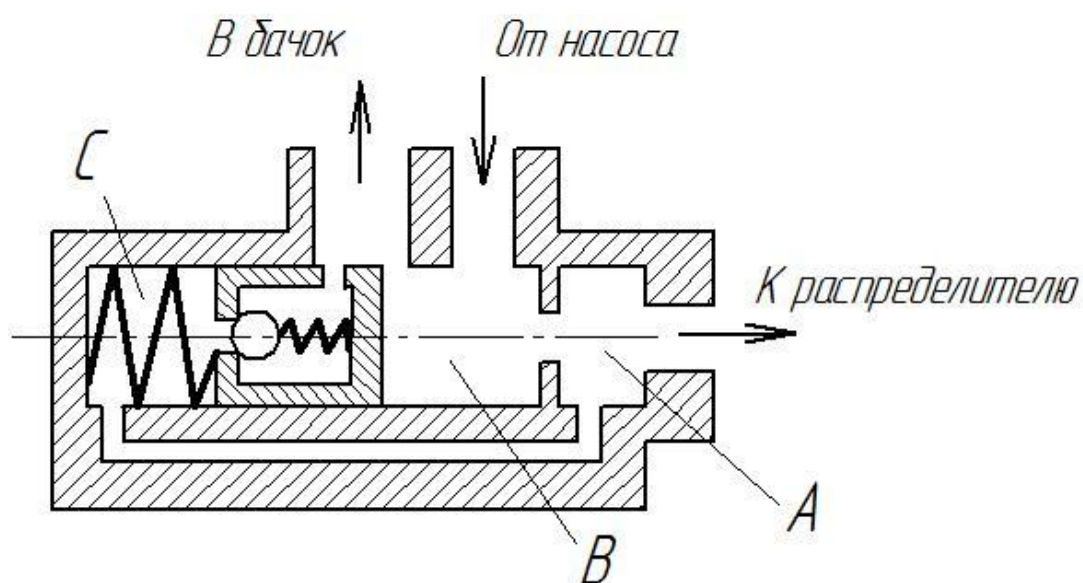


Рисунок 22 – Схема регулирования потока жидкости в ГУР

В режиме поворота руля и управляемых колес жидкость подается в силовой цилиндр, давление в полости А возрастает и по каналу передается в полость С, перепускной клапан передвигается, затрудняя перепуск масла в

бачок и таким образом обеспечивая требуемое давление. При повороте руля на малых оборотах двигателя клапан может быть закрыт полностью.

Если колеса находятся в тяжелых дорожных условиях (в колее, упираются в бордюр и т.п.), то давление жидкости возрастает настолько, что открывается предохранительный шариковый клапан, давление в полости С падает и перепускной клапан начинает сброс жидкости в бачок. Таким образом, ГУР предохраняется от перегрузок.

Эффект усиления воздействия водителя на руль особенно важен при маневрировании автомобиля на малых скоростях. На большой скорости желательно иметь более «тяжелый» руль, что позволяет водителю лучше чувствовать дорогу и повышает безопасность движения. Для выполнения этого требования регулятор потока жидкости оборудуют подпружиненным дросселем (рисунок 23).

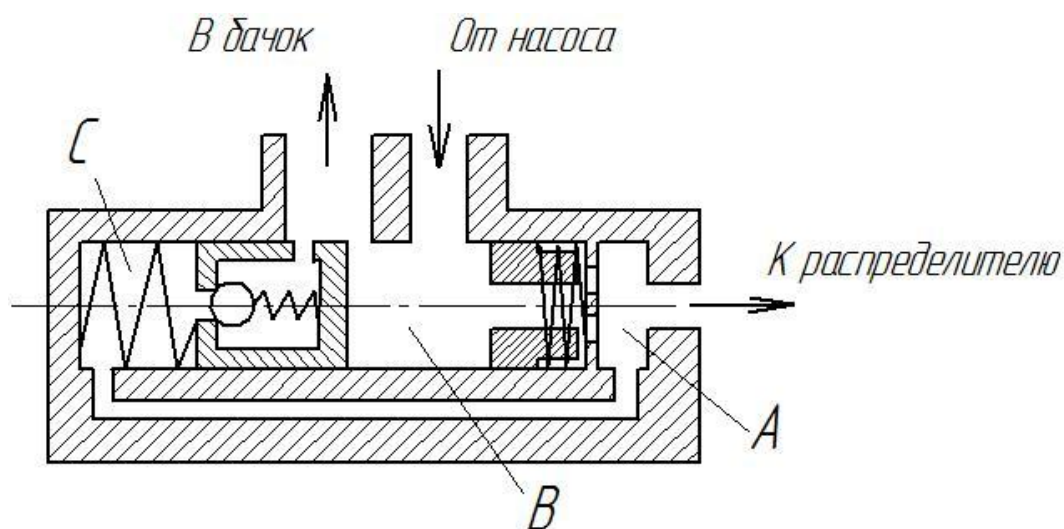


Рисунок 23 – Схема регулятора потока жидкости, обеспечивающего снижение показателя эффективности ГУР при высокой скорости движения автомобиля

Поступающая от насоса в полость В жидкость проходит через подпружиненный дроссель и отверстия в перегородке в полость А и далее к

распределителю. При движении автомобиля с большой скоростью двигатель имеет высокую частоту вращения, обеспечивая большую производительность насоса и высокое давление в полости В, что приводит к смещению подвижного дросселя, который начинает перекрывать отверстия в перегородке. Количество и давление жидкости, подающейся в полость А и к распределителю, уменьшается, а это уменьшает эффект усиления ГУР, т.е. руль автомобиля на большой скорости становится «тяжелее».

Имеются более сложные конструкции регулирующих устройств, содержащих плунжеры, автоматически поворачивающие торсион в противоположном направлении поворота руля (рисунок 24). Работа плунжеров управляется электромагнитным клапаном, связанным с электрическим спидометром автомобиля.

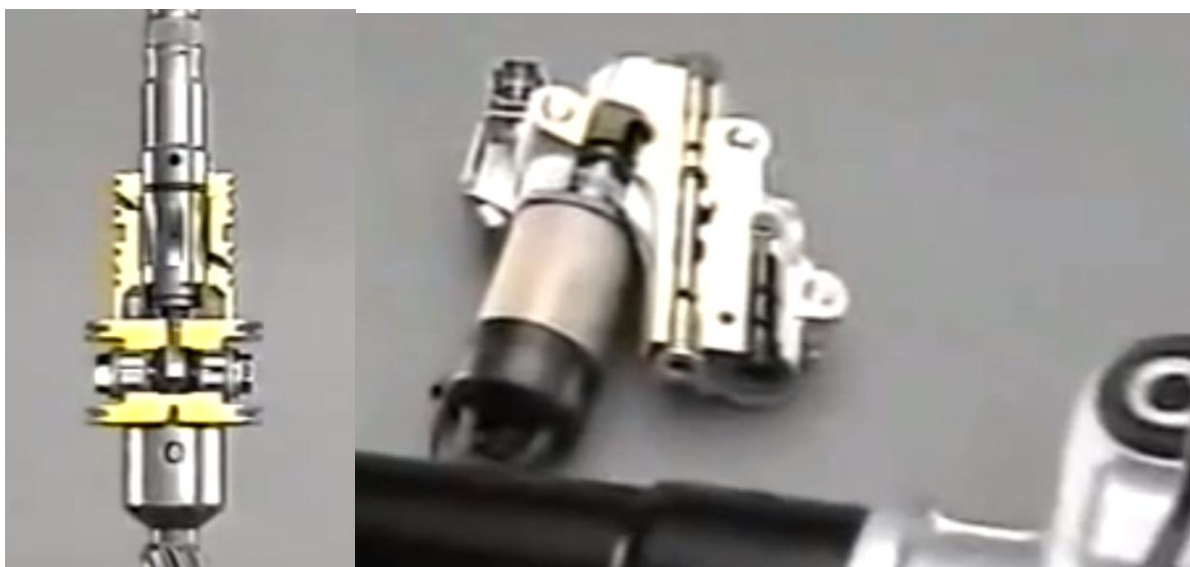


Рисунок 24 – Золотник с плунжерами и электромагнитный клапан ГУР

Насосы с электрическим приводом имеют независимую от частоты вращения коленчатого вала двигателя производительность и не требуют регулировки потока жидкости, подаваемой в ГУР, что обеспечивает постоянство скорости исполнения поворота руля. Эффект «тяжелого» руля

при высокой скорости автомобиля может достигаться уменьшением частоты вращения вала электродвигателя.

3.2 Оценка эксплуатационных характеристик ГУР

Эффективность действия ГУР проявляется в его способности уменьшать прилагаемое к рулевому колесу усилие P_{pk} , характеризующее сопротивление повороту управляемых колес при работе без усилителя, за счет приведенной к рулю силы усилителя P_y . В качестве показателя эффективности может быть принято отношение:
$$\mathcal{E}_{ГУР} = \frac{P_{pk}}{P_{pk} - P_y}.$$

Если сопротивление повороту колес мало, $P_{pk} \rightarrow 0$, то упругость торсиона не позволяет золотнику перемещаться относительно обоймы и ГУР не включается, а $P_y \rightarrow 0$ и $\mathcal{E}_{ГУР} \rightarrow 1$. При возрастании сопротивления повороту колес $\mathcal{E}_{ГУР}$ увеличивается до момента достижения максимального значения давления масла в системе, когда $P_y = const$, после этого $\mathcal{E}_{ГУР}$ уменьшается. График изменения показателя эффективности по мере изменения сопротивления повороту управляемых колес дает полное представление об эффективности ГУР.

Реактивное действие ГУР можно рассматривать как самостоятельную эксплуатационную характеристику, отражающую одно из важных свойств рулевого управления – «чувство дороги», т.е. ощущение водителем производимого им поворота. В качестве показателя реактивного действия ГУР может быть принято отношение приращения усилия на руле при работающем усилителе к приращению усилия на руле того же автомобиля без усилителя:
$$\rho = \frac{\Delta(P_{pk} - P_y)}{\Delta P_{pk}}.$$
 Строго говоря, приращение усилия на руле без усилителя может быть определено в испытаниях с полностью отключенным силовым цилиндром. Проведение таких испытаний для ГУР с отдельным исполнением силового цилиндра и рулевого механизма с распределителем не

представляет сложности, поскольку силовой цилиндр может быть полностью исключен из привода. Когда все элементы ГУР выполнены в едином агрегате, то испытания должны проводиться, по крайней мере, с пустым цилиндром.

График изменения $\rho = f(P_{pk})$ может зависеть и от угла поворота рулевого колеса, если рулевой механизм имеет переменное передаточное число. В этом случае следует проводить испытания ГУР не только при положении руля, соответствующем прямолинейному движению автомобиля, но и других положениях.

Чувствительность действия усилителя характеризуется углом поворота рулевого колеса, при котором усилитель включается в работу. Испытания чувствительности могут быть совмещены с определением давления начала срабатывания предохранительного клапана в гидравлической системе ГУР. Результаты испытаний представляют графиком нарастания давления до своего предельного значения в полостях силового цилиндра по мере увеличения угла поворота рулевого колеса вправо и влево при застопоренной рейке рулевого механизма.

Усилие прямого и обратного включения ГУР является эксплуатационной характеристикой, отражающей удобство и безопасность управления автомобилем. Усилие прямого включения соответствует состоянию, когда скручивание торсиона рулем приводит к повышению давления в полости силового цилиндра. В качестве усилия обратного включения можно принять продольную силу T , действующую со стороны дороги на управляемое колесо, при которой в полости силового цилиндра начнет повышаться давление масла, нагнетаемого насосом при неподвижном руле. При проведении стендовых испытаний ГУР для определения силы T необходимо знать плечо обкатки – расстояние от середины пятна контакта колеса с дорогой до точки пересечения оси поворота колеса с плоскостью дороги.

Величина силы T отражает способность ГУР противостоять толчкам при наезде колеса на единичные препятствия и устойчивость автомобиля при аварийном разрушении шины.

Маневренность, обеспечиваемая ГУР, отражает возможность осуществления быстрых поворотов автомобиля, которая напрямую зависит от передаточного числа рулевого механизма и эффективности усилителя. Понятно, что для тяжелых автомобилей рулевые механизмы без усилителей должны иметь большие передаточные числа и поворот управляемых колес из одного крайнего положения в другое производится за несколько поворотов рулевого колеса большого диаметра. При наличии усилителя ту же работу водитель может выполнить за меньшее число оборотов, что повышает маневренность автомобиля. Маневренность автомобиля оценивается в дорожных испытаниях, а при стендовых испытаниях ГУР в качестве критерия маневренности можно принять энергетические затраты на поворот руля из одного крайнего положения в другое.

3.3 Методические указания по выполнению работ на стенде

1 Прогреть рабочую жидкость в ГУР и проверить на наличие воздуха в гидросистеме:

– убедиться в том, что кран на линии подачи жидкости от насоса к распределителю открыт, а нагрузочное устройство не подсоединено к рулевой тяге;

– включить насос и после 2...3 минут работы произвести поворот руля из среднего положения в крайнее правое потом в крайнее левое и опять в среднее положение;

– выключить насос и замерить уровень жидкости в бачке;

– включить насос и замерить уровень жидкости в бачке (если уровень жидкости не уменьшился, то в гидросистеме нет воздуха);

2 Проверить давление срабатывания предохранительного клапана и оценить утечки в распределителе и цилиндре:

– включить насос, закрыть кран в линии подачи масла к распределителю и по манометру замерить давление, после чего открыть кран;

– повернуть руль вправо до упора и, удерживая его под нагрузкой, замерить по манометру максимальное давление жидкости;

– повернуть руль до упора влево и, удерживая его под нагрузкой, замерить по манометру максимальное давление жидкости;

– повторить замер давления в среднем положении руля, зафиксировав положение рейки;

– выключить насос, сравнить полученные значения давлений жидкости с давлением при закрытом кране и сделать заключение об утечках жидкости в распределителе и цилиндре.

3 Испытать ГУР на чувствительность действия:

– установить руль в среднее положение, зафиксировать рейку;

– включить насос, установить стрелку положения руля на ноль шкалы;

– повернуть руль на 1° и замерить давление жидкости по манометру;

– повернуть руль на 2° и замерить давление жидкости по манометру;

– повторять измерения до момента полного закручивания торсиона в пределах, предусмотренных конструкцией ГУР, после чего выключить насос;

– построить график изменения давления от угла поворота руля.

4 Испытать ГУР на эффективность усиления:

– установить на руль динамометр, подсоединить рулевую тягу к нагрузочному устройству;

– включить насос, установить на площадку нагрузочного устройства гирю массой ...кг;

– медленно поворачивать руль до момента начала срабатывания ГУР (начала подъема нагрузочной площадки) и зафиксировать показания динамометра и давления жидкости по манометру;

– повторять испытания, добавляя гири и увеличивая нагрузку на руле до 200 Н, выключить насос;

– используя результаты испытания ГУР при отключенном силовом цилиндре рассчитать показатель эффективности ГУР и построить график $\mathcal{E}_{ГУР} = f(P_{рк})$; на этом же графике построить зависимость усилия на руле $P = f(P_{рк})$ и давления в гидросистеме $p = f(P_{рк})$.

5 Оценить реактивность действия ГУР как свойство силовой связи:

– разбить зависимость $P = P_{рк} - P_y = f(P_{рк})$ на 5 равных интервалов $\Delta P_{рк}$ и найти соответствующие этим интервалам значения $\Delta(P_{рк} - P_y)$;

– рассчитать значения показателя реактивности и построить кривую $\rho = f(P_{рк})$ по точкам, соответствующим серединам интервалов.

6 Определить усилие обратного включения ГУР:

– включить насос, установить руль в среднем положении и зафиксировать его от самопроизвольного поворота, записать показания манометра;

– соединить рулевую тягу с нагрузочной площадкой так, чтобы она оказалась навесу;

– плавно нагружать площадку гирями до момента начала увеличения давления по манометру;

– рассчитать усилие обратного включения T , приняв длину рычага рулевой трапеции 165 мм, плечо обкатки управляемого колеса 12 мм.

4 Расчет эффективности спроектированной конструкции

4.1 Определение себестоимости изготовления

Для того чтобы определить затраты на покупку сырья и материалов, необходимых для изготовления конструкции воспользуемся формулой (4.1) [18]

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (4.1)$$

С целью упорядочения затрат на покупку сырья и материалов сводим данные в таблицу 1.

Таблица 1 – Затраты на покупку сырья и материалов

Материал (сырье)	Единица измерения	Необходимое кол-во материала	Цена, рублей	Сумма, рублей
Круг горячекатанный	м	0,5	121	
Трубный прокат	м	4,5	86	
Круг, бронза	м	0,15	336	
Листовой металл.	м	1,2	847	
Пруток	м	0,7	53	
Грунтовка	кг	1,5	82	
Краска	кг	1,2	170	
Литол	кг	0,35	62	
Швеллер в асс.	м	2,5	103	
Разное:	-	-	-	1400
			ИТОГО:	3557,6
			Расходы на транспортировку и заготовку:	249,03
			ВСЕГО:	3806,63

Для того чтобы определить затраты на покупные изделия и полуфабрикаты воспользуемся формулой (4.2)

$$P_{II} = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (4.2)$$

С целью упорядочения затрат на покупные изделия сводим данные в таблицу 2.

Таблица 2 – Затраты на покупные изделия

Наименование покупного изделия	Кол-во, шт.	Цена за ед., рублей	Сумма, рублей
1	2	3	4
Насосная станция	1	5250,0	5250
Кольцо стопорное	4	1,6	6,4
Подшипник № 205	4	182,0	728
Электрокабель, м	5,5	79,0	434,5
Электрооборудование	1	281,0	281
Болты М8х18	16	9,3	148,8
Гайки М8	10	6,4	64
Шайба	40	0,5	20
Шайбы пружинные	10	0,4	4
Шпонка призматическая	4	1,0	4
Болт фундаментный	4	230,0	920
Разное	-	-	800
ВСЕГО:			8660,7

4.2 Определение затрат на заработную плату

Расчет затрат на заработную плату выполним по формуле (4.3)

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (4.3)$$

С целью упорядочения затрат на выплату основной заработной платы сводим данные в таблицу 3.

Таблица 3 – Затраты на выплату заработных плат

Тип выполняемой операции	Необходимый квалификационный разряд работника	Трудоемкость, чел-ч.	Тарифная ставка, рублей/час	Заработная плата, рублей
Заготовительная	3	8	54,60	436,8
Сварочная	5	12	62,20	746,4
Токарная	5	6	62,20	373,2
Фрезерная	5	4	62,20	248,8
Сверлильная	4	2	58,60	117,2
Слесарная	4	2	58,60	117,2
Сборочная	5	16	62,20	995,2
Окрасочная	4	1,5	58,60	87,9
Испытательная	4	0,5	58,60	29,3
Итого:				3152
Выплата премии:				630,4
Заработная плата (основная):				3782,4

Расчет затрат на выплату дополнительной заработной платы выполним по формуле (27) [21]

$$З_{Д} = З_{О} \cdot K_{Д}, \quad (4.4)$$

где $K_{Д}$ – коэффициент доплат до часового фонда, $K_{Д} = 1,1$ [17, 18].

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.4)

$$З_{Д} = 3782,4 \cdot 1,1 = 378,24 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на отчисления ЕСН выполним по формуле (4.5) [18]

$$O_{С} = (З_{О} + З_{Д}) \cdot K_{С}, \quad (4.5)$$

где $K_{С}$ – коэффициент доплат до часового фонда, $K_{С} = 0,26$ [17-18].

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.5)

$$O_{С} = (3782,4 + 378,24) \cdot 0,26 = 1081,76 \text{ руб.}$$

4.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования

Расчет затрат на содержание и эксплуатацию оборудования выполним по формуле (4.6)

$$P_{\text{сод.об}} = З_{О} \cdot K_{\text{об}}, \quad (4.6)$$

где $K_{\text{об}}$ – коэффициент, учитывающий расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, принимаем $K_{\text{об}} = 1,04$ [18].

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.6)

$$P_{\text{сод.об}} = 3782,4 \cdot 1,04 = 3933,69 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на общепроизводственные нужды выполним по формуле (4.7)

$$P_{opr} = Z_O \cdot K_{opr}, \quad (4.7)$$

где K_{opr} – коэффициент, учитывающий общепроизводственные расходы, принимаем $K_{opr} = 1,5$.

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.7)

$$P_{opr} = 3782,4 \cdot 1,5 = 5673,6 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на работу цеха (себестоимость цеховая) выполним по формуле (4.8)

$$C_{ц} = M + П_{II} + Z_O + Z_D + O_C + P_{соб.об} + P_{opr}. \quad (4.8)$$

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.8)

$$C_{ц} = 3806,63 + 8660,7 + 3782,4 + 378,24 + 1081,76 + 3933,69 + 5673,6 = 27317,03 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на общехозяйственных расходы выполним по формуле (4.9)

$$P_{охр} = Z_O \cdot K_{охр}, \quad (4.9)$$

где $K_{охр}$ – коэффициент, учитывающий общехозяйственные расходы, принимаем $K_{охр} = 1,6$.

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.9)

$$P_{охр} = 3806,63 \cdot 1,6 = 6051,84 \text{ руб.}$$

Расчет общих затрат выполним по формуле (4.10)

$$C_{ИР} = C_{ц} + P_{охр}. \quad (4.10)$$

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.10)

$$C_{ИР} = 27317,03 + 6051,84 = 33368,74 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на внепроизводственные нужды выполним по формуле (4.11)

$$P_{ВН} = C_{ПР} \cdot K_{внепр}, \quad (4.11)$$

где $K_{внепр}$ – коэффициент, учитывающий внепроизводственные расходы, принимаем $K_{внепр} = 0,05$.

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.11)

$$P_{ВН} = 33368,74 \cdot 0,05 = 1668,44 \text{ руб.}$$

4.4 Определение общих затрат на изготовление конструкции

Расчет общих затрат на изготовление конструкции стенда, покупку материалов, выплату денежных средств выполним по формуле (35)

$$C_{Общ} = C_{ПР} + P_{ВН}. \quad (4.12)$$

Выполняем подстановку ранее вычисленных значений в формулу (4.12)

$$C_{ПР} = 33368,74 + 1668,44 = 35037,18 \text{ руб.}$$

Таким образом, ориентировочная стоимость изготовления спроектированного стенда для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем составляет 35037,18 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленной целью, в рамках выполнения ВКР был спроектирован стенд для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

Во-первых, рассмотрены конструкции усилителей рулевого управления.

Во-вторых, разработаны техническое задание, техническое предложение на разрабатываемую конструкцию. В графической среде SolidWorks смоделирована 3D модель стенда.

В-третьих, рассмотрены конструктивные особенности исследуемого усилителя рулевого управления, определены параметры для оценки эксплуатационных характеристик ГУР, разработаны методические указания по работе на стенде.

В-четвертых, проведен расчет экономической эффективности проектируемой конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Епишкин, В.Е. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профиль «Автомобили и автомобильное хозяйство») / В.Е. Епишкин, И.В. Турбин. - Тольятти : ТГУ, 2018. – 199 с.

2 Амирджанова, И.Ю. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова – Тольятти : ТГУ, 2019, - 145 с.

3 Петин, Ю.П., Мураткин, Г.В., Андреева, Е.Е. Технологическое проектирование предприятий автомобильного транспорта / Ю. П. Петин, Г. В. Мураткин, Е. Е. Андреева ; Учебное пособие для студентов вузов. – М. : Тольятти: ТГУ, 2013. – 136 с.

4 Масуев, М.А. Проектирование предприятий автомобильного транспорта / М. А. Масуев ; - М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 224 с.

5 Малкин, В. С. Устройство и эксплуатация технологического оборудования предприятий автомобильного транспорта [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / В. С. Малкин ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Проектирование и эксплуатация автомобилей". - Тольятти : ТГУ, 2016. - 451 с.

6 ОНТП 01 - 91. Общесоюзные нормы технологического проектирования предприятий автомобильного транспорта. / Минавтотранс РСФСР. - М. : Гипроавтотранс РСФСР, 1986. – 75 с.

7 Ременцов, А. Н. Типаж и эксплуатация технологического оборудования : учеб. для студентов вузов, обуч. по направлению подготовки бакалавров "Эксплуатация транспортно-технол. машин и комплексов" / А. Н.

Ременцов, Ю. Г. Сапронов, С. Г. Соловьев. - Гриф УМО. - Москва : Академия, 2015. - 302, [1] с.

8 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя . В 3 т. Т. 3 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - Изд. 9-е, перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2006. - 927 с.

9 Технологический расчет предприятий автомобильного транспорта: Метод. указания / Сост. Петин Ю.П., Соломатин Н.С. - Тольятти: ТолПИ, 1991 -65 с.

10 Бурков, А. А. Проектирование оборудования и систем из него : учеб. пособие / А. А. Бурков, Е. Б. Щелкунов, И. П. Конченкова. - Комсомольск-на-Амуре : КНАГТУ, 2006 (Комсомольск-на-Амуре). - 92 с.

11 Детали машин : учеб. для вузов / Л. А. Андриенко [и др.] ; под ред. О. А. Ряховского. - 2-е изд., перераб. ; Гриф МО. - Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. - 519 с.

12 Дунаев, П. Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учеб. пособие для вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. - 11-е изд., стер. ; Гриф МО. - Москва : Академия, 2008. - 496 с.

13 Кузнецов, А. С. Малое предприятие автосервиса : организация, оснащение, эксплуатация / А. С. Кузнецов, Н. В. Белов. - Москва : Машиностроение, 1995. - 303 с.

14 Крамаренко, Г.В. Техническое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г.В. Крамаренко, И.В. Баринов. - М.: Транспорт, 1985. - 230 с.

15 Напольский, Г.М. Технологическое проектирование автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания / Г.М. Напольский - М.: Транспорт, 1991. - 320 с.

16 Живоглядов, Н.И. Методические указания к расчету технологического оборудования - Тольятти, ТолПИ, 1994 - 67с.

17 Анурьев, В.И. Справочник конструктора - машиностроителя: В 3-х т. Т.3 - 5-е изд. - М.: Машиностроение, 1980.

18 Охрана труда на предприятиях автомобильного транспорта : учеб. пособие для вузов / ТГУ ; сост. Л. Н. Горина. - Тольятти : ТГУ, 2003. - 139 с.

19 Маевская Е. Б. Экономика организации: учебник / Е. Б. Маевская. - Москва : ИНФРА-М, 2017. - 351 с.

20 Чумаков, Л. Л. Раздел выпускной квалификационной работы «Экономическая эффективность проекта». Уч.-методическое пособие с / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
Спецификация

Инв. № подл.	Изм./лист	№ докум.	Подп.	Дата	Инв. №	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Сплав. №	Перв. подмен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
											A4								
															<u>Документация</u>				
														19.БР.ПЭА.306.61.00.000.ПЗ	Пояснительная записка	1	53 стр.		
														19.БР.ПЭА.306.61.00.000.СБ	Сборочный чертеж	3			
															<u>Сборочные единицы</u>				
													1	19.БР.ПЭА.306.61.01.000	Гидроусилитель	1			
													2	19.БР.ПЭА.306.61.02.000	Шатун	2			
													3	19.БР.ПЭА.306.61.03.000	Монтажная плита	1			
													4	19.БР.ПЭА.306.61.04.000	Панель с манометрами	1			
													5	19.БР.ПЭА.306.61.05.000	Стойка подвески автомобиля	1			
													6	19.БР.ПЭА.306.61.06.000	Талреп	1			
													7	19.БР.ПЭА.306.61.07.000	Поворотный кулак	1			
													8	19.БР.ПЭА.306.61.08.000	Шаровая опора	1			
													9	19.БР.ПЭА.306.61.09.000	Нижний рычаг подвески	1			
													10	19.БР.ПЭА.306.61.10.000	Площадка с грузами	1			
							A1						11	19.БР.ПЭА.306.61.11.000	Привод	1			
													12	19.БР.ПЭА.306.61.12.000	Частотный регулятор	1			
															<u>Детали</u>				
													13	19.БР.ПЭА.306.61.00.013	Профиль	1			
													14	19.БР.ПЭА.306.61.00.014	Трос	1			
														19.БР.ПЭА.306.61.00.000					
														Стенд для исследования эксплуатационных характеристик рулевого управления с усилителем			Лист	Лист	Листов
																	1	2	
																	ТГУ, ИМ, зр. ЭТКДэ-1401а		
																	Формат А4		

Копировал

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Информация о документе						
												Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
								15 19.БР.ПЭА.306.61.00.015	Блок	1								
								16 19.БР.ПЭА.306.61.00.016	Профиль	1								
								17 19.БР.ПЭА.306.61.00.017	Профиль	1								
								18 19.БР.ПЭА.306.61.00.018	Бачок	1								
								19 19.БР.ПЭА.306.61.00.019	Крепление бачка	1								
								20 19.БР.ПЭА.306.61.00.020	Уголок	1								
								21 19.БР.ПЭА.306.61.00.021	Профиль	1								
								22 19.БР.ПЭА.306.61.00.022	Пластина для крепления стойки	1								
								23 19.БР.ПЭА.306.61.00.023	Втулка	1								
									Стандартные изделия									
								24	Дюбель-гвоздь 6x40 ТУ14-4-1731-92	9								
								25	Болт М12х120 ГОСТ 15589-70	1								
								26	Гайка М12-6Н ГОСТ 15523-70	1								
								27	Гайка шестигранная самостопорящаяся с фланцем М12х1,5 - 10 - ГОСТ Р ИСО 10513-2009	1								
								28	Гайка М8-6Н ГОСТ 15521-70	3								
								19.БР.ПЭА.306.61.00.000				Лист						
													2					

Копировал

Формат А4

		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. поимен.						<u>Документация</u>			
	A1				19.БР.ПЭА.306.61.11.00.000.СБ	Сборочный чертеж	1		
Слав. №						<u>Сборочные единицы</u>			
		1			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.000	Электродвигатель	1		
		2			19.БР.ПЭА.306.61.11.02.000	Насос шестеренчатый	1		
						<u>Детали</u>			
Подп. и дата		3			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.003	Швеллер №18	1		
		4			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.004	Пластина	1		
		5			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.005	Шкив насоса	1		
		6			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.006	Шкив электродвигателя	1		
		7			19.БР.ПЭА.306.61.11.01.007	Ремень поликлиновой	1		
Взам. инв. №						<u>Стандартные изделия</u>			
		8				Болт М12х40 (S18) ГОСТ 15589-70	2		
		9				Шайба С 12.37 ГОСТ 6958-78	2		
Подп. и дата		10				Гайка М12-6Н ГОСТ 15521-70	2		
					19.БР.ПЭА.306.61.11.000				
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Привод	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Чернов Д.В.					1	1	2
	Пров.	Епишкин В.Е.							
	Н.контр.	Егоров А.Г.					ТГУ, ИМ, зр. ЭТКДэ-1401а		
	Утв.	Бодоровский А.В.							
<i>Копировал</i>						<i>Формат А4</i>			

