

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)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему

Проектирование стенда для диагностики рулевых приводов

Студент

О.А. Ипатий

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

канд. техн. наук, доцент И.Р. Галиев

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

Консультанты

канд. техн. наук, доцент А.Н. Москалюк

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

д-р экон. наук, профессор Е.Г. Пипко

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

канд. пед. наук, доцент С.А. Гудкова

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

## Аннотация

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», была выполнена разработка конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.

Цель работы: разработка конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.

ВКР бакалавра включает в себя пять разделов.

В первом разделе рассмотрено назначение, общее устройство, конструктивные особенности рулевого управления.

Во втором разделе выполнена конструкторская разработка стенда для диагностики рулевых приводов.

В третьем разделе рассмотрен технологический процесс ТО-2 рулевого управления.

В четвертом разделе рассмотрена безопасность и экологичность стенда для диагностики рулевых приводов.

В пятом разделе определена экономическая эффективность спроектированной конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.

Выпускная квалификационная работа состоит из 71 страницы, и включает в себя 11 иллюстраций, 9 таблиц, 25 источников.

## **Abstract**

The topic of the given graduation work is: «The development of the stand for steering drives diagnostics».

According to statistics, about 43% of traffic accidents caused by technical malfunctions of a car are due to steering malfunctions.

Increased requirements apply to the strength of mechanisms that affect on car safety.

In practice, breakdowns could happen due to the destruction or loss of elastic properties of the car steering gear components, even when these are developed with a sufficient safety margin. Failures of components and parts of the steering linkage lead to a loss of controllability of the car and are associated with great material damage.

The aim of the work is to develop the stand for steering drives diagnostics.

The graduation work describes in details steering system construction and methods of its diagnosing.

The graduation work consists of 71 pages, including 11 illustrations, 9 tables and 38 sources of literature.

The key theme of diploma is the exploration of necessary operation characteristics and development of the stand for steering drives diagnostics.

The thesis of graduation project consists of 5 parts.

In the first part we analyze the function and construction features of steerage.

In the second part we develop the construction of a stand for steering drives diagnostics.

The third part deals with the technological process of the second maintenance work for steerage.

The fourth part describes the safety and ecological compatibility of the developed stand.

In the fifth part the economic efficiency of designed stand is confirmed.

The results of the work can be used at the service stations.

## Содержание

Введение.....	5
1 Рулевое управление.....	7
1.1 Назначение, общее устройство и работа рулевого управления .....	7
1.2 Конструктивные особенности рулевого управления автомобилей .....	11
2 Проектирование стенда для диагностики рулевых приводов .....	28
2.1 Нагрузка рулевого привода.....	28
2.2 Метод пробной нагрузки.....	29
2.3 Принцип работы разрабатываемого стенда .....	30
2.4 Расчет узлов и механизмов стенда .....	31
2.5 Устройство стенда.....	44
3 Технологический процесс .....	47
3.1 Требования, предъявляемые к рулевому управлению .....	47
3.2 Технологическая карта ТО-2 рулевого управления .....	50
4 Безопасность и экологичность стенда для диагностики рулевых приводов...	51
4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики стенда для диагностики рулевых приводов .....	51
4.2 Определение профессиональных рисков .....	52
4.3 Способы снижения профессиональных рисков .....	53
4.4 Пожарная безопасность стенда для диагностики рулевых приводов ....	56
4.5 Экологическая безопасность стенда для диагностики рулевых приводов .....	59
5 Расчет экономической эффективности стенда для диагностики рулевых приводов.....	61
5.1 Определение себестоимости изготовления .....	61
5.2 Определение затрат на выплату заработной платы.....	62
5.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования .....	64
5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.....	65
Заключение .....	67
Список используемой литературы и используемых источников.....	68
Приложение А Спецификация.....	71

## Введение

С момента изготовления первого автомобиля и по настоящее время для управления колесным транспортным средством необходимо обеспечить управление управляемыми колесами.

Во время движения автомобиля водитель управляет сцеплением, коробкой передач, системой тормозов и сигнализацией (звуковой и световой) периодически, а рулевым колесом непрерывно. Водитель должен постоянно и внимательно наблюдать за дорогой и приводить в действие рулевое управление, что связано с затратой физической силы. Таким образом, наиболее сложным и утомительным видом управления является рулевое. В отношении безопасности движения автомобиля рулевое управление – один из наиболее ответственных механизмов.

Рулевое управление является одной из основных систем автомобиля и вместе с тормозной системой определяет общий уровень безопасности автомобиля.

По данным статистики значительная часть дорожно-транспортных происшествий, вызванных техническими неисправностями автомобиля приходится на долю рулевого управления (они составляют около 43%).

К прочности механизмов, влияющих на безопасность движения, предъявляются повышенные требования при изготовлении и технических воздействиях в эксплуатации. Однако на практике наблюдаются отказы из-за разрушения или потери упругих свойств деталей рулевого привода автомобиля, конструктивно выполненных с достаточным запасом прочности. Поломки и отказы узлов и деталей рулевого привода приводят к потере управлением автомобиля и, как правило, сопряжены с большим материальным ущербом.

Анализ причин такого явления показывает, что разрушению деталей во всех случаях предшествовали скрытое развитие усталостных трещин или

структурные изменения в металле, так как места поломок имели ярко выраженные усталостные зоны.

Все это позволило предположить, что основная причина аварий из-за поломок деталей рулевого привода заключается в наличии усталостных трещин и структурных изменений при чрезмерно больших усилиях, возникающих в результате напряженных эксплуатационных режимах.

Применяемая в АТП визуальная оценка деталей на отсутствие трещин, деформаций и других признаков производится покачиванием рулевого колеса, автомобиля, стоящего на сухой площадке. Нагрузка рулевого привода при таком методе составляет 157 кгс, то есть почти в 6 раз меньше максимальной эксплуатационной нагрузки. Эта нагрузка (157 кгс) не создаёт условий для увеличения «зева» трещин до видимых глазом размеров или проявления других дефектов в деталях. Поэтому усталостные трещины в деталях не разбираемых при ТО-1 и ТО-2 (поворотные рычаги, вал рулевого механизма) даже при достижении значительных (40% и более площади сечения) размеров остаются не обнаруженными, проявляются во время движения автомобиля и иногда становятся причиной дорожно-транспортных происшествий. Выявление этих дефектов известными в технике методами дефектоскопии требуют полной разборки узлов и специальной подготовки узлов для контроля, что делает эти методы малоэффективными и трудоёмкими в условиях АТП.

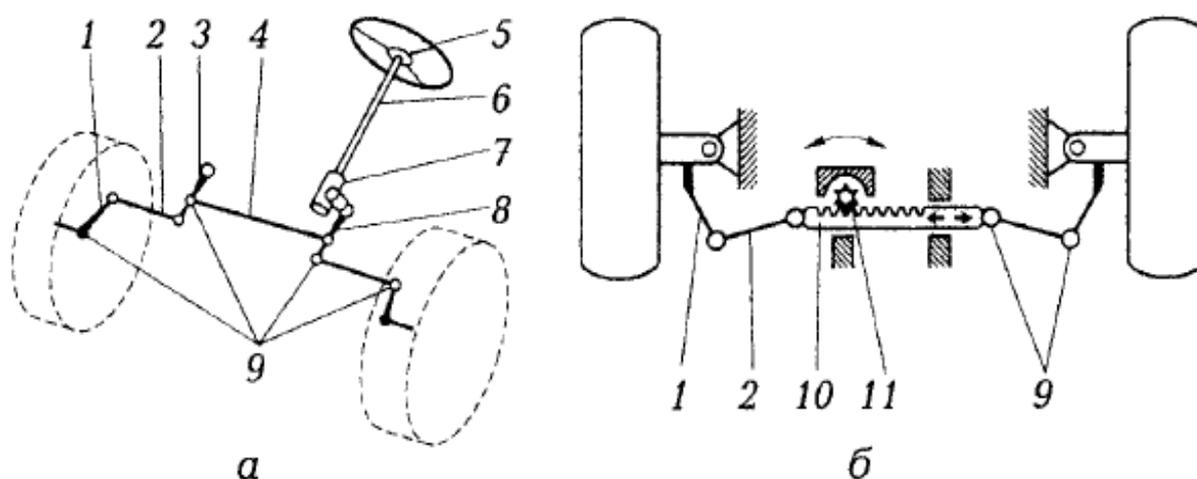
Целью работы является разработка конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.

# 1 Рулевое управление

## 1.1 Назначение, общее устройство и работа рулевого управления

Рулевое управление обеспечивает движение автомобиля в требуемом направлении путем поворота управляемых колес с помощью руля.

Общее устройство рулевого управления показано на рисунке 1. Рулевое управление состоит из рулевого колеса (руля) 5 (рисунок 1, а), рулевого вала 6, рулевого механизма 7 и рулевого привода – рулевой сошки 8, маятникового рычага 3, рулевых тяг 4 и 2 с шарнирами 9 и поворотных рычагов 1.



- а – с червячным рулевым механизмом; б – с реечным рулевым механизмом;  
1 – поворотный рычаг; 2 – боковая рулевая тяга; 3 – маятниковый рычаг;  
4 – средняя рулевая тяга; 5 – рулевое колесо (руль); 6 – рулевой вал; 7 – корпус механизма; 8 – рулевая сошка; 9 – шарниры рулевых тяг; 10 – зубчатая рейка;  
11 – шестерня

Рисунок 1 – Схемы рулевого управления

Руль 5 является органом управления, при помощи которого водитель задает автомобилю требуемое направление движения. Руль имеет в центральной части ступицу со шлицованным отверстием для крепления на конических шлицах рулевого вала с помощью гайки, навинчиваемой на

резьбовой хвостовик вала. Кольцевая часть руля соединяется со ступицей спицами, которые располагаются в нижней части руля для обеспечения хорошей обзорности панели приборов.

Руль должен иметь достаточную прочность, но в то же время обеспечивать максимальное смягчение удара о руль водителя в случае лобового удара автомобиля т.е. быть максимально травмобезопасным. Прочность руля обеспечивается его внутренним металлическим каркасом, а травмобезопасность руля обеспечивается упругостью его каркаса, утопленной относительно плоскости вращения руля ступицей и достаточно мягким пенополиуретановым покрытием каркаса, которое также способствует уменьшению скольжения рук водителя по поверхности руля. Для дополнительного повышения травмобезопасности на руле у автомобилей ИЖ-2126 и ГАЗ-3110 предусмотрено специальное энергопоглощающее устройство сильфонного типа в виде гофрированного цилиндра, который при ударе водителя о руль складывается, поглощая при этом часть энергии удара и смягчая тем самым силу его воздействия на человека. На ступице или спицах руля размещаются выключатели звукового сигнала.

Рулевой вал 6 (рисунок 1, а) соединяет установленный на нем руль с размещенным в моторном отсеке автомобиля рулевым механизмом 7. Для обеспечения поворотов рулевого вала вместе с рулем вал устанавливается на подшипниках в трубчатом корпусе, который крепится к кузову автомобиля с помощью кронштейна или скоб. Рулевой вал в сборе с деталями его крепления к кузову автомобиля называют рулевой колонкой.

Рулевая колонка размещается и крепится к кузову автомобиля внутри его салона. На современных автомобилях рулевая колонка выполняется травмобезопасной и может иметь специальное устройство для регулировки положения руля в целях повышения удобства управления автомобилем. Травмобезопасность рулевой колонки обеспечивается за счет конструкции рулевого вала, который выполняется составным и может иметь один или два карданных шарнира и эластичную муфту, а также за счет конструкции

креплений колонки, которые позволяют валу сложиться при сильном лобовом ударе автомобиля и тем самым предотвращают опасное выдвижение рулевой колонки внутрь салона.

Рулевой механизм служит для увеличения передаваемых на него от руля через рулевой вал усилий и передачи их на рулевой привод. Рулевой механизм снижает величину усилий, прилагаемых водителем к рулю при поворотах автомобиля, и одновременно уменьшает обратную передачу на руль колебаний от управляемых колес автомобиля при наезде их на неровности дороги. На изучаемых автомобилях применяются рулевые механизмы трех типов: червячно-роликовый, реечный и винтореечный. Червячно-роликовый рулевой механизм представляет собой редуктор, в картере которого размещены вал с глобоидным червяком и соединенный с ним роликом вал рулевой сошки. Вал червяка соединяется с рулевым валом, а вал сошки через жестко крепящуюся к нему на шлицах рулевую сошку соединяется с тягами рулевого привода. При повороте руля с рулевым валом происходит вращение червяка, а вместе с ним и установленного подвижно на оси на валу рулевой сошки ролика. При этом ролик, перемещаясь вдоль оси червяка, поворачивает вал вместе с установленной на нем рулевой сошкой. Рулевой механизм обеспечивает поворот рулевой сошки от ее среднего положения, соответствующего прямолинейному движению автомобиля, в обе стороны на одинаковой угол, составляющий примерно  $45...50^\circ$  (т.е. общий угол поворота рулевой сошки составляет примерно  $90...100^\circ$ ). Червячно-роликовый рулевой механизм компактен, прост в обслуживании и имеет достаточно высокий КПД, составляющий примерно 0,85 при передаче усилий от руля на управляемые колеса и примерно 0,7 – при обратной передаче усилий от управляемых колес на руль. Благодаря уменьшенному КПД при обратной передаче усилий от управляемых колес на руль рулевой механизм обеспечивает повышенное демпфирование колебаний, передаваемых на руль при наезде управляемых колес на неровности дороги. Червячно-роликовый рулевой механизм применяется в рулевом управлении

автомобилей ВАЗ с классической схемой компоновки и на полноприводных моделях, а также на автомобиле ГАЗ-3110.

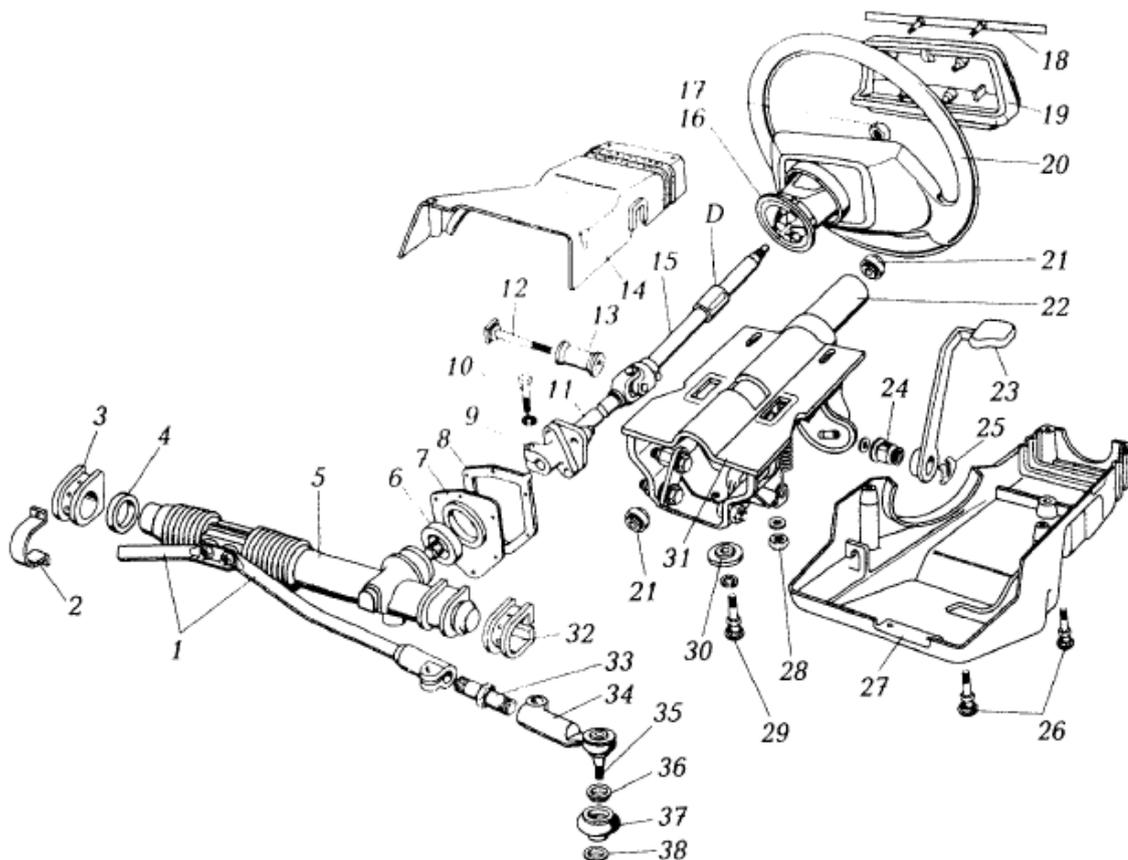
Реечный рулевой механизм состоит из размещенных в картере шестерни 11 (рисунок 1, б) и зубчатой рейки 10. Шестерня 11 соединена с рулевым валом, а рейка 10 – с тягами 2 рулевого привода. При повороте руля с рулевым валом происходит поворот шестерни 11 и перемещение зубчатой рейки, которая через детали рулевого привода поворачивает управляемые колеса. Реечный рулевой механизм отличается надежностью и практически не нуждается в обслуживании в течение всего периода эксплуатации. Кроме того, он позволяет использовать рулевой привод более простой конструкции с меньшим количеством шарниров и имеет очень высокий КПД, который может составлять 0,90...0,95. Однако из-за высокого КПД и такой же большой его величины при обратной передаче усилий от управляемых колес на руль реечный редуктор хуже демпфирует колебания, передаваемые на руль от управляемых колес при наезде их на неровности дороги. Реечный рулевой механизм применяется на переднеприводных автомобилях ВАЗ и на автомобиле ИЖ-2126. Винтореечный рулевой механизм представляет собой двухступенчатый редуктор, состоящий из двух работающих совместно передач. Передача первой ступени типа «винт – шариковая гайка» состоит из соединенного с рулевым валом винта и шариковой гайки, образуемой рейкой-поршнем с циркулирующими в его винтовой нарезке шариками. Передача второй ступени типа «рейка – зубчатый сектор» состоит из рейки-поршня с нарезанными на нем снаружи зубьями и вала сошки с нарезанным на нем зубчатым сектором. При поворотах рулем соединенного с ним рулевым валом винта рулевого механизма происходит поступательное перемещение по шарикам рейки-поршня, который своими зубьями поворачивает находящийся с ним в зацеплении своим зубчатым сектором вал сошки, воздействующей на детали рулевого привода. Винтореечные рулевые механизмы имеют достаточно высокий КПД, составляющий примерно 0,80...0,85 как при передаче усилия на управляемые колеса, так и при обратной передаче, и в то же время обеспечивает достаточно хорошее

демпфирование передаваемых на руль усилий при наездах управляемых колес на неровности дороги. Поэтому такие механизмы применяют в рулевых управлениях с гидроприводом. При этом рейка-поршень одновременно выполняет функцию поршня силового цилиндра двойного действия гидроусилителя. Винтореечный рулевой механизм применяется на автомобиле ГАЗ-3110 с гидроусилителем. Рулевой привод передает усилия от рулевого механизма на управляемые ведущие колеса, непосредственно осуществляя их поворот при повороте водителем руля. Рулевой привод автомобилей с червячным и винтореечным рулевыми механизмами состоит из рулевых тяг 2 и 4 (рисунок 1, а) с шарнирами 9 и маятниковым рычагом 3 и поворотных рычагов 1, образующих рулевую трапецию. Одним основанием рулевой трапеции является воображаемая ось передних управляемых колес, другим основанием – рулевые тяги 2 и 4, а боковыми ее сторонами являются поворотные рычаги 1 передних управляемых колес. Геометрические размеры образуемой деталями рулевого привода рулевой трапеции обеспечивают требуемые соотношения углов поворота управляемых колес при движении автомобиля на поворотах. Точность геометрических размеров рулевой трапеции в процессе эксплуатации автомобиля обеспечивается регулировкой длины боковых рулевых тяг 2, предусмотренной их конструкцией и осуществляемой при периодической регулировке углов установки передних управляемых колес (при регулировке углов их схождения). Рулевой привод автомобилей с реечным рулевым механизмом имеет более простую конструкцию (рисунок 1, б), без средней рулевой тяги, маятникового рычага и с меньшим количеством шарниров.

## **1.2 Конструктивные особенности рулевого управления автомобилей**

Рулевое управление автомобиля ВАЗ-2110 с регулируемой рулевой колонкой и реечным рулевым механизмом. Руль 20 (рисунок 2) вместе со

встроенным в него выключателем звукового сигнала крепится на конических шлицах на верхнем конце верхнего вала 15 гайкой 11, навинчиваемой на резьбовой хвостовик вала. Снаружи гайка 17 закрывается крышкой 19 на двух саморезах, закрываемых декоративной планкой 18.



- 1 – внутренние наконечники рулевых тяг; 2 – скоба; 3 – опора рулевого механизма правая;  
 4 – распорное кольцо; 5 – рулевой механизм; 6 – уплотнитель; 7 – упорная пластина  
 уплотнителя; 8 – прокладка пластины; 9 – нижний фланец эластичной муфты, 10 – болт  
 крепления фланца эластичной муфты к шестерне; 11 – промежуточный вал; 12 – стяжной  
 болт; 13 – распорная втулка; 14 – облицовочный кожух (верхняя часть); 15 – верхний вал;  
 16 – контактное кольцо выключателя звукового сигнала; 17 – гайка крепления руля;  
 18 – накладка крышки; 19 – крышка выключателя звукового сигнала; 20 – руль;  
 21 – подшипник вала; 22 – труба кронштейна; 23 – рычаг регулировки положения рулевой  
 колонки; 24 – регулировочная втулка; 25 – стопорное кольцо; 26 – винты;  
 27 – облицовочный кожух [нижняя часть]; 28 – гайка; 29 – болт с отрывной головкой;  
 30 – фиксирующая пластина; 31 – кронштейн крепления рулевой колонки; 32 – опора  
 рулевого механизма левая; 33 – регулировочная тяга; 34 – наружный наконечник рулевой  
 тяги; 35 – шаровой палец; 36 – пружинное кольцо; 37 – защитный чехол пальца;  
 38 – уплотнительное кольцо; D – паз под защелку противоугонного устройства замка  
 зажигания

Рисунок 2 – Детали рулевого управления VAZ-2110

Рулевой вал составной. Он состоит из верхнего и промежуточного валов 15 и 11, соединенных карданным шарниром. Верхний вал 15 устанавливается в трубе 22 кронштейна 31 на двух шариковых подшипниках 21, имеющих на внутренних кольцах эластичные втулки. На валу имеется специальный паз D под защелку противоугонного устройства замка зажигания, а на нижнем конце вала выполнен шлицевой хвостовик с кольцевой канавкой под стяжной болт крепления карданного шарнира промежуточного вала 11.

Промежуточный вал 11 имеет на верхнем конце карданный шарнир, наружная вилка которого с разрезным отверстием крепится к шлицевому хвостовику верхнего вала 15 стяжным болтом с гайкой. На нижнем конце промежуточного вала имеется фланец, к которому приклепана эластичная муфта с нижним фланцем 9. Вал 11 устанавливается разрезным отверстием фланца 9 на шлицеванный хвостовик шестерни рулевого механизма и крепится на нем стяжным болтом 10.

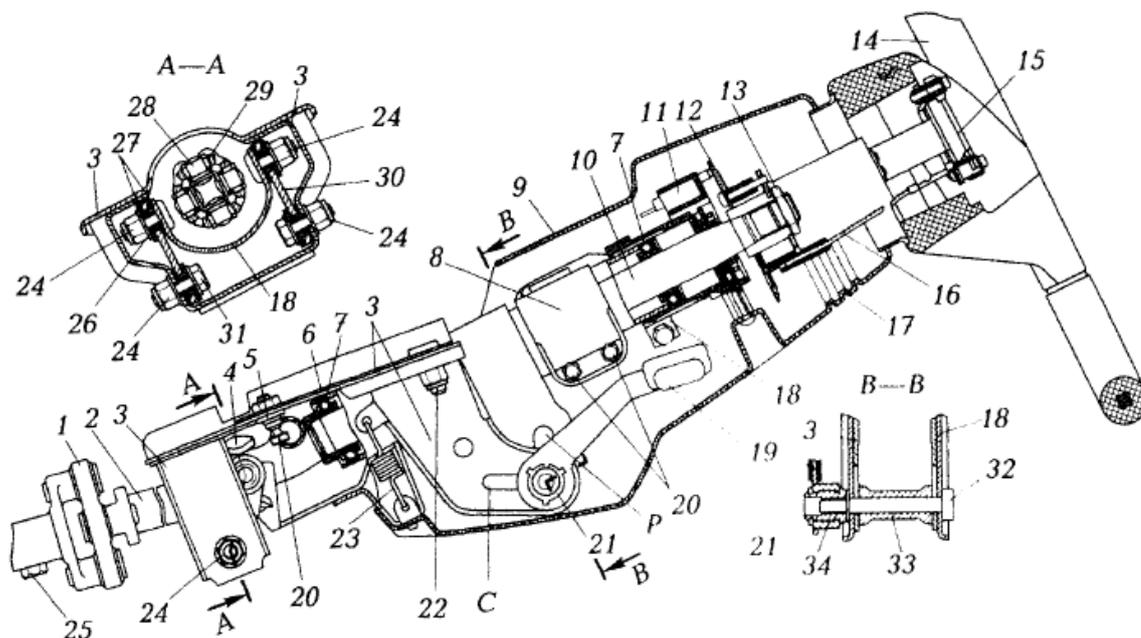
При сильном лобовом ударе автомобиля происходит разрушение эластичной муфты промежуточного вала и складывание валов 11 и 15 на карданном шарнире, что совместно с деформацией кронштейна 31 обеспечивает травмобезопасность рулевой колонки.

При сильном лобовом ударе автомобиля происходит разрушение эластичной муфты промежуточного вала и складывание валов 11 и 15 на карданном шарнире, что совместно с деформацией кронштейна 31 обеспечивает травмобезопасность рулевой колонки.

Кронштейн 31 крепления рулевой колонки имеет специальное шарнирное соединение с трубой 22, позволяющее трубе перемещаться в кронштейне 31 в осевом и радиальном направлениях, чем обеспечивается регулировка положения руля.

Для крепления к кронштейну 3 (рисунок 3) на его трубе 18 имеются два кронштейна, приваренных к ее передней и средней частям. Передний кронштейн трубы 18 крепится к кронштейну 3 на двух опорных пластинах

30. Каждая опорная пластина устанавливается верхним отверстием на приварном болте трубы на двух пластмассовых втулках 27 с распорной втулкой 26 и крепится гайкой 24. Нижним отверстием опорная пластина 30 крепится на таких же втулках к кронштейну 3 болтом 31 с гайкой 24. Благодаря распорным втулкам 26 опорные пластины 30 могут проворачиваться на пластмассовых втулках 27, что обеспечивает перемещение трубы 18 относительно кронштейна 3.



1 – эластичная муфта; 2 – промежуточный вал; 3 – кронштейн крепления рулевой колонки; 4 – карданный шарнир; 5 – фиксирующая пластина; 6 – приварной кронштейн кузова; 7 – подшипник вала; 8 – замок зажигания; 9 – облицовочный кожух (верхняя часть); 10 – верхний вал; 11 – подрулевой переключатель; 12 – контактное кольцо звукового сигнала; 13 – гайка крепления руля; 14 – руль; 15 – контактная пластина выключателя звукового сигнала; 16 – соединительный провод выключателя звукового сигнала; 17 – облицовочный кожух (нижняя часть); 18 – труба кронштейна; 19 – рычаг регулировки положения рулевой колонки; 20 – болты с отрывной головкой; 21 – стопорное кольцо; 22 – гайка крепления кронштейна; 23 – оттяжная пружина; 24 – гайки крепления опорной пластины; 25 – болт крепления фланца муфты; 26 – распорная втулка; 27 – пластмассовые втулки опорной пластины; 28 – крестовина карданного шарнира; 29 – игольчатый подшипник; 30 – опорная пластина; 31 – болт крепления опорной пластины; 32 – стяжной болт; 33 – распорная втулка болта; 34 – регулировочная втулка рычага; С и Р – овальные прорези в кронштейне и его трубе соответственно для регулировки положения рулевой колонки

Рисунок 3 – Рулевая колонка автомобиля ВАЗ-2110

Другой кронштейн трубы 18, выполненный в виде двух проушин с овальными прорезями Р крепится к кронштейну 3 стяжным болтом 32, вставляемым одновременно в прорези Р трубы 18 и прорези С кронштейна 3 через распорную втулку 33. Болт 32 имеет прямоугольную головку с выступом для фиксации в кронштейне 3 и затягивается навинчиваемой на него регулировочной втулкой 34 при помощи установленного на ее наружной шлицевой поверхности рычага 19 со стопорным кольцом 21.

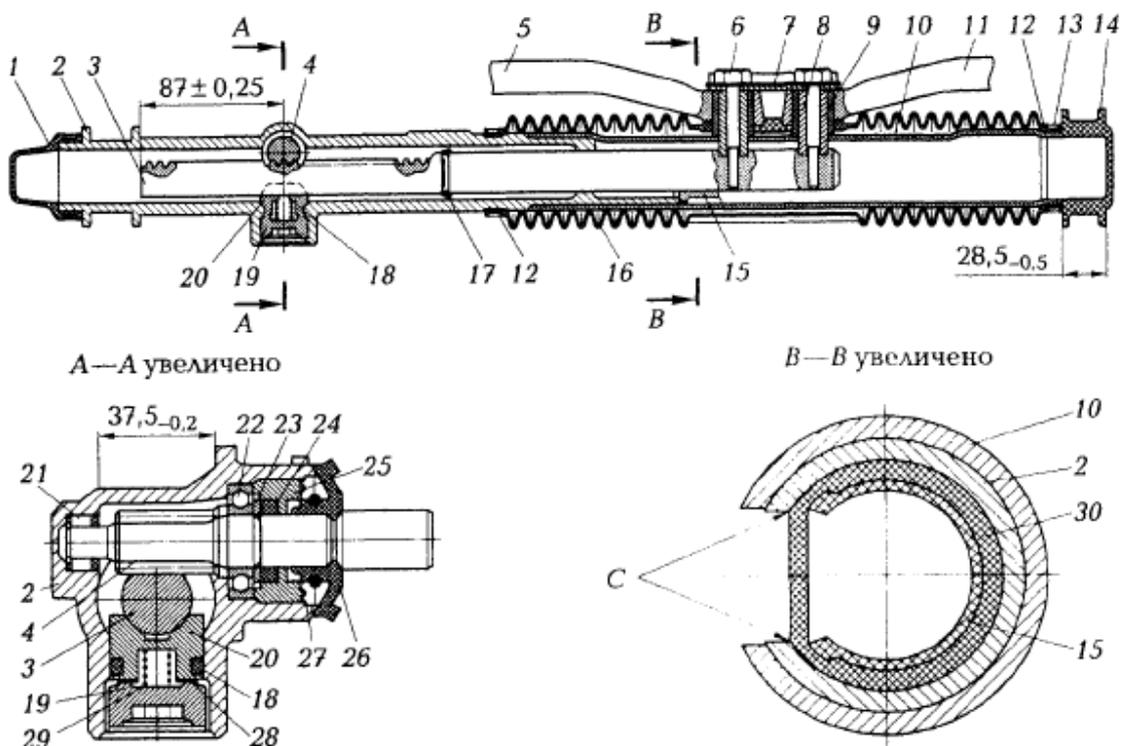
На трубе 18 кронштейна устанавливается замок 8 зажигания, который крепится двумя болтами 20 с отрывными головками (головки болтов отрываются при сильной их затяжке при сборке, чтобы предотвратить несанкционированное отворачивание болтов для освобождения руля в целях угона автомобиля), а также подрулевой переключатель 11.

Рулевая колонка, включающая в себя верхний и промежуточный валы 10 и 2 в сборе с кронштейном 3, устанавливается фланцем эластичной муфты 1 на шлицеванный хвостовик шестерни рулевого механизма и крепится к приварному кронштейну 6 кузова кронштейном 3 в четырех точках: сзади – двумя гайками 22 с шайбами на приварных болтах кронштейна 6, а спереди – двумя болтами 20 с отрывными головками с фиксирующими пластинами 5.

При сильном лобовом ударе автомобиля сравнительно мягкие края фиксирующих пластин отгибаются и проскакивают в широкие прямоугольные крепежные отверстия кронштейна 3 вместе с болтами 20. Это позволяет при складывании рулевого вала кронштейну рулевой колонки деформироваться таким образом, чтобы руль перемещался не назад в салон, а вверх и вперед, уменьшая тем самым вероятность травмирования водителя. После крепления рулевой колонки к кузову производится затяжка болта 25 фланца эластичной муфты.

Кронштейн 3 вместе с установленными на его трубе замком 8 зажигания и подрулевым переключателем 11 закрывается снаружи пластмассовым облицовочным кожухом, состоящим из верхней и нижней частей 9 и 17, Части кожуха соединяются друг с другом четырьмя винтами 26

(рисунок 3). Нижняя часть кожуха крепится двумя самонарезающими винтами к кронштейну 3 (рисунок 4) рулевой колонки и одним – к подрулевому переключателю 11.



1 – защитный колпак; 2 – картер; 3 – рейка; 4 – шестерня; 5 – внутренний наконечник рулевой тяги (левый); 6 – болт крепления наконечника; 7 – соединительная пластина; 8 – распорная втулка резинометаллического шарнира; 9 – резинометаллический шарнир; 10 – труба картера; 11 – внутренний наконечник рулевой тяги (правый); 12 – хомут; 13 – распорное кольцо; 14 – опора рулевого механизма правая; 15 – пластмассовая опорная втулка рейки; 16 – защитный чехол; 17 – ограничительное кольцо рейки; 18 – уплотнительное кольцо упора рейки; 19 – гайка упора рейки; 20 – упор рейки; 21 – роликовый подшипник; 22 – шариковый подшипник; 23 – стопорное кольцо подшипника; 24 – уплотнительное кольцо гайки; 25 – гайка крепления подшипника шестерни; 26 – пыльник шестерни; 27 – стопорная шайба гайки; 28 – стопорное кольцо; 29 – пружина; 30 – уплотнительное кольцо опорной втулки; С – место разреза уплотнительных колец после установки опорной втулки рейки в картер

Рисунок 4 – Рулевой механизм автомобиля ВАЗ-2110

Регулировка положения руля 14 осуществляется после освобождения затяжки болта 32 опусканием рычага 19 а нижнее положение. При этом за счет перемещения трубы 18 относительно кронштейна 3 с болтом 32 в

пределах овала прорези Р трубы осуществляется изменение наклона рулевого вала 10 с рулем 14 (выше – ниже). А за счет перемещения трубы 18 с болтом 32 в пределах овала прорези С в кронштейне 3 (при отпущенном болте 25 осуществляется осевое перемещение рулевого вала с рулем (далее – ближе). После регулировки выбранное положение руля фиксируется затяжкой болта 32 подниманием рычага 19 в верхнее положение, а после осевого перемещения вала с рулем производится также затяжка болта 25.

Две пружины 23 подтягивают трубу 18 кронштейна в верхнее положение, ограничивая ее свободное перемещение при нижнем положении рычага 19 (при отпущенном болте 32).

Рулевой механизм 5 (рисунок 3) крепится в моторном отсеке к щиту передка кузова двумя скобами 2 через резиновые опоры 3 четырьмя гайками, навинчиваемыми на приварные болты кронштейнов кузова.

Картер 2 (рисунок 5) рулевого механизма алюминиевый, закрыт с левого конца резиновым защитным колпаком 1. На правом конце картера напрессована стальная труба 10, закрываемая с торца правой резиновой опорой 14 рулевого механизма. В трубе и картере выполнено продольное отверстие для перемещения в нем распорных втулок 8 резинометаллических шарниров креплений рулевых тяг при перемещении рейки 3.

Для предотвращения попадания пыли и грязи в картер через это отверстие оно закрывается гофрированным защитным чехлом 16, крепящимся к картеру и его трубе пластмассовыми хомутами 12 одноразового использования.

Шестерня 4 с напрессованным на ее шейку шариковым подшипником 22, внутреннее кольцо которого зафиксировано на шестерне стопорным кольцом 23. а также с установленными на ней защитным кольцом (на рисунке 5 не обозначено) и уплотнительным кольцом 24, вставляется в картер 2 рулевого механизма передней шейкой в предварительно запрессованный в картере роликовый подшипник 21. При установке шестерни в картер ройка 3 должна занимать в картере среднее положение,

при котором ее торец располагается на расстоянии  $87\pm 0,25$  мм от оси шестерни, а лыска на хвостовике шестерни должна быть направлена в правую сторону. При установке шестерни ее шариковый подшипник запрессовывается своим наружным кольцом в картер до упора.

Шестерня фиксируется в картере гайкой 25 со внутренним восьмигранником для заворачивания ее в резьбовое отверстие картера специальным ключом. При заворачивании гайки 25 она прижимает наружное кольцо подшипника 22 к торцу картера. От отворачивания гайка 25 предохраняется устанавливаемым снаружи в отверстие картера стопорной шайбой 27. От попадания в картер пыли его отверстие закрывается пыльник 26, надеваемым снаружи на хвостовик шестерни 4. На пыльнике 26 имеется метка, которая при среднем положении рейки должна совпадать с ответной меткой на картере 2.

Наружный шлицованный хвостовик шестерни, выходящий из моторного отсека в салон, уплотняется уплотнителем 6 (рисунок 3) с его упорной пластиной 7, которая кренился к щитку передка кузова со стороны моторного отсека через прокладку 8 шестью самоконтрящимися гайками.

Рейка 3 (рисунок 5) устанавливается в картере в пластмассовой разрезной опорной втулке 15, обеспечивающей легкое скольжение гладкой цилиндрической поверхности рейки по внутренней поверхности втулки. Втулка устанавливается вместе с двумя уплотнительными резиновыми кольцами 30 в картер и фиксируются в нем своим кольцевым буртом, устанавливаемым и кольцевую выточку картера. После установки втулки 15 с уплотнительными кольцами 30 в картер части колец, перекрывающие продольное отверстие картера, удаляются путем срезания их в местах С.

Зубчатая поверхность рейки поджимается к шестерне 4 подпружиненным металлокерамическим упором 20 с уплотнительным кольцом 18 при помощи гайки 19 с внутренним стопорным кольцом 28. Гайка имеет внутренний восьмигранник для заворачивания в картер специальным ключом. После установки в картер упора 20 рейки с

уплотнительным кольцом 18, стопорного кольца 28 и пружины 29 гайку 19 заворачивают в картер моментом 11... 14 Н·м и отворачивают на два деления (нанесены на наружном торце гайки) для обеспечения небольшого зазора между упором и рейкой и момента прокручивания шестерни 4 в пределах 50...200 Н·см при частоте 30 мин<sup>-1</sup>. После чего гайку закернивают путем обмятия резьбы картера с двух противоположных сторон.

Поверхности устанавливаемых при сборке в картер рулевого механизма деталей смазываются смазкой ФИОЛ-1, которая заменяется только в случае его разборки при ремонте.

Защитный чехол 16 крепится при сборке новыми хомутами 12 таким образом, чтобы наружный торец распорного кольца 13 располагался на расстоянии 28,5<sub>-0,5</sub> мм от торца трубы 10 картера.

Рулевой привод состоит из двух составных рулевых тяг, а также двух шарнирно соединенных с тягами поворотных рычагов, которые приварены к телескопическим амортизаторным стойкам подвески. Левая и правая рулевые тяги имеют одинаковую конструкцию, но невзаимозаменяемые.

Каждая тяга состоит из внутреннего и наружного наконечников 1 (рисунок 3) и 34, соединяемых резьбовой регулировочной тягой 33 с шестигранником под ключ. Внутренние наконечники 5 (рисунок 5) и 11 рулевых тяг крепятся через запрессованные в их отверстия резинометаллические шарниры к рейке 3 рулевого механизма при помощи болтов 6 с соединительной 7 и стопорной пластинами. Стопорная пластина (на рисунке 5 не обозначена) после затяжки болтов 6 отгибается на грани их головки. Наружные наконечники 34 (рисунок 3) рулевых тяг при помощи размещенных в их головках неразборных шаровых шарниров крепятся к поворотным рычагам телескопических стоек при помощи гаек, навинчиваемых на резьбовые концы шаровых пальцев 35.

При регулировке длины рулевых тяг для обеспечения требуемых углов схождения передних управляемых колес регулировочные тяги 33, имеющие разное направление резьбы на концах, завинчиваются (при уменьшении

длины тяг) в разрезные резьбовые головки внутреннего и наружного наконечников тяги или вывинчиваются (при увеличении длины тяг) из них. При этом для надежного соединения наконечников необходимо обеспечить расстояние между внутренним торцом шестигранника регулировочной тяги 33 и торцом головки внутреннего наконечника в пределах 10,8...14,2 мм, а между наружным торцом шестигранника регулировочной тяги и торцом наружного наконечника – в пределах 10,6...16,3 мм. Фиксация регулировочной тяги 33 после регулировки осуществляется стяжкой разрезных головок наконечников тяг 1 и 34 с помощью болтов.

Рулевое управление автомобиля ГАЗ-3110 (рисунок 5) без гидроусилителя с червячно-роликовым рулевым механизмом типа «глобоидный червяк – трехгребневый ролик».

Руль 15 имеет энергопоглощающий элемент 12 сильфонного типа, через который он ступицей 10 крепится к рулевому валу 6 гайкой 11. Снаружи гайка 11 закрывается декоративной накладкой 16, которая устанавливается на рамке 17, крепящейся к каркасу руля четырьмя винтами. Энергопоглощающий элемент 12 заполнен внутри протовошумными поролоновыми вкладышами 14, а снаружи закрыт облицовочным кожухом 21, крепящимся к рулю четырьмя самонарезающими винтами. На руле установлены два выключателя звукового сигнала, крепящиеся к верхним его спицам с их тыльной стороны самонарезающими винтами.

Рулевой вал 6 размещается в трубе 2 рулевой колонки на двух шариковых подшипниках 1. Подшипники устанавливаются внутренними кольцами на вал 6 на полиуретановых втулках, компенсирующих отклонения размеров и снижающих шум, а наружными кольцами запрессовываются в трубу 2 с двух ее торцов до упора в имеющиеся на ней выштамповки. Фиксация подшипников на валу осуществляется стопорными кольцами с упорными шайбами. На нижнем конце вала выполнен поперечный паз под клин 32 крепления карданного шарнира, соединяющего рулевой вал с валом червяка рулевого механизма.



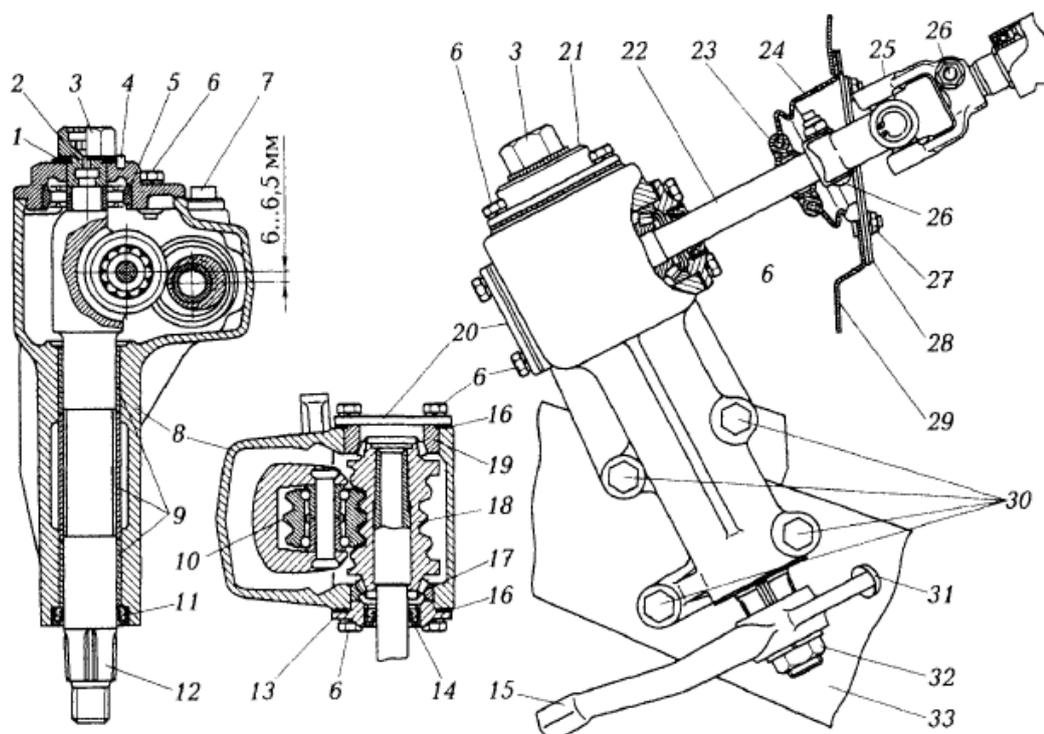
Установленные на трубе 2 рулевой колонки замок 23 зажигания и подрулевой переключатель 7 закрыты снаружи облицовочным кожухом, нижняя часть 22 которого соединяется с верхней частью 9 тремя самонарезающими винтами и крепится снизу двумя такими же винтами 8 к кронштейну 25 трубы и к подрулевому переключателю. Верхняя часть 9 кожуха также крепится винтом 8 сверху к подрулевому переключателю 7.

Карданный шарнир крепится вилками 27 к рулевому валу и валу червяка рулевого механизма клиньями 32 с гайками. Он имеет разборную конструкцию. Крестовина 29 шарнира запрессовывается игольчатыми подшипниками 30 в отверстия вилок 27 (аналогично карданным шарнирам трансмиссии) и фиксируется в них стопорными кольцами 28.

Рулевой механизм (рисунок 6) крепится к левому лонжерону 33 подмоторной рамы с наружной стороны четырьмя болтами 30 с гайками. При установке на автомобиль рулевой механизм с установленным на вал 22 червяка резиновым уплотнителем 24 вводится закрепленным на валу 22 карданным шарниром 25 в салон автомобиля через окно в щите 29 передка. Уплотнитель 24 зажимается между устанавливаемой из салона рамкой 28 и щитом 29 передка кузова при помощи четырех гаек 27, навинчиваемым на приварные болты щита.

Картер 8 рулевого механизма алюминиевый с тремя стальными крышками, каждая из которых крепится к картеру четырьмя болтами 6, заворачиваемыми в отверстия картера на герметике. Между нижней и верхней крышками 20 и 13 червяка и картером 8 размещаются регулировочные прокладки 16, обеспечивающие устранение осевого люфта червяка 18 и преднатяг его подшипников 17 и 19 при сборке и в процессе эксплуатации. При этом под верхней крышкой 13 устанавливается минимальное число прокладок, а регулировка преднатяга подшипников червяка в эксплуатации осуществляется без снятия рулевого механизма автомобиля путем необходимого уменьшения толщины пакета прокладок

нижней крышки 20 за счет уменьшения их количества. В верхнюю крышку 13 запрессовывается уплотнительная манжета 14 вала 22.



1 – стопорная шайба; 2 – регулировочный винт; 3 – колпачковая гайка; 4 – штифт;  
 5 – радиально-упорный роликовый подшипник; 6 – болты крепления крышек; 7 – пробка  
 маслоналивного отверстия; 8 – картер; 9 – бронзовые подшипниковые втулки;  
 10 – трехгребневый ролик вала сошки; 11 – уплотнительная манжета вала сошки; 12 – вал  
 сошки; 13 – верхняя крышка; 14 – уплотнительная манжета вала червяка; 15 – сошка;  
 16 – регулировочные прокладки; 17 – верхний подшипник червяка; 18 – червяк;  
 19 – нижний подшипник червяка; 20 – нижняя крышка; 21 – боковая крышка; 22 – вал  
 червяка; 23 – вкладыш уплотнителя; 24 – уплотнитель вала червяка; 25 – карданный  
 шарнир; 26 – клин; 27 - гайка крепления рамки; 28 – рамка уплотнителя; 29 – щит передка  
 кузова; 30 – болты крепления рулевого механизма; 31 – выступ – ограничитель поворота  
 сошки; 32 – гайка крепления сошки; 33 – левый лонжерон кузова

Рисунок 6 – Рулевой механизм автомобиля ГАЗ-3110 типа «червяк–ролик»

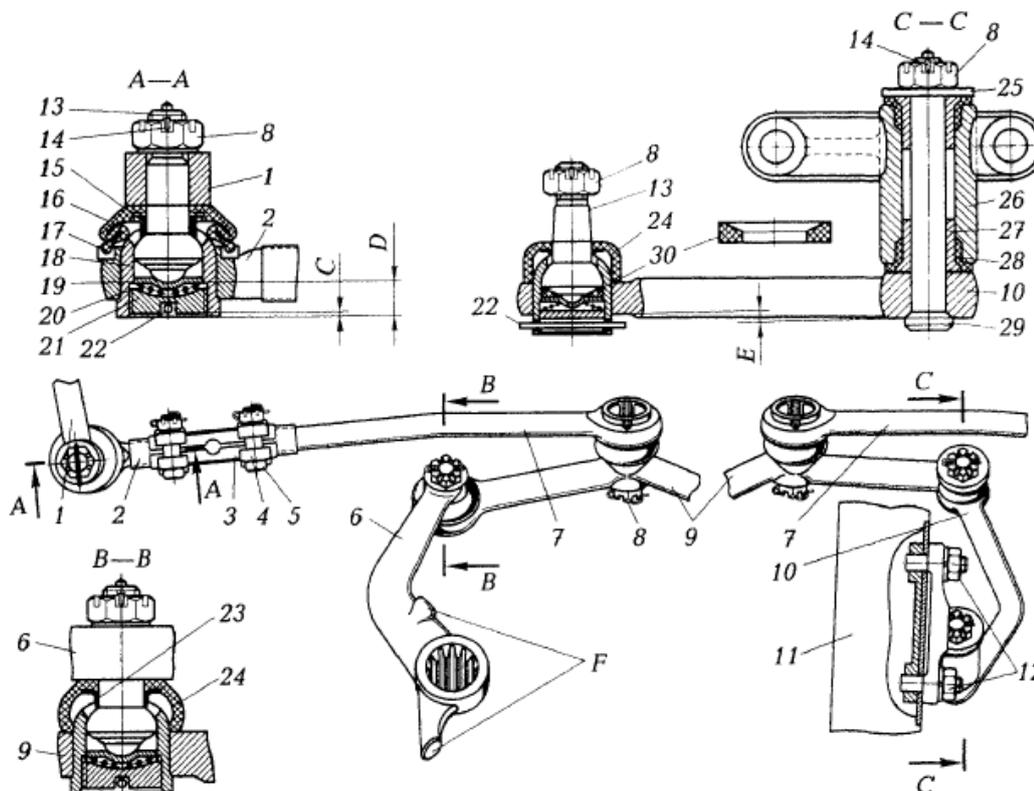
В боковой крышке 21 имеется маслоналивное резьбовое отверстие, закрываемое пробкой 7 с внутренним шестигранником под ключ, а также резьбовое отверстие под регулировочный винт 2 вала 12 сошки с роликом. В крышку запрессовывается наружным кольцом роликовый подшипник 5.

Червяк 18 вместе с надетым на него внутренним кольцом с роликами верхнего подшипника 17 устанавливается при сборке своим валом 22 через окно нижней крышки 20 в картер 8, предварительно подобранный с наружным кольцом верхнего подшипника 17 и верхней крышкой 13. После чего в картер устанавливается нижний подшипник 19 и крепится нижней крышкой 20 с регулировочными прокладками 16. После затяжки болтов крепления нижней крышки 20 момент прокручивания вала 22 червяка (преднатяг его подшипников) должен быть в пределах 4...8 даН·см (4...8 кгс·см) и регулируется изменением числа регулировочных прокладок 16, которые могут иметь толщину 0,25 и 0,12 мм.

Вал 12 сошки с роликом устанавливается в картер подобранным с регулировочным винтом 2 и боковой крышкой 21 с подшипником 5. После затяжки болтов 6 крепления крышки 21 производится регулировка зацепления ролика с червяком. Для этого регулировочный винт 2 заворачивается в крышку 21 до упора таким образом, чтобы момент прокручивания вала 22 червяка был в пределах 16... 25 даН·м (16...25 кгс·см). После регулировки на регулировочный винт 2 устанавливается специальная стопорная шайба 1 в форме звездочки с прокладкой. Стопорная шайба 1 входит выступом своей внутренней кромки в прорезь винта, а одной из впадин наружной кромки совмещается со штифтом 4 картера, чем обеспечивается фиксация винта 2 в крышке после наворачивания на него колпачковой гайки 3. Затем на вал 12 устанавливается сошка 15 и крепится на нем гайкой 32 моментом 10,5... 12 даН·м (10,5... 12кгс·м).

При сборке рулевого механизма в уплотнительные манжеты 11 и 14 закладывается смазка Литол-24, а остальные устанавливаемые в картер детали смазываются трансмиссионным маслом ТМ5-18 или «Омскойл СуперТ», которое затем заливается в картер рулевого механизма после установки его на автомобиль.

Рулевой привод (рисунок 7) состоит из сошки 6, маятникового рычага 10, рулевых тяг 7 и 9, поворотных рычагов 1 и соединяющих указанные детали шаровых шарниров.



1 – поворотный рычаг; 2 – наконечник боковой тяги; 3 – регулировочная муфта; 4 – стяжной хомут; 5 – болт хомута с гайкой; 6 – сошка; 7 – боковая рулевая тяга; 8 – прорезная гайка; 9 – средняя рулевая тяга; 10 – маятниковый рычаг; 11 – правый лонжерон кузова; 12 – болты крепления кронштейна маятникового рычага; 13 – шаровой палец; 14 – шплинт; 15 – распорная втулка; 16 – защитный чехол пальца; 17 – обойма чехла; 18 – корпус шарнира; 19 – опорная пятя пальца; 20 – пружина; 21 – резьбовая заглушка; 22 – шплинт заглушки; 23 – распорная втулка с буртиком; 24 – защитный колпачок пальца; 25 – шайба; 26 – кронштейн маятникового рычага; 27 – металлокерамическая втулка; 28 – резиновая уплотнительная втулка; 29 – палец; 30 – полиэтиленовый сухарь; А-А – разрез шарового шарнира боковой тяги и ее наконечника; В-В – разрез шарового шарнира средней тяги; С-С – разрез кронштейна и шарнира маятникового рычага; С и D – контрольные размеры, при  $C < 5,5$  мм (расстояние от торца корпуса до завернутой до упора заглушки) и при  $D < 16$  мм (расстояние от торца корпуса до опорной пятя) шарнир считается пригодным к дальнейшей эксплуатации; E – контрольный размер, при  $E = 1 \dots 4$  мм (расстояние между плоскостями головок маятникового рычага) маятниковый рычаг считается пригодным к дальнейшей эксплуатации; F – выступы – ограничители поворота сошки

Рисунок 7 – Рулевой привод автомобиля ГАЗ-3110

Рулевая сошка 6 имеет специальные выступы F, которые при максимальных поворотах руля упираются в лонжерон, ограничивая поворот сошки и соответственно поворот управляемых колес.

Маятниковый рычаг 10 напрессован на палец 29 (рисунок 7, сечение С–С), который вращается в металлокерамических втулках 27. Втулки 27 запрессованы в резиновые уплотнительные втулки 28 в кронштейне 26 и имеют несколько меньший диаметр посадочной цилиндрической поверхности по сравнению с диаметром отверстия кронштейна. Это обеспечивает правильную установку втулок 27 в кронштейне.

Палец 29 с рычагом 10 крепится в кронштейне прорезной гайкой, навинчиваемой на резьбовой конец пальца моментом 40...50Н·м и стопорящейся шплинтом 14. При этом торец одной втулки 27 прижимается к торцу маятникового рычага 10, а торец другой – к шайбе 25, которая поворачивается вместе с пальцем 29.

При сборке в кронштейн рычага закладывается графитная смазка УСсА. Кронштейн 26 маятникового рычага крепится к правому лонжерону 11 подмоторной рамы с наружной стороны двумя болтами 12. Средняя рулевая тяга 9 собирается с одним шаровым шарниром, палец которого крепится к рулевой сошке 6, и имеет три конусных отверстия под пальцы шарниров боковых рулевых тяг 7 и шарнира маятникового рычага.

Боковые рулевые тяги 7 составные, регулируемые по длине, имеют одинаковую конструкцию. Наружный наконечник 2 боковой тяги соединяется с ней разрезной резьбовой регулировочной муфтой 3 с хомутами 4 и крепится пальцем шарового шарнира к поворотному рычагу 1. Регулировка длины боковых тяг осуществляется поворотом муфты 3 в требуемом направлении при отпущенных стяжных болтах 5 хомутов.

Шаровые шарниры имеют разборную конструкцию и состоят в основном из унифицированных деталей. Каждый шарнир состоит из металлического корпуса 18 (рисунок 7, сечение А–А), в котором размещен шаровой палец 13, поджимаемый к корпусу резьбовой заглушкой 21 через

опорную пяту 19 с пружиной 20. Заглушка 21 стопорится в корпусе шарнира шплинтом 22. От попадания влаги и грязи внутрь шарнира на палец устанавливается резиновый защитный чехол 16 или колпачок 24.

Корпусы 18 шарниров имеют овальное отверстие под палец и запрессовываются в головке рулевых тяг таким образом, чтобы продольная ось овала совпадала с осью тяги, а у шарнира маятникового рычага располагалась поперек его оси.

Шарниры рулевых тяг и маятникового рычага невзаимозаменяемые так как имеют некоторые конструктивные различия. Четыре шарнира боковых тяг и их наконечников имеют гофрированный защитный чехол 16 с металлической обоймой 17, напрессовываемой на головку тяги 7 или ее наконечника 2. Кроме того, они имеют цилиндрическую распорную втулку 15. Шарнир средней рулевой тяги (рисунок 7, сечение В–В) имеет резиновый защитный колпачок 24 и распорную втулку 23 с буртиком, а шарнир маятникового рычага отличается от шарнира средней рулевой тяги наличием полиэтиленового сухаря 30, ограничивающего качание пальца в корпусе цилиндра.

При сборке в корпуса шарниров и их защитные чехлы или колпачки закладывается определенное количество смазки Литол-24.

## **2 Проектирование стенда для диагностики рулевых приводов**

### **2.1 Нагрузка рулевого привода**

По данным статистики, значительная часть дорожно-транспортных происшествий, вызванных техническими неисправностями автомобиля приходится на долю рулевого управления (они составляют около 43%).

К прочности механизмов, влияющих на безопасность движения, предъявляются повышенные требования при изготовлении и технических воздействиях в эксплуатации. Однако на практике наблюдаются отказы из-за разрушения или потери упругих свойств деталей рулевого привода автомобиля, конструктивно выполненных с достаточным запасом прочности. Поломки и отказы узлов и деталей рулевого привода приводят к потере управлением автомобиля и, как правило, сопряжены с большим материальным ущербом.

Анализ причин такого явления показывает, что разрушению деталей во всех случаях предшествовали скрытое развитие усталостных трещин или структурные изменения в металле, так как места поломок имели ярко выраженные усталостные зоны.

Все это позволило предположить, что основная причина аварий из-за поломок деталей рулевого привода заключается в наличии усталостных трещин и структурных изменений при чрезмерно больших усилиях, возникающих в результате напряженных эксплуатационных режимах.

Согласно данным испытаний, проведенных группой инженеров испытателей под руководством доктора технических наук В. Иларионова (МАДИ) по нагрузке рулевых приводов автомобилей ЗИЛ максимальное усилие, возникшее при эксплуатации, составляет 1050 кгс (повтором с торможением и езда по рыхлому грунту).

Применяемая в АТП визуальная оценка деталей на отсутствие трещин, деформаций и других признаков производится покачиванием рулевого

колеса, автомобиля, стоящего на сухой площадке. Нагрузка рулевого привода при таком методе составляет 157 кгс, то есть почти в 6 раз меньше максимальной эксплуатационной нагрузки. Эта нагрузка (157 кгс) не создаёт условий для увеличения «зева» трещин до видимых глазом размеров или проявления других дефектов в деталях. Поэтому усталостные трещины в деталях не разбираемых при ТО-1 и ТО-2 (поворотные рычаги, вал рулевого механизма) даже при достижении значительных (40% и более площади сечения) размеров остаются не обнаруженными, проявляются во время движения автомобиля и иногда становятся причиной дорожно-транспортных происшествий. Выявление этих дефектов известными в технике методами дефектоскопии требуют полной разборки узлов и специальной подготовки узлов для контроля, что делает эти методы малоэффективными и трудоёмкими в условиях АТП.

Метод контроля рулевых приводов пробным нагружением лишен этих недостатков.

## **2.2 Метод пробной нагрузки**

Сущность метода заключается в том, что если к рулевому управлению непосредственно на автомобиле приложить испытательную нагрузку, равную по величине максимальной эксплуатационной, то величина, вызванной его суммарной деформации служит диагностическим параметром. Наличие скрытых прочностных изменений в деталях, таких как трещины, снижение упругих свойств, разрушение резьбовых участков.

В методе используется известное в теории несущей способности деталей машин явление образования определённой пластической деформации материала в зоне развития разрушения. Для применяемых в рулевом управлении материалов с явно выраженными пластическими свойствами разрушению всегда предшествует деформация в макрообъёме, подчиняющаяся закономерности.

Чем больше этот объём, тем больше сопротивление отрыву и, наоборот, разделение детали на части при малом объёме сосредоточения пластической деформации происходит при меньшем разрушающем напряжении.

Эту качественную зависимость используем при определении величины деформации (изгиба) детали с трещиной при напряжении.

Величину пробной нагрузки принимаем равной 10500 Н. Эта нагрузка в эксплуатации встречается редко, но она возможна. Нагрузка 10600 Н является максимальной величиной для продольной устойчивости поперечной тяги.

### **2.3 Принцип работы разрабатываемого стенда**

Контроль рулевых приводов пробной нагрузкой осуществляется на стенде, имеющем гидравлическую силовую систему.

Передний мост автомобиля вывешивается подъёмником ГАРО-468 и закрепляется неподвижными упорами с фиксаторами. Рулевое колесо фиксируется специальным приспособлением к стойкам кабины автомобиля. Поочерёдно нажимая штоками гидроцилиндров на обод диска правого колеса, стремятся повернуть его вокруг оси шкворня по часовой стрелке и против нее, создавая знакопеременное напряжённое состояние во всей кинематической цепи рулевого привода. При помощи прибора измеряется деформация рулевого привода. Прибор представляет собой мерную линейку, прикреплённую к штоку гидроцилиндра, и неподвижного нониуса, закреплённого в обойме. Точность замера деформации – 0,05 мм. Разница суммарных деформаций (величин приращений) рулевого привода при напряжении в обе стороны в начале с нагрузкой  $P_{\min}=315$  кгс, а затем  $P_{\max}=1050$  кгс, является обобщающим диагностическим признаком прочностных изменений в деталях рулевого привода.

Минимальная испытательная нагрузка выбрана несколько большей, чем усилие полного сжатия пружин шаровых соединений – 300 кгс, она обеспечивает выбор всех узлов и устранение перемещений деталей в узлах.

В тех случаях, когда приращение суммарной деформации испытываемых рулевых приводов при пробной нагрузке оказывает больше, чем у исправных рулевых приборов, с помощью несложных мерных приспособлений (индикатор с креплением на продольной тяге и штангенциркуль на подставке) отыскивается место повышенной деформации.

Кроме того, метод предусматривает осмотр деталей привода с целью выявления раскрывающихся трещин. Величины раскрытия трещин при различных деформациях сводятся к графикам.

Метод также позволяет определять прогибы продольной и поперечной тяг, так как прогиб в виде остаточной деформации снижает управляемость автомобиля и безопасности движения в целом. Зависимость остаточных деформаций от пробной нагрузки также сводятся к графикам.

## 2.4 Расчет узлов и механизмов стенда

Применяемый гидроцилиндр представлен на рисунке 8.

Необходимое усилие давления на поршень с учётом КПД гидроцилиндра:

$$P_n = \frac{P_p}{\eta_r}, \quad (1)$$

где  $P_p$  – принятое максимальное усилие  $P_p = 10500$  Н;

$\eta_r$  – КПД гидроцилиндра,  $\eta_r = 0,955$ .

$$P_n = \frac{10500}{0,955} = 11000 \text{ Н.}$$

Площадь поршня:

$$F_n = \frac{\pi \cdot d_r^2}{4}, \quad (2)$$

где  $d$  – диаметр гидроцилиндра, принимаем  $d_r = 60$  мм .

$$F_n = \frac{3,14 \cdot 60^2}{4} = 28,27 \text{ см}^2 .$$

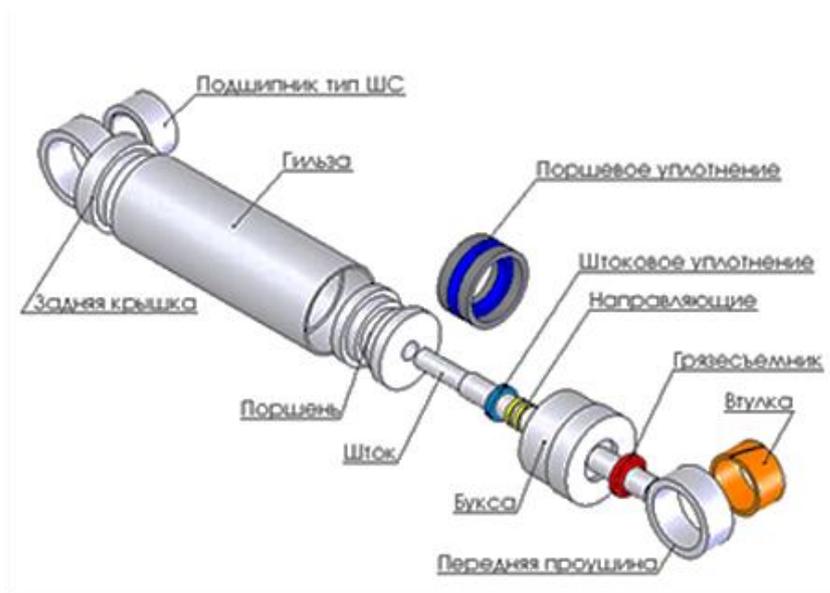


Рисунок 8 – Схема гидроцилиндра

Давление рабочей жидкости определяется по формуле (3):

$$\rho = \frac{P_{\Pi}}{F_{\Pi}}, \quad (3)$$

$$\rho = \frac{11000}{28,27} = 390 \text{ Н/см}^2 .$$

Необходимая производительность насоса определяется по формуле (4)

$$W_H = \frac{v_u \cdot F_{\Pi}}{\eta_o}, \quad (4)$$

где  $v_u$  – скорость передвижения штока, принимаем  $v_u = 5$  см/с,

$\eta_o$  – объемный КПД гидроцилиндра,  $\eta_o = 0,99$ .

$$W_H = \frac{5 \cdot 28,27}{0,99} \approx 143,6 \text{ см}^3 / \text{с}.$$

На основании полученных результатов производим подбор гидроцилиндра – принимаем гидроцилиндр П-60х80 МН 2255-61 с ходом штока  $h_{ш} = 80$  мм.

Расчёт насосной установки.

Принимаем к расчёту шестеренчатый насос, как наиболее простой и несложный в изготовлении и эксплуатации.

Определяем мощность двигателя, необходимую для привода насоса по формуле (5):

$$N_{дв.} = \frac{\rho \cdot Q_H}{1000 \cdot 100 \cdot \eta_H}, \quad (5)$$

где  $\eta_H$  – КПД шестерёнчатого насоса  $\eta_H = 0,92$ .

$$N_{дв.} = \frac{390 \cdot 143,6}{1000 \cdot 100 \cdot 0,92} = 0,6 \text{ кВт}$$

Подбираем двигатель по каталогу согласно ГОСТ 2479-65 АОЛ2-12 в исполнении МZ -100 со следующими техническими характеристиками:

- мощность .....  $N_{дв.} = 0,6$  кВт ;
- частота вращения вала.....  $n_{дв.} = 1000$  об/мин ;
- габариты..... 297x204x167мм.

Крутящий момент на валу двигателя определяется по формуле (6):

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega}, \quad (6)$$

где  $\omega$  – угловая скорость вращения вала двигателя формула (7):

$$\omega = \frac{\pi \cdot 1000}{30}, \quad (7)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 1000}{105} = 105 \text{ рад/с}.$$

$$M_{KP} = \frac{0,6 \cdot 10^3}{105} = 5,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Расчётный крутящий момент определяется по формуле (8):

$$M_{расч.} = K \cdot M_{KP}, \quad (8)$$

где  $K$  – коэффициент режима работы насосной установки  $K = 1,15$ .

$$M_{расч.} = 1,15 \cdot 5,7 = 6,55 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для соединения вала двигателя с валом насоса применяем, согласно МН 2896-64, муфту МУВП-18 с размерами:

- длина пальца  $\ell_{II} = 19$  мм;
- диаметр пальцев  $d = 10$  мм;
- количество пальцев  $Z = 4$  шт;
- допускаемый расчётный момент  $[M_{расч.}] = 31,4$  Н·м.

Проверяем пальцы на изгиб в соответствии с формулой (9):

$$\sigma_U = \frac{M_{расч.} \cdot \ell_{II}}{0,1 \cdot d^3_{II} \cdot D_1 \cdot Z}, \quad (9)$$

$$\sigma_U = \frac{6,55 \cdot 19 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 10^3 \cdot 58 \cdot 4} \approx 5,35 < [\sigma_u] = 80 \text{ Н/мм}^2.$$

Проверяем резиновые втулки на снятие определяется по формуле (10):

$$\sigma_{см} = \frac{2M_{расч.}}{D_1 \cdot Z \cdot d_{II} \cdot \ell_B}, \quad (10)$$

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 6,55 \cdot 10^3}{58 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 15} \approx 0,376 < [\sigma_{см}] = 2 \text{ Н/мм}^2.$$

Выбранная муфта удовлетворяет условию прочности.

Определяем диаметр вала насоса по формуле (11):

$$d_B \geq \sqrt[3]{\frac{M_{расч}}{0,2[\tau_k]}}, \quad (11)$$

где  $[\tau_k]$  – допускаемое напряжение на кручение, для Ст 45  
 $[\tau_k] = 20 \text{ Н/мм}^2$ .

$$d_B \geq \sqrt[3]{\frac{6,55 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 20}} \approx 12 \text{ мм}.$$

Принимаем диаметр вала насоса  $d_B = 18 \text{ мм}$ .

Принимаем количество зубьев шестерён  $Z=15$ ; модуль  $m = 5 \text{ мм}$ ; тогда необходимая ширина шестерен из условия необходимой производительности определяется по формуле (12):

$$v = \frac{Q_H \cdot 60}{3 \cdot \pi \cdot m^2 \cdot Z \cdot n_{дв}}, \quad (12)$$
$$v = \frac{143,6 \cdot 60}{3 \cdot 3,14 \cdot 5^2 \cdot 15 \cdot 1000} = 24,6 \text{ мм}.$$

Принимаем из нормального ряда  $v = 25 \text{ мм}$ .

Величина коррегирования шестерён определяется по формуле (13):

$$\xi = \frac{17 - Z}{17}, \quad (13)$$
$$\xi = \frac{17 - 15}{17} = 0,118.$$

Абсолютное смещение инструмента определяется по формуле (14):

$$X = \xi \cdot m, \quad (14)$$
$$X = 0,118 \cdot 5 = 0,59 \text{ мм}.$$

Диаметр делительной окружности определяется по формуле (15):

$$d_{до} = m \cdot Z, \quad (15)$$

$$d_{до} = 5 \cdot 15 = 75 \text{ мм.}$$

Выбранная муфта удовлетворяет условию прочности.

Диаметр окружности выступов ведущей шестерни определяется по формуле (16):

$$D_{c1} = d_{до} + 2m + 2X, \quad (16)$$

$$D_{c1} = 75 + 2 \cdot 5 + 2 \cdot 0,59 = 86,18 \text{ мм.}$$

Диаметр окружности выступов ведомые шестерни определяется по формуле (17):

$$D_{c2} = d_{до} + 2m - 2X, \quad (17)$$

$$D_{c2} = 75 + 2 \cdot 5 - 2 \cdot 0,59 = 83,82 \text{ мм.}$$

Межосевое расстояние определяется по формуле (18):

$$A = (u + 1) \cdot \sqrt[3]{\frac{\kappa \cdot M_{расч}}{\psi_a \cdot u \cdot \kappa_{II}}} \cdot \left( \frac{340}{[\sigma_k]} \right)^2, \quad (18)$$

где  $u$  – передаточное отношение зубчатой пары  $u = 1$ ;

$\kappa$  – коэффициент нагрузки, принимаем  $\kappa = 1,3$ ;

$\psi_a$  – коэффициент ширины обода колеса (формула 4.19);

$\kappa_{II}$  – коэффициент, учитывающий влияние суммарной длины контактных линий на повышение нагрузочной способности передачи,  $\kappa_{II} = 1$ ;

$[\sigma_k]$  – допускаемое контактное напряжение: с целью уменьшения инерционных сил, бесшумности передачи для шестерён применяем текстолит ПТМ-1 ГОСТ 5-72  $[\sigma_k] = 140 \text{ Н/мм}^2$ .

$$\psi_a = \frac{b}{m}, \quad (19)$$

$$\psi_a = \frac{25}{5} = 5.$$

Подставляем значения в формулу (18):

$$A = (1+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{1,3 \cdot 6,55 \cdot 10^3}{5 \cdot 1 \cdot 1}} \cdot \left(\frac{340}{140}\right)^2 \approx 81,92 \text{ мм}.$$

Межосевое расстояние принимается равным  $A = 82$  мм.

Определяем число циклов нагружения шестерён по формуле (20):

$$N_{\text{ц}} = 572,4 \cdot \omega \cdot T, \quad (20)$$

где  $T$  – срок службы в часах (формула 21):

$$T = T_{\text{см}} \cdot c \cdot D_p, \quad (21)$$

где  $T_{\text{см}}$  – продолжительность смены;  $T_{\text{см}} = 8$  час.

$c$  – количество смен, принимаем  $c = 2$ ;

$D_p$  – срок службы в днях, для 5 лет  $D_p = 1825$  дней.

$$T = 8 \cdot 2 \cdot 1825 = 29200 \text{ час}.$$

Подставляем значение в формулу (20):

$$N_{\text{ц}} = 572,4 \cdot 105 \cdot 29200 = 175 \cdot 10^7.$$

Допускаемое предельное напряжение определяется по формулам (22, 23):

$$[\sigma_{\text{кн}}] = 2,75 \cdot HB \cdot K_{\text{рк}}, \quad (22)$$

где  $HB$  – твердость по Бринеллю,  $HB$  для АГ – 4В составляет 140 единиц;

$K_{\text{рк}}$  – коэффициент режима нагрузки (формула 24).

$$[\tau_{\text{ин}}] = 0,8 \cdot \sigma_T, \quad (23)$$

где  $\sigma_T$  – предел текучести; АГ-4В,  $\sigma_T = 78,4 \text{ Н/мм}^2$ .

$$K_{pk} = \sqrt[3]{\frac{10^7}{N_u}}, \quad (24)$$

$$K_{pk} = \sqrt[6]{\frac{10^7}{128 \cdot 10^7}} \approx 0,78.$$

Подставляем значения в формулы (22, 23) и получаем:

$$[\sigma_{KH}] = 2,75 \cdot 140 \cdot 0,78 = 300 \text{ Н/мм}^2,$$

$$[\tau_{HH}] = 0,8 \cdot 78,4 = 62,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Окружная скорость ведущей шестерни определяется по формуле (25):

$$v_1 = \frac{\omega \cdot D_{c1}}{2 \cdot 1000}, \quad (25)$$

$$v_1 = \frac{105 \cdot 86,18}{2 \cdot 1000} \approx 4,5 \text{ м/с}.$$

Окружная скорость ведомой шестерни определяется по формуле (26):

$$v_2 = \frac{\omega \cdot D_{c2}}{2 \cdot 1000}, \quad (26)$$

$$v_2 = \frac{105 \cdot 83,82}{2 \cdot 1000} \approx 4,4 \text{ м/с}.$$

Принимаем 8-ю степень точности изготовления шестерён.

Уточненный коэффициент нагрузки в соответствии с формулой (27):

$$k' = k_d \cdot k_{KC}, \quad (27)$$

где  $k_d$  – коэффициент динамичности, принимаем  $k_d = 1,5$ ;

$k_{KC}$  – коэффициент концентрации нагрузки; при симметричном расположении,  $k_{KC} = 1$ .

$$k' = 1,5 \cdot 1 = 1,5.$$

Расчётное контактное напряжение определяется по формуле (28):

$$\sigma_K = \frac{340}{A} \sqrt{\frac{M_{расч} \cdot K' \cdot (1+u)^3}{\nu \cdot u \cdot K_{II}}}, \quad (28)$$

$$\sigma_K = \frac{340}{82} \sqrt{\frac{6,35 \cdot 10^3 \cdot 1,5 \cdot (1+1)^3}{25 \cdot 1 \cdot 1}} = 123 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_K = 123 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_K] = 140 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_K]_{II} = 300 \text{ Н/мм}^2.$$

Недогрузка по материалу определяется по формуле (29):

$$x = \frac{[\sigma_n] - \sigma_k}{[\sigma_n]} \cdot 100\%, \quad (29)$$

$$\sigma_K = \frac{140 - 123}{140} \cdot 100\% = 12\%.$$

Расчётные напряжения изгиба определяется по формуле (30):

$$\sigma_u = \frac{2M_{расч} \cdot K'}{\nu \cdot m^2 \cdot Z' \cdot y}, \quad (30)$$

где  $y$  – коэффициент формы зуба,  $y = 0,092$ .

$$\sigma_u = \frac{2 \cdot 6,55 \cdot 10^3 \cdot 1,5}{25 \cdot 5^2 \cdot 15 \cdot 0,092} \approx 22,8 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma_u = 22,8 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_u] = 60 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_u]_{II} = 62,5 \text{ Н/мм}^2.$$

Ведомая и ведущая шестерни отвечают условиям прочности.

С целью уменьшения трудоёмкости изготовления насоса по нормам МН 2096-60, выбираем насос НШ-30ГМ (рисунок 9) с межосевым расстоянием  $A = 82$  мм и заменяем его среднюю часть вместе с шестернями на вновь изготовленные детали.

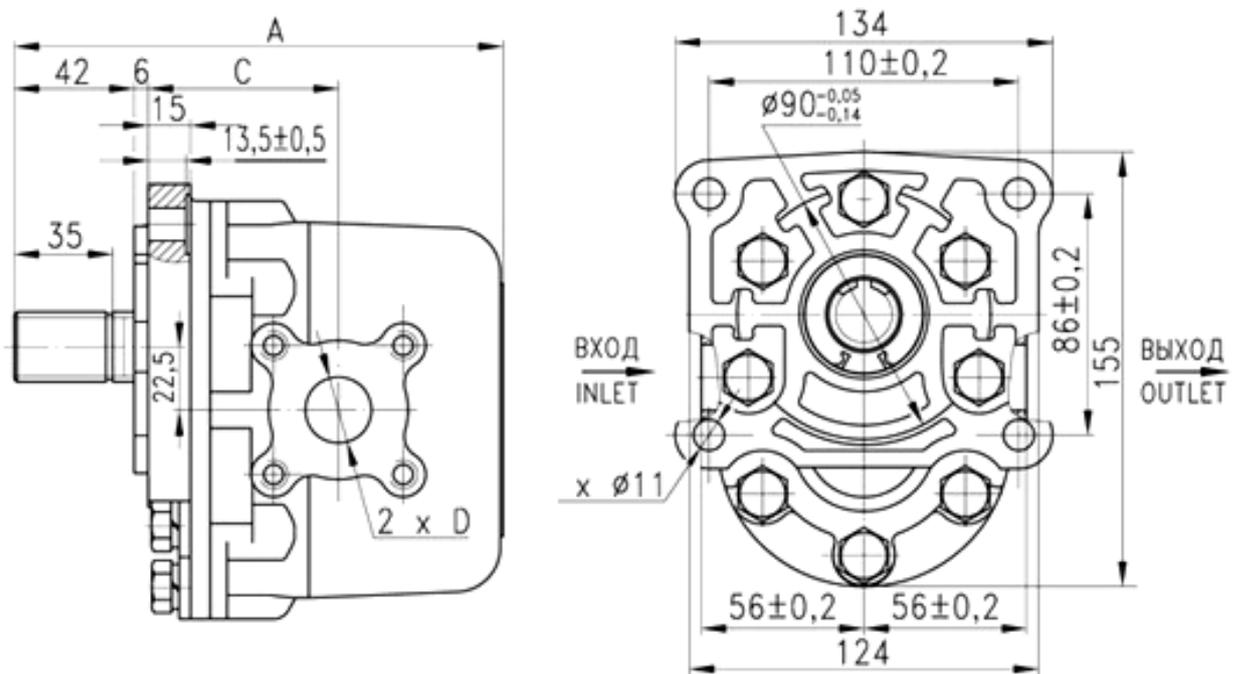


Рисунок 9 – Схема насоса НШ-30ГМ

Усилия, действующие в зацеплении равны:

а) окружное усилие:

$$P = \frac{2M_{расч}}{d_{гол}}, \quad (31)$$

$$P = \frac{2 \cdot 6,55 \cdot 10^3}{75} = 152 \text{ Н.}$$

б) радиальное усилие:

$$R = P \cdot \operatorname{tg} \lambda, \quad (32)$$

где  $\lambda$  – угол зацепления,  $\lambda = 26^\circ 39' 17''$ .

$$R = 152 \cdot 0,49 \approx 74,5 \text{ Н.}$$

Давление на опору, создаваемое радиальной силой R:

$$\rho = \frac{R}{F}, \quad (33)$$

где  $F$  – площадь опоры (формула 34):

$$F = d \cdot l \quad (34)$$

где  $d$  – диаметр вала насоса;  $d = 18$  мм ;

$l$  – длина подшипника  $l = 18$  мм.

$$F = 18 \cdot 18 = 324 \text{ мм}^2.$$

$$\rho = \frac{74,5}{324} \approx 0,23 \text{ Н/мм}^2.$$

Размеры  $l$  и  $d$  (наружный диаметр подшипника) приняты конструктивно по задней и промежуточной крышкам насоса НШ-30 ГМ МН2096-60.

Допускаемое удельное давление для Карно П-54МРТУ-05- 1032-66,  $[p] = 1,2 \text{ Н/м}^2$ , то есть:

$$p \leq [p] = 1,2 \text{ Н/м}^2 \quad (34)$$

Скорость скольжения вала (35):

$$v = \frac{\pi d \cdot n}{60 \cdot 1000}, \quad (35)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 18 \cdot 1000}{60 \cdot 1000} \approx 0,9 \text{ Н/с.}$$

Угловая скорость (36):

$$\omega = \frac{v}{r}, \quad (36)$$

где  $r$  – радиус вала,  $r = 9$  мм.

$$\omega = \frac{0,9}{0,009} = 100 \text{ Рад/с.}$$

Проверяем критерии (37):

$$\sqrt{p \cdot v^3} = \sqrt{0,23 \cdot 0,9^3} \approx 0,01 \leq \sqrt{p \cdot v^3} = 5, \quad (37)$$

т.е. подшипники относятся к легконагруженным.

Расчёт фундаментных болтов.

Схема нагружения фундаментных болтов представлена на рисунке 10.

При действии силы  $P_1$  фундаментные болты испытывают следующие нагрузки:

I болт – изгибающий момент  $M_u = P_1 \cdot \ell_1$  (пара сил  $P_1$  и  $P''_1$ )

II болт – изгибающий момент  $M_u = P_1 \cdot (\ell_5 + \ell_6)$ ; поперечную силу  $P'_1$ ;

III болт – крутящий момент;  $M_{кр} = P_1 \cdot \ell_3$ ; поперечную силу  $P'_1$ ;  
изгибающий момент  $P_1 \cdot \ell_4$

IV болт – крутящий момент  $P_1 \cdot (\ell_5 + \ell_6)$ ; поперечную силу  $P'_1$ ;  
изгибающий момент  $P_1 \cdot \ell_4$

Как видно из схемы приложения сил, наиболее нагруженными являются IV болт.

Крутящий момент, действующий на IV болт равен:

$$M_{кр} = P_1 \cdot \ell_3, \quad (38)$$

$$M_{кр} = 1050 \cdot 9,8 \cdot 300 \approx 308 \text{ кН} \cdot \text{мм.}$$

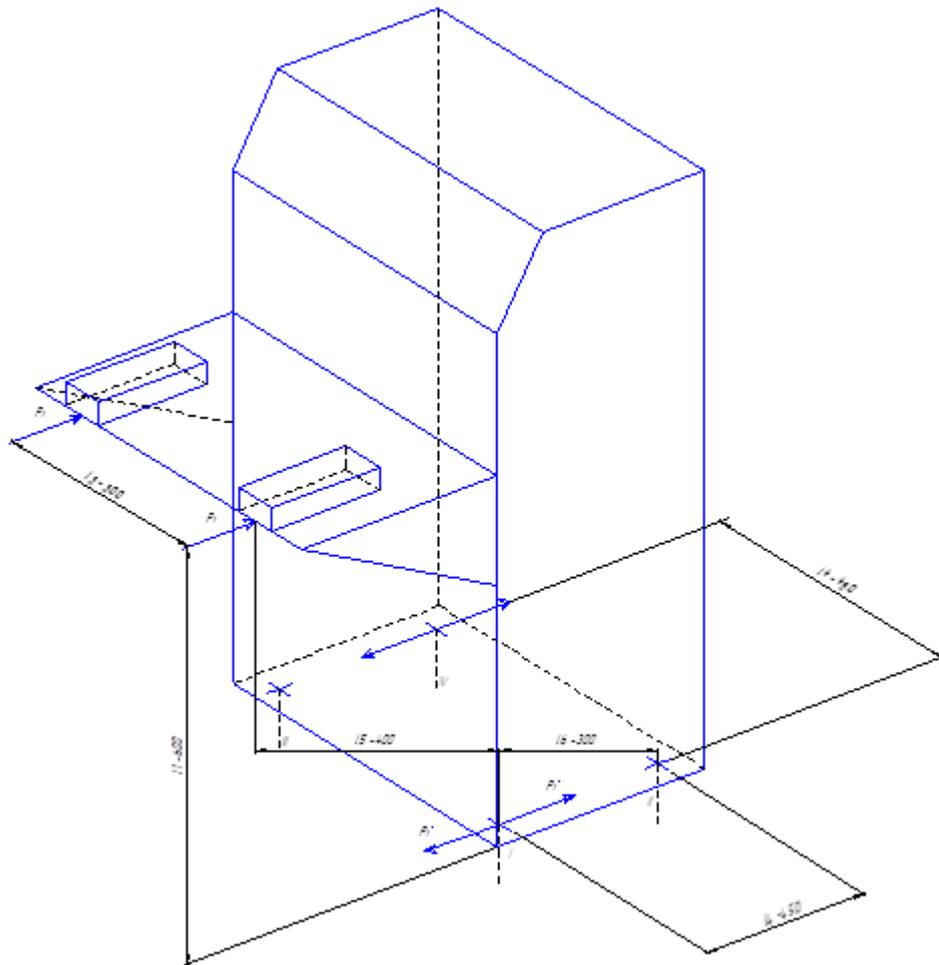


Рисунок 10 – Схема нагружения фундаментных болтов

Поперечная сила, действующая на болт IV:

$$P_1 = 1050 \cdot 9,8 \approx 10,3 \text{ кН.}$$

Изгибающий момент:

$$M_u = P_1 \cdot \ell_4,$$

$$M_u = 1050 \cdot 9,8 \cdot 450 \approx 464 \text{ кН} \cdot \text{мм.}$$

Допускаемая результирующее напряжение от поперечной силы и изгибающего момента для фундаментного болта ф-1 (Ст3)  $[\sigma_p] = 650 \text{ Н/мм}^2$ .

Напряжение изгиба:

$$\sigma_u = \frac{32 \cdot P_1 \cdot \ell_4}{\pi \cdot d_\phi^3}, \quad (39)$$
$$\sigma_u = \frac{32 \cdot 464 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 18^3} = 825 \text{ Н/мм}^2.$$

Определяем напряжение от поперечной силы:

$$\sigma_{cp} = \frac{P_1}{d_\phi \cdot t} = \frac{10,3 \cdot 10^3}{18 \cdot 14} \approx 409 \quad (40)$$

где  $t$  – толщина среза,  $t = 14$  мм.

$$\sigma_{cp} = \frac{10,3 \cdot 10^3}{18 \cdot 14} \approx 409 \text{ Н/мм}^2.$$

Результирующее напряжение изгиба и поперечной силы:

$$\sigma_p = \sqrt{\sigma_{cp}^2 + 3\sigma_u^2 \cdot K}, \quad (41)$$

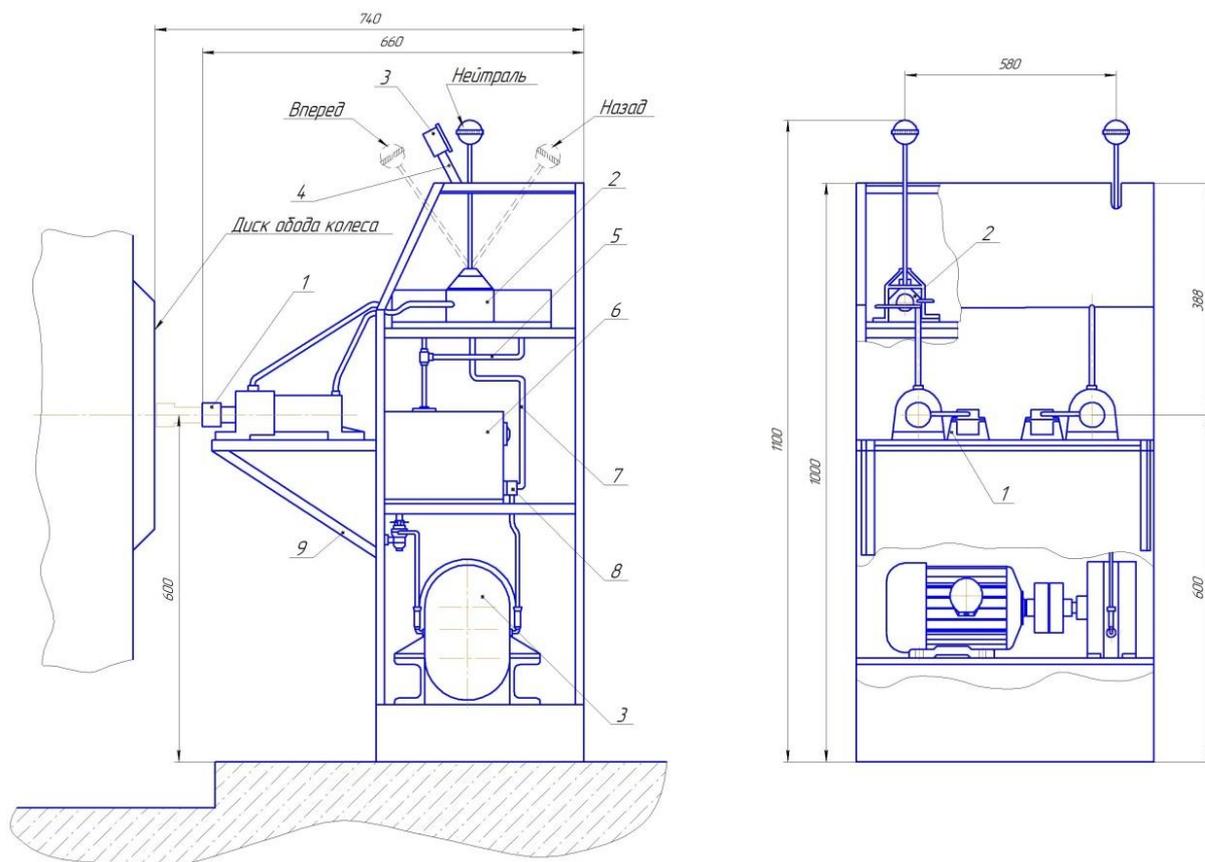
где  $K$  – коэффициент учитывающий влияние других болтов,  $K = 0,7$ .

$$\sigma_p = \sqrt{409^2 + 3 \cdot 825^2 \cdot 0,7} = 642,6 \text{ Н/мм}^2.$$

$$\sigma_p = 642,6 \text{ Н/мм}^2 \leq [\sigma_p] = 650 \text{ Н/мм}^2;$$

## 2.5 Устройство стенда

Стенд для диагностики рулевых приводов (рисунок 11) состоит из корпуса 9, насосной установки 3 и силового блока 1, измерительного устройства и блока управления 2.

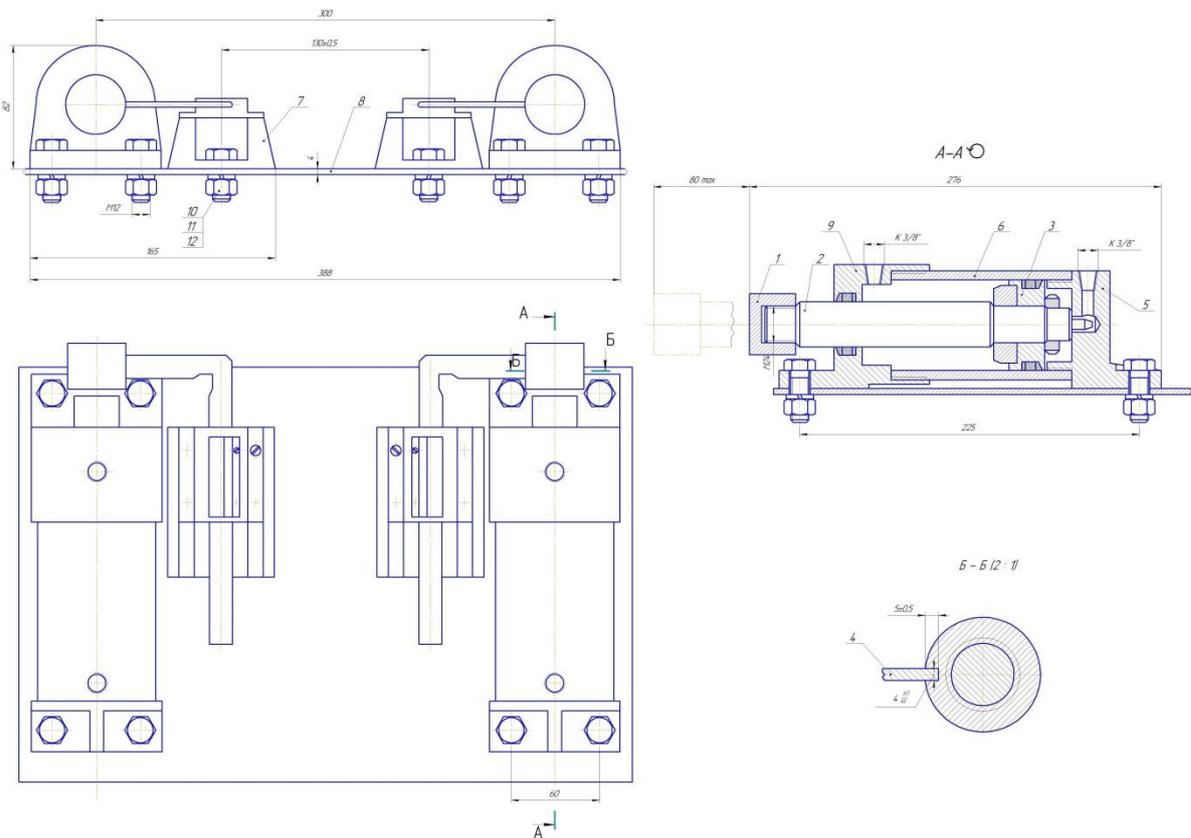


1 – блок силовой; 2 – блок управления; 3 – установка насосная; 4 – стойка манометра; 5 – сливной маслопровод; 6 – бак масляный; 7 – напорный маслопровод; 8 – клапан обратный; 9 – корпус

Рисунок 11 – Стенд для диагностики рулевых приводов

Корпус представляет собой сварную конструкцию, облицованную полистиролом; в передней части корпуса имеется рама, на которой крепится силовой блок с измерительным устройством.

Силовой блок (рисунок 12) состоит из двух гидроцилиндров. На конце каждого штока имеется втулка, к которой крепится линейка измерительного устройства, которое представляет собой конструкцию, состоящую из; линейки, неподвижного нониуса, обоймы нониуса. Измерительное устройство крепится к стойке с помощью винтов, которая в свою очередь крепится к раме с помощью двух болтов.



1 – упор; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – пластина; 5 – корпус задний; 6 – корпус; 7 – стойка;  
8 – пластина; 9 – корпус передний, 10, 11, 12 – метизы

Рисунок 12 – Блок силовой

Управление гидроцилиндрами осуществляется с помощью блока управления, состоящего из двух золотников. Привод золотника осуществляется рукояткой, соединенной через тягу, серьгу и стойку с выходным концом золотника.

В средней части корпуса смонтирован масляный бак, емкость 20 л. Из бака масло поступает в насос через фильтр, а из насоса к золотникам через обратный клапан и разгрузочное устройство.

### **3 Технологический процесс**

#### **3.1 Требования, предъявляемые к рулевому управлению**

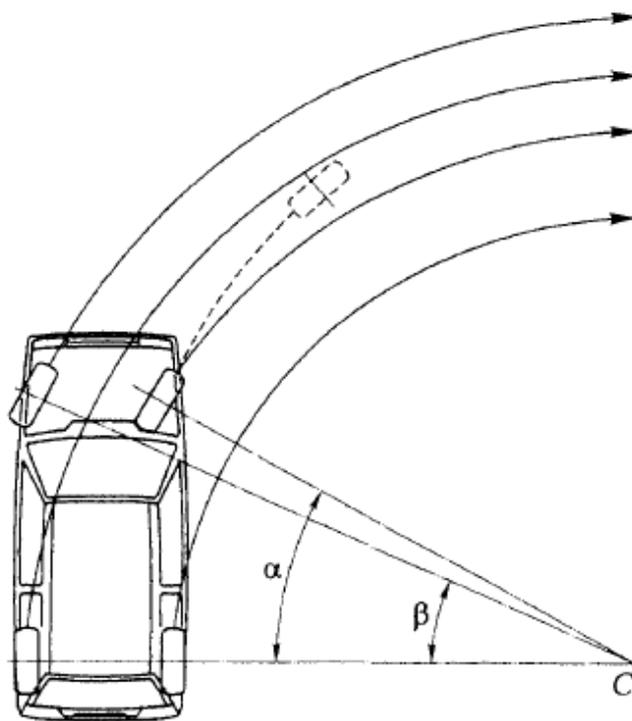
К рулевому управлению автомобиля предъявляются следующие требования:

- реагирование колес на самые малые повороты руля для обеспечения легкости управления автомобилем при его прямолинейном движении;
- малая величина усилия, которое нужно прикладывать водителю к рулю для поворота автомобиля для обеспечения легкости управления автомобилем при движении его на поворотах и маневрировании;
- высокая скорость поворота управляемых колес при вращении руля для обеспечения быстроты управления автомобилем в критических ситуациях;
- автоматический возврат колес и руля в положение прямолинейного движения автомобиля после его поворота для обеспечения его курсовой устойчивости;
- демпфирование колебаний, передаваемых от управляемых колес на руль при движении по неровной дороге, для обеспечения комфорта при управлении автомобилем;
- правильное соотношение углов поворота управляемых колес автомобиля при движении его на повороте для обеспечения минимального их бокового проскальзывания;
- травмобезопасность руля и рулевой колонки для обеспечения пассивной безопасности автомобиля. Реагирование колес на самые малые повороты руля, малая величина усилия на руле при поворотах автомобиля и высокая скорость поворота колес при вращении руля облегчают управление автомобилем и обеспечивают

его высокую активную безопасность.

Реагирование управляемых колес на малые повороты руля обеспечивается жесткостью конструкции рулевого управления и отсутствием люфтов (зазоров) в соединениях деталей рулевого вала, рулевого механизма и в шарнирах рулевого привода. Отсутствие люфтов в рулевом управлении определяют по люфту рулевого колеса, который у различных автомобилей может иметь различную величину, но должен быть не более  $10^\circ$  у легковых автомобилей. Величина усилия, которое необходимо приложить водителю к рулю для поворота автомобиля, зависит от передаточного числа рулевого управления (отношения угла поворота рулевого колеса к углу поворота управляемых колес), которое определяется передаточным числом рулевого механизма, а также геометрическими размерами рулевой трапеции. При увеличении передаточного числа рулевого управления усилие на руле уменьшается. Кроме того, на величину усилия на руле влияют нагрузка на переднюю управляемую ось автомобиля, радиус его поворота, конструкция передней подвески, а также размеры и состояние протектора шин. Однако при увеличении передаточного числа рулевого управления уменьшается скорость поворота управляемых колес при вращении руля, что снижает быстроту управления автомобилем. Поэтому для уменьшения усилий, прилагаемых водителем к рулю при управлении автомобилем, и одновременного уменьшения передаточного числа рулевого управления на некоторых автомобилях (в том числе на некоторых модификациях автомобиля ГАЗ-3110) применяют специальные рулевые усилители с гидравлическим или электрическим приводом. Рулевой усилитель таким образом обеспечивает легкость управления автомобилем, повышает его активную безопасность, а кроме того, демпфирует колебания, передаваемые на руль автомобиля при наезде его управляемых колес на неровности дороги. Автоматический возврат колес и руля в положение, соответствующее прямолинейному движению автомобиля, после его поворота обеспечивается стабилизацией его передних управляемых колес, как указывалось ранее. Для

обеспечения стабилизации передних управляемых колес конструкция рулевого управления должна иметь малое трение в механизмах и шарнирах т.е. обладать достаточно высоким КПД. Демпфирование колебаний, передаваемых от управляемых колес на руль автомобиля при его движении по неровной дороге, обеспечивается конструкцией рулевого механизма, применением рулевого усилителя, а также применением в конструкции рулевого управления резинометаллических шарниров, резиновых муфт, изолирующих прокладок и т. п. Для обеспечения качения колес автомобиля при его повороте с минимальным боковым проскальзыванием в соответствии с условием Аккермана необходимо, чтобы продолжения осей его левого и правого управляемых колес пересекались с продолжением оси его задних колес в одной точке  $C$  (рисунок 12), называемой центром поворота автомобиля.



$\alpha$  – угол поворота внутреннего колеса;  $\beta$  – угол поворота внешнего колеса;  
 $C$  – центр поворота

Рисунок 12 – Схема поворота автомобиля

При повороте автомобиля каждое его колесо движется по дуге со своим собственным радиусом. При этом внешнее управляемое колесо при повороте движется по дуге большего радиуса, чем внутреннее колесо и, следовательно, оно должно поворачиваться при повороте автомобиля на меньший угол, чем внутреннее. При одинаковых углах поворота управляемых колес внутреннее колесо стремилось бы двигаться по дуге большего радиуса (штриховое изображение на рисунке 2), что привело бы к повышенному его боковому проскальзыванию, а при более высокой скорости движения автомобиля – к более раннему сносу (боковому скольжению) обоих передних колес и к потере автомобилем управляемости и устойчивости.

Соотношение углов поворота внешнего и внутреннего управляемых колес автомобиля при его повороте зависит от радиуса поворота. Требуемые величины соотношения углов поворота управляемых колес при поворотах автомобиля обеспечиваются геометрическими размерами его рулевой трапеции и зависят от правильности регулировки длины боковых рулевых тяг при регулировке углов схождения колес. Только при правильной регулировке углов схождения колес могут быть обеспечены требуемые соотношения углов поворота управляемых колес при поворотах автомобиля и соответственно обеспечены наибольшая его устойчивость и управляемость на поворотах, а также наименьший расход топлива и износ шин.

Травмобезопасность руля и рулевой колонки обеспечивается их конструкцией.

### **3.2 Технологическая карта ТО-2 рулевого управления**

Технологическая карта представлена на листе 6 графической части ВКР. Общая трудоемкость составляет 1,13 чел.-ч. Исполнителем является слесарь по ремонту автомобилей 3-го разряда.

## 4 Безопасность и экологичность стенда для диагностики рулевых приводов

### 4.1 Конструктивно-технологическая и организационно техническая характеристики стенда для диагностики рулевых приводов

Паспорт безопасности предназначен для обеспечения потребителя достоверной информацией по безопасности применения, хранения, транспортирования и утилизации материалов, изделий, устройств а также их использования в бытовых целях.

Паспорт безопасности должен содержать изложенную в доступной и краткой форме достоверную информацию, достаточную для принятия потребителем необходимых мер по обеспечению защиты здоровья людей и их безопасности на рабочем месте, охране окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла вещества, в том числе утилизацию.

В таблице 1 представлен паспорт безопасности на стенд для диагностики рулевых приводов.

Таблица 1 – Паспорт безопасности на стенд для диагностики рулевых приводов

Технологический процесс	Наименование и содержание операций и переходов	Должность работника, выполняющего операцию, процесс, согласно Приказа Росстандарта от 12.12.2014 N 2020-ст	Оборудование и приспособления	Перечень веществ и материалов, используемых при выполнении технологического процесса
1	2	3	4	5
Диагностика рулевого управления	1 Вывесить передний мост автомобиля и закрепить неподвижными упорами с фиксаторами. 2 Зафиксировать рулевое колесо специальным приспособлением к стойкам кабины	Слесарь по ремонту автомобилей 4 разряда	Стенд для диагностики рулевых приводов, мерная линейка	Перчатки, защитные очки

#### Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5
	3 Используя блок управления стенда поочередно нажимая штоками гидроцилиндра на обод правого колеса создать знакопеременное напряженное состояние во всей кинематической цепи рулевого привода 4 Измерить деформацию рулевого привода			

#### 4.2 Определение профессиональных рисков

Определение профессиональных рисков подразумевает под собой процедуру обнаружения, выявления опасных и вредных производственных факторов и установления их временных, количественных и других характеристик, в целях выработки пакета предупреждающих мероприятий для обеспечения безопасности труда.

Сводная информация по идентификации профессиональных рисков при использовании стенда для диагностики рулевых приводов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Идентификация профессиональных рисков

Наименование выполняемых работ	Наименование О и ВПФ согласно ГОСТ 12.0.003-2015	Источник происхождения О и ВПФ
1	2	3
1 Вывесить передний мост автомобиля и закрепить неподвижными упорами с фиксаторами	Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего	Автомобиль, подъемник
	Острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования	

## Продолжение таблицы 2

1	2	3
2 Зафиксировать рулевое колесо специальным приспособлением к стойкам кабины	Статические нагрузки, связанные с рабочей позой	Процесс фиксации рулевого колеса
3 Используя блок управления стенда поочередно нажимая штоками гидроцилиндра на обод правого колеса создать знакопеременное напряженное состояние во всей кинематической цепи рулевого привода	Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Силовое устройство
	Монотонность труда, вызывающая монотонию. Напряжение зрительных анализаторов	Процесс диагностики рулевого управления
4 Измерить деформацию рулевого привода	Монотонность труда, вызывающая монотонию. Напряжение зрительных анализаторов	Процесс диагностики рулевого управления

### 4.3 Способы снижения профессиональных рисков

Работодатель обязан ежегодно обеспечивать реализацию мероприятий, направленных на улучшение условий труда, в том числе разработанных по результатам специальной оценки условий труда и оценки профессиональных рисков, и направлять на эти цели, согласно ст. 226 Трудового кодекса РФ, не менее 0,2 % суммы затрат на производство продукции (работ, услуг).

Типовой перечень мероприятий по улучшению условий и охраны труда и снижению уровней профессиональных рисков (далее – Перечень) утвержден Приказом Минздравсоцразвития России от 01.03.2012 № 181н (в ред. от 16.06.2014).

Основные мероприятия, включаемые в Перечень:

а) Проведение специальной оценки условий труда (далее – СОУТ).

СОУТ позволяет оценить условия труда на рабочих местах и выявить вредные и (или) опасные производственные факторы и тем самым выполнить некоторые обязанности работодателя, предусмотренные Трудовым кодексом РФ:

- информировать работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, предоставляемых им гарантиях, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты;
  - разработать и реализовать мероприятия по приведению условий труда в соответствие с государственными нормативными требованиями охраны труда;
  - установить работникам компенсации за работу с вредными и (или) опасными условиями труда.
- б) Обеспечение работников, занятых на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, производимых в особых температурных и климатических условиях или связанных с загрязнением, средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами.
- в) Организация обучения и проверки знаний по охране труда работников.
- г) Проведение обязательных медицинских осмотров и психиатрических освидетельствований.
- д) Устройство новых и (или) модернизация имеющихся средств коллективной защиты работников от воздействия опасных и вредных производственных факторов.
- е) Приведение уровней естественного и искусственного освещения на рабочих местах, в бытовых помещениях, местах прохода работников в соответствие с действующими нормами.
- ж) Устройство новых и (или) реконструкция имеющихся мест организованного отдыха, помещений и комнат релаксации, психологической разгрузки, мест обогрева работников, а также укрытий от солнечных лучей и атмосферных осадков при работах на открытом воздухе; расширение, реконструкция и оснащение санитарно-бытовых помещений.

- з) Обеспечение хранения средств индивидуальной защиты, а также ухода за ними (своевременная химчистка, стирка, дегазация, дезактивация, дезинфекция, обезвреживание, обеспыливание, сушка), проведение ремонта и замена СИЗ.
- и) Приобретение стендов, тренажеров, наглядных материалов, научно-технической литературы для проведения инструктажей по охране труда, обучения безопасным приемам и методам выполнения работ, оснащение кабинетов (учебных классов) по охране труда компьютерами, теле-, видео-, аудиоаппаратурой, лицензионными обучающими и тестирующими программами, проведение выставок, конкурсов и смотров по охране труда.
- к) Обучение лиц, ответственных за эксплуатацию опасных производственных объектов.
- л) Оборудование по установленным нормам помещения для оказания медицинской помощи и (или) создание санитарных постов с аптечками, укомплектованными набором лекарственных средств и препаратов для оказания первой помощи.
- м) Организация и проведение производственного контроля.
- н) Издание (тиражирование) инструкций по охране труда.

Сводная информация по способам снижения профессиональных рисков представлена в таблице 3.

Таблица 3 – Способы снижения профессиональных рисков

О и ВПФ	Организационно-технические методы и технические средства защиты, снижения, устранения О и ВПФ	СИЗ
1	2	3
Движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования	Организационно-технические мероприятия: – инструктажи по охране труда; – содержание технических устройств в надлежащем	Оборудование стенда защитными кожухами, спецодежда в зависимости от условий труда (респиратор, защитные перчатки)

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	техническом состоянии; – эксплуатация инструмента, приспособлений в соответствии с инструкцией	
Действие силы тяжести в тех случаях, когда оно может вызвать падение твердых, сыпучих, жидких объектов на работающего	Применение специальной обуви с защитным подноском, уборка рабочего места и рабочей зоны от лишних инструментов, компонентов, материалов	–
Статические нагрузки, связанные с рабочей позой Напряжение зрительных анализаторов	Оздоровительно-профилактические мероприятия: – медицинские осмотры согласно ст. 212 ТК РФ – рационализация режимов труда и отдыха в соответствии с действующим законодательством РФ; – устройство комнат психологической разгрузки; – занятия различными видами физической культуры, санаторно-курортное оздоровление, физиотерапевтические медицинские мероприятия	–

#### 4.4 Пожарная безопасность стенда для диагностики рулевых приводов

Пожарная безопасность – состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров.

Требования пожарной безопасности – специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом.

Каждый работник обязан:

- знать и соблюдать требования правил пожарной безопасности и инструкций о мерах пожарной безопасности, действующих на предприятии;
- при приеме на работу пройти вводный противопожарный инструктаж;
- до начала самостоятельной работы пройти первичный противопожарный инструктаж на рабочем месте;
- не реже одного раза в полугодие проводить повторный противопожарный инструктаж;
- при необходимости проводить внеплановый и целевой противопожарные инструктажи;
- соблюдать меры предосторожности при использовании средств бытовой химии, газовых приборов, проведении работ с легковоспламеняющимися и горючими веществами, материалами и оборудованием;
- при возникновении пожара немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, непосредственному или вышестоящему руководителю, принять все меры к эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей;
- при нарушениях пожарной безопасности на участке работы, использовании но по прямому назначению пожарного оборудования, указать об этом нарушителю и сообщить лицу, ответственному за пожарную безопасность.

На рисунке 11 показаны правила соблюдения пожарной безопасности на предприятии.

Сводная информация по мероприятиям, направленным на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики рулевого управления представлена в таблице 4.



Рисунок 11 – Правила пожарной безопасности на предприятии

Таблица 4 – Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики рулевого управления

Мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности	Предъявляемые требования к обеспечению пожарной безопасности, эффекты от реализации
1	2
Наличие сертификата соответствия продукции требованиям пожарной безопасности	Все приобретаемое оборудование должно в обязательном порядке иметь сертификат качества и соответствия
Обучение правилам и мерам пожарной безопасности в соответствии с Приказом МЧС России 645 от 12.12.2007	Проведение обучения, а также различных видов инструктажей по тематике пожарной безопасности под роспись
Проведение технического обслуживания, планово-предупредительных ремонтов, модернизации и реконструкции оборудования	Выполнение профилактики оборудования в соответствии с утвержденным графиком работ. Назначение приказом руководителя лица, ответственного за выполнение данных работ
Наличие знаков пожарной безопасности и знаков безопасности по охране труда по ГОСТ	Знаки пожарной безопасности и знаки безопасности по охране труда, установленные в соответствии с нормативно-правовыми актами РФ
Рациональное расположение производственного оборудования без создания препятствий для эвакуации и использованию средств пожаротушения	Эвакуационные пути в пределах помещения должны обеспечивать безопасную, своевременную и беспрепятственную эвакуацию людей
Обеспечение исправности, проведение своевременного обслуживания и ремонта источников наружного и внутреннего	Не допускается использование неисправных средств пожаротушения также средств с истекшим сроком

Продолжение таблицы 4

1	2
противопожарного водоснабжения, средств пожаротушения	действия
Разработка плана эвакуации при пожаре в соответствии с требованиями статьи 6.2 ГОСТ Р 12.2.143–2009, ГОСТ 12.1.004–91 ССБТ «Пожарная безопасность Общие требования»	Наличие действующего плана эвакуации при пожаре, своевременное размещение планов эвакуации в доступных для обозрения местах
Размещение информационного стенда по пожарной безопасности	Наличие средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности

#### 4.5 Экологическая безопасность стенда для диагностики рулевых приводов

Сводная информация по идентификации экологических факторов технологического процесса диагностики рулевого управления представлена в таблице 5.

Таблица 5 – Идентификация экологических факторов технологического процесса диагностики рулевого управления

Структурные составляющие (оборудование) технологического процесса	Антропогенное воздействие на окружающую среду:		
	атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3	4
Стенд для диагностики рулевых приводов	Не обнаружено	Не обнаружено	Спецодежда пришедшая в негодность, твердые бытовые / коммунальные отходы (ТБО, ТКО, коммунальный мусор), металлический лом

Сводная информация по мероприятиям, направленным на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики рулевого управления представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики рулевого управления

Мероприятий, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики рулевого управления на:		
атмосферу	гидросферу	литосферу
1	2	3
Использование фильтрующих элементов в имеющихся на участке отсасывающих устройствах. Контроль воздушной среды должен проводиться по методикам, утвержденным Министерством здравоохранения РФ, ГОСТ 12.1.005-76, ГОСТ 12.1.014-79 и ГОСТ 12.1.016-79	Соблюдение мер по предотвращению загрязнения почв. Контроль за утилизацией и захоронением выбросов, стоков и осадков сточных вод. Персональная ответственность за охрану окружающей среды	Изношенная спецодежда используется как вторсырье при производстве ветоши. Вывоз отходов осуществляется на основании заключенного договора с региональным оператором по вывозу мусора

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность стенда для диагностики рулевых приводов».

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта стенда для диагностики рулевых приводов»:

- составлен паспорт безопасности на стенд для диагностики рулевых приводов (таблица 1);
- определены профессиональные риски при использовании стенда для диагностики рулевых приводов (таблица 2) и способы их снижения (таблица 3);
- рассмотрены мероприятия, направленные на предотвращение пожарной опасности и обеспечению пожарной безопасности при технологическом процессе диагностики рулевого управления (таблица 4, 5);
- рассмотрены мероприятия, направленные на снижение негативного антропогенного воздействия технологического процесса диагностики рулевого управления (таблица 6).

## 5 Расчет экономической эффективности стенда для диагностики рулевых приводов

### 5.1 Определение себестоимости изготовления

Определение затрат на покупку сырья и материалов, выполняется по формуле (42):

$$M = C_M \cdot Q_M \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (42)$$

Для удобства сводим информацию по затратам на покупку сырья и материалов в таблицу 7.

Таблица 7 – Информация по затратам на покупку сырья

Номенклатура сырья, материалов и услуг	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
1	2	3	4	5
Балка прямоугольного профиля с прямоугольным сечением 40x40x2,5, СТЗ	10 м	850	8500	самовывоз
Швеллер, СТЗ	20 кг	38,7	774	самовывоз
Краска	3 л	170	510	самовывоз
Листовой металл, СТЗ	35 кг	18,4	644	самовывоз
Грунтовка	4 л	86	344	самовывоз
Итого:	–	–	10772	–
Транспортно-заготовительные расходы	–	–	754,04	–
Всего:	–	–	11526,04	–

Определение затрат на покупные изделия и полуфабрикаты воспользуемся формулой (43):

$$P_{И} = C_i \cdot \eta_i \cdot \left(1 + \frac{K_{ТЗ}}{100}\right). \quad (43)$$

Для удобства сводим информацию по затратам на покупные изделия в таблицу 8.

Таблица 8 – Информация по затратам на покупные изделия

Номенклатура покупного изделия	Количество, единица измерения	Цена с НДС за единицу изделия, руб.	Общая сумма, руб.	Условия поставки
1	2	3	4	5
Гидроцилиндр	2 шт.	15500	31000	самовывоз
Электрический двигатель	1 шт.	3100	3100	самовывоз
Бак	1 шт.	2500	2500	самовывоз
Трубки маслопровода	2,5 м	1100	2750	самовывоз
Манометр	2 шт.	405	810	самовывоз
Клапан обратный	1 шт.	400	400	самовывоз
Фильтр 08-Г41-11 ГОСТ 16027-70	1 шт.	7500	7500	самовывоз
Болт М12х35	12 шт.	9,5	114	самовывоз
Болт М12х45	8 шт.	10	80	самовывоз
Болт М16х35	8 шт.	9	72	самовывоз
Болт М18х160	4 шт.	12,9	51,6	самовывоз
Гайка М12	20 шт.	2,8	56	самовывоз
Гайка М16	8 шт.	4,3	34,4	самовывоз
Гайка М18	11 шт.	6	66	самовывоз
Шайба плоская 12	20 шт.	2	40	самовывоз
Шайба плоская 16	8 шт.	2,4	19,2	самовывоз
Итого:	–	–	48593,2	–
Транспортно- заготовительные расходы	–	–	3401,52	–
Всего:	–	–	51994,72	–

## 5.2 Определение затрат на выплату заработной платы

Для определения затрат на заработную плату воспользуемся формулой (44):

$$Z_o = C_p \cdot T \cdot \left( 1 + \frac{K_{ГЗ}}{100} \right). \quad (44)$$

Для удобства сводим информацию по затратам на выплату основной заработной платы в таблицу 9.

Таблица 11 – Информация по затратам на выплату основной заработной платы

Наименование основной технологической операции	Разряд рабочего в соответствии с Единым тарифно-квалификационным справочником работ и профессий рабочих	Затраты на производство единицы продукции (трудоемкость), чел-ч.	Должностной оклад, руб./час	Заработная плата, руб.
1 Заготовительная	3	5	52,8	264
2 Сварочная	5	4	61,2	244,8
3 Токарная	5	3	61,2	183,6
4 Фрезерная	5	3	61,2	183,6
5 Сверлильная	4	2	55,74	111,48
6 Слесарная	4	3	55,74	167,22
7 Сборочная	5	5	61,2	306
8 Окрасочная	4	2	55,74	111,48
9 Испытательная	4	0,5	55,74	27,87
Итого:	–	–	–	1600,05
Выплата стимулирующего характера (ч. 1 ст. 129 ТК РФ):	–	–	–	320,01
Основная заработная плата:	–	–	–	1920,06

Для определения затрат на выплату дополнительной заработной платы воспользуемся формулой (45):

$$Z_{д} = Z_{о} \cdot K_{д}, \quad (45)$$

где  $K_{д}$  – коэффициент доплат до часового фонда заработной платы,

$$K_{д} = 1,1 [20].$$

$$Z_{д} = 1920,06 \cdot 1,1 = 2112,07 \text{ р.}$$

Для определения затрат на отчисления единого социального налога воспользуемся формулой (46):

$$O_C = (Z_O + Z_D) \cdot K_C, \quad (46)$$

где  $K_C$  – коэффициент доплат до часового фонда заработной платы,

$$K_C = 0,26 \text{ [19].}$$

$$O_C = (1920,06 + 192) \cdot 0,26 = 549,13 \text{ р.}$$

### **5.3 Определение затрат на содержание и эксплуатацию оборудования**

Для определения затрат на содержание и эксплуатацию оборудования воспользуемся формулой (47):

$$P_{\text{сод.об}} = Z_O \cdot K_{\text{об}}, \quad (47)$$

где  $K_{\text{об}}$  – коэффициент, учитывающий расходы на содержание и эксплуатацию оборудования,  $K_{\text{об}} = 1,04$  [20].

$$P_{\text{сод.об}} = 1920,06 \cdot 1,04 = 1996,86 \text{ р.}$$

Для определения затрат на общепроизводственные нужды воспользуемся формулой (48):

$$P_{\text{онр}} = Z_O \cdot K_{\text{онр}}, \quad (48)$$

где  $K_{\text{онр}}$  – коэффициент распределения общепроизводственных расходов,  $K_{\text{онр}} = 1,5$ .

$$P_{\text{онр}} = 1920,06 \cdot 1,5 = 2880,09 \text{ р.}$$

Для определения цеховой (внутрихозяйственной) себестоимости воспользуемся формулой (49):

$$C_{Ц} = M + \Pi_{И} + Z_{O} + Z_{Д} + O_{С} + P_{соб.об} + P_{опр}. \quad (8)$$

$$C_{Ц} = 11526,04 + 51994,72 + 1920,06 + 192 + 549,13 + 1996,86 + 2880,09 = 71058,92 \text{ р.}$$

Для определения затрат на общехозяйственные (общезаводские) расходы воспользуемся формулой (50):

$$P_{охр} = Z_{O} \cdot K_{охр}, \quad (50)$$

где  $K_{охр}$  – коэффициент, учитывающий общехозяйственные расходы,

$$K_{охр} = 1,6.$$

$$P_{охр} = 1920,06 \cdot 1,6 = 3072,09 \text{ р.}$$

Для определения общих затрат воспользуемся формулой (51):

$$C_{ПП} = C_{Ц} + P_{охр}, \quad (51)$$

$$C_{ПП} = 71058,92 + 3072,09 = 74131,02 \text{ р.}$$

Для определения затрат на внепроизводственные нужды воспользуемся формулой (52):

$$P_{ВН} = C_{ПП} \cdot K_{внепр}, \quad (52)$$

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

$$P_{ВН} = 74131,02 \cdot 0,05 = 3706,55 \text{ р.}$$

#### **5.4 Определение общей суммы затрат на изготовление конструкции стенда для диагностики рулевых приводов**

Для определения общих затрат на изготовление конструкции стенда, покупку материалов, выплату денежных средств воспользуемся формулой (53):

$$C_{ОБЩ} = C_{ПР} + P_{ВН}, \quad (53)$$

$$C_{ОБЩ} = 74131,02 + 3706,55 = 77837,57 \text{ р.}$$

Ориентировочная стоимость изготовления спроектированного стенда для диагностики рулевых приводов составляет 77837,57 р.

Для определения экономического эффекта, необходимо произвести расчёт процента снижения себестоимости по следующей формуле:

$$\mathcal{E}_{эф} = 100 - \frac{C_{проект}}{C_{баз}} \cdot 100\%, \quad (54)$$

где  $C_{проект}$  – полная себестоимость изготовления стенда для диагностики рулевых приводов;

$C_{баз}$  – себестоимость изготовления стенда на заказ. Проведенный обзор аналогичных конструкций стендов для диагностики рулевых приводов показал, что средняя себестоимость изготовления данного оборудования по чертежам на рынке составляет 145000 р.

$$\mathcal{E}_{эф} = 100 - \frac{77837,57}{145000} \cdot 100\% = 46,31\%.$$

Таким образом, эффект от экономии по статьям, составляет 46,31%.

## Заключение

В целях выполнения поставленной цели работы ВКР была выполнена разработка конструкции стенда для диагностики рулевых приводов.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

- рассмотрено назначение, общее устройство, конструктивные особенности рулевого управления;
- выполнена конструкторская разработка стенда для диагностики рулевых приводов;
- рассмотрены нагрузки, возникающие в рулевом приводе. Установлено, что основная причина аварий из-за поломок деталей рулевого привода заключается в наличии усталостных трещин и структурных изменений при чрезмерно больших усилиях, возникающих в результате напряженных эксплуатационных режимах;
- проведен расчет основных узлов и механизмов стенда;
- определены требования, предъявляемые к рулевому управлению;
- рассмотрен технологический процесс ТО-2 рулевого управления;
- рассмотрена безопасность и экологичность стенда для диагностики рулевых приводов;
- определена экономическая эффективность спроектированной конструкции стенда для диагностики рулевых приводов. Ориентировочная стоимость изготовления спроектированного стенда для диагностики рулевых приводов составляет 77837,57 р.

Изготовление стенда для диагностики рулевых приводов силами АТП, является экономически выгодным видом работ. Отсутствует необходимость закупать оборудование для сварочных операций, а также нет необходимости в перевозке готового изделия. Все затраты связаны лишь с закупками материалов, транспортными расходами и затратами на заработную плату сотрудников.

## Список используемой литературы и используемых источников

1 Раймпель, Й. Шасси автомобиля. Рулевое управление / Й. Раймпель; Перевод с нем. В. Н. Пальянова; Под ред. А. А. Гальбрейха. - М. : Машиностроение, 1987. – 227 с.

2 Основенко, Н. Е. Автотранспортные средства. Рулевое управление : Учеб. пособие / Н. Е. Основенко. - Киев : КАДИ, 1984. - 46 с.

3 Технологичность конструкций изделий : справочник / Т. К. Алферова [и др.] ; под ред. Ю. Д. Амирова. - Москва : Машиностроение, 1985. - 367 с.

4 Шестопапов, С. К. Устройство легковых автомобилей : в 2 ч. : учебник / С. К. Шестопапов. - 3-е изд., стер. - Москва : академия, 2014-2016. - 22 см. - (Профессиональное образование. Автомобильный транспорт). Ч. 2: Трансмиссия, ходовая часть, рулевое управление, тормозные системы, кузов. - 2016. – 398 с.

5 Васильев, В. И. Основы проектирования технологического оборудования автотранспортных предприятий : Учеб. пособие [для самостоят. работы по спец. "Автомобили и автомоб. хоз-во" / В. И. Васильев; Курган. машиностроит. ин-т. - Курган : Изд-во Курган. машиностроит. ин-та, 1992. - 87 с.

6 Кирсанов, Е. А. Основы расчета, разработки конструкций и эксплуатации технологического оборудования для автотранспортных предприятий : учеб. пособие / Кирсанов Е.А., Новиков С.А. - М. : [б. и.], 19 - В надзаг.: Моск. гос. автомоб.-дор. ин-т (Техн. ун-т). Ч. 1. - 1993. - 80 с.

7 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 3 т. Т. 1 / В. И. Анурьев ; под ред. И. Н. Жестковой. - 8-е изд., перераб. и доп. - Москва : Машиностроение, 2001. - 920 с.

8 Грибков, В. М. Справочник по оборудованию для технического обслуживания и текущего ремонта автомобилей / В. М. Грибков, П. А. Карпекин. - Москва : Россельхозиздат, 1984. - 223 с.

9 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.

10 Машины, агрегаты и процессы. Проектирование, создание и модернизация [Текст] : материалы международной научно-практической конференции / Министерство образования и науки Российской Федерации, Санкт-Петербургский филиал Научно-исследовательского центра "МашиноСтроение" [и др.] ; главный редактор Жуков Иван Алексеевич]. - Санкт-Петербург : СПбФ НИЦ МС, 2018-. - 21 см. № 2. - 2019. - 157 с.

11 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.

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

13 Куклин, Н. Г. Детали машин : учеб. для техникумов / Н. Г. Куклин, Г. С. Куклина, В. К. Житков. - 5-е изд., перераб. и доп. ; Гриф МО. - Москва : Илекса, 1999. - 391 с.

14 Теория механизмов и машин : респ. междувед. научно-тех. сб. Вып. 36 / [редкол.: С. Н. Кожевников (отв. ред.) и др.]. - Харьков : Вища шк., 1984. - 129 с.

15 Бортяков, Д. Е. Основы проектной деятельности системы автоматизированного проектирования машин и оборудования : учеб. пособие / Д. Е. Бортяков, С. В. Мещеряков, Н. А. Солодилова ; С.-Петербур. политехн. ун-т Петра Великого. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2017. - 150 с.

16 Волков, И. А. Основы математического моделирования транспортных и транспортно-технологических машин и оборудования: метод. пособие для студентов оч. и заоч. обучения спец. 190600.62 "Эксплуатация трансп.-технол. машин и комплексов" / И. А. Волков, А. С.

Рукодельцев, И. С. Тарасов ; Волж. гос. акад. вод. трансп., Каф. приклад. механики и подъем.-трансп. машин. - Н. Новгород : ВГАВТ, 2014. - 51 с.

17 Росс, Т. Приспособления для ремонта автомобилей / Т. Росс. - Москва : За рулем, 2004. - 136 с.

18 Горина Л. Н. Раздел выпускной квалификационной работы "Безопасность и экологичность технического объекта". Учеб.-метод. пособие / Л. Н. Горина, М. И. Фесина ; ТГУ ; Ин-т машиностроения ; каф. "Управление промышленной и экологической безопасностью" . - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2018. - 41 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 / Л. Л. Чумаков. - Тольятти: изд-во ТГУ, 2016. – 37 с.

21 Niemann, G. Maschinenelemente: Band 1: Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen / G. Niemann, H. Winter. - 2005.Springer, - p. 903.

22 Mikell, P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems / P. Mikell. - John Wiley & Sons, 2010. - p. 1024.

23 Konig, R. Schmieretechnik / R. Konig. – Springer, 1972. – p.164.

24 Werner, E. Schmierungstechnik / E. Werner. - 1982. – p. 134.

25 Wittel, H. Maschinenelemente: Normung, Berechnung, Gestaltung - Lehrbuch und Tabellenbuch / H. Wittel, D. Muhs, D. Jannasch. - Vieweg+Teubner Verlag, 2011. - p. 810.

Приложение А  
**Спецификация**

Лист	№	Дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист	№	Дата	Подп.	Дата	Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
											A4	A1					
<i>Документация</i>																	
<i>Сборочные единицы</i>																	
<i>Стандартные изделия</i>																	
20.БР.ПЭА.180.61.00.000																	
<b>Стенд для диагностики рулевых приводов</b>																	
ТГУ, ИМ, гр. ЭТКп-1601а																	
Копировал Формат А4																	