

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
"Южно-Уральский государственный университет"  
(национальный исследовательский университет)  
Аэрокосмический факультет  
Кафедра "Гидравлика и гидропневмосистемы"

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент

Александр А.М.  
" 9 " 06 2016 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

С.А. Сидорова  
" 9 " 06 2016 г.

Проектирование гидравлического усилителя руля.

Знак 4993

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ

ЮУрГУ-151000.2016.893.ПЗ ВКР

Нормоконтроллер

Подзерко А.В.  
" 08 " 06 2016 г.

Руководитель работы

Барышев В.И.  
" 7 " 06 2016 г.

Автор работы  
студент группы АК-411

Филиппов Д.С.  
" 7 " июня 2016 г.

Челябинск 2016

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

(обязательное)

Форма задания на дипломную работу (проект) студента

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет « Аэрокосмический »  
Кафедра « ГИПС »  
Специальность « \_\_\_\_\_ »

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
(И.О. Ф.)  
Симоненко Е.И. 2006 г.

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу (проект) студента

Ришанова Делеса Сергеевна  
(Ф. И.О. полностью)

Группа 411

1 Тема работы (проекта)

Разработка системы гидравлического руля для  
(название) автомобиля ЗИЛ-4333

утверждена приказом по университету от 15.04 2006 г. № 661  
(утверждена распоряжением по факультету от \_\_\_\_\_ 200\_ г. № \_\_\_\_\_ -)

2 Срок сдачи студентом законченной работы (проекта) \_\_\_\_\_

3 Исходные данные к работе (проекту)

Материалы по эксплуатации системы руля  
Памятки фонд по гидравлическому рулю  
Справочная литература по расчету клапанов  
Натурные образцы ГЧР. (по фонду кафедры ГИПС.)

4 Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

1) Введение.

Составные вопросы:

1.1) Требования к экологии ГЧР

1.2) Теплоэкологические треб-я к ГЧР.

1.3) Совершенные конструкции теплообменников ГЧР.

1.4) Полные именные исследования по ГЧР.

1.5) Разработка ТЗ на ГЧР для Т-150К.

2) Анализ эл-бл и параметров ГЧР

3) Конструирование эл-бл ГЧР.

5 Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей, плакатов в листах формата А1)

- 1) Требования экологии и техники к ГУР.
- 2) Результаты полевого поиска
- 3) Тепловая конструкция эл-в ГУР.
- 4) Высота и конструктивная предельная эл-в ГУР.

Всего \_\_\_ листов

6 Консультанты по работе (проекту), с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Раздел	Консультант	Подпись, дата	
		Задание выдал (консультант)	Задание принял (студент)
2.2 и 2	В.И. Баринев	11.04.16	11.04.16

7 Дата выдачи задания 11 апреля 2016

Руководитель Баринев В.И. (подпись) \_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)

Задание принял к исполнению Филиппов Ф.С. (подпись студента) \_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)

## КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Наименование этапов выпускной квалификационной работы (проекта)	Срок выполнения этапов работы (проекта)	Отметка о выполнении руководителя
Раздел 1.3	май 2013г.	
Раздел 2	} июнь 2013г.	
Раздел 3.		

Заведующий кафедрой

/И.О. Ф.

Руководитель работы (проекта)

Беркешев В.И.

/И.О. Ф.

Студент

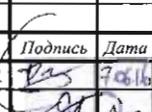
Филиппов Д.С.

/И.О. Ф.

## АННОТАЦИЯ

Д.С.Филиппов Проектирование  
гидравлического усилителя руля ЗИЛ-4333  
— Челябинск: ЮУрГУ, АК; 2016, 91 с., 63  
ил., библиогр. список — 6 наим., 3 листа  
чертежей ф.А3, 1 лист чертежа ф.А1.

После анализа предложенных конструкций гидравлических усилителей  
руля предложен вариант гидроусилителя руля для ЗИЛ-4333.

					151000.2016.893/ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование гидравлического усилителя руля ЗИЛ-4333	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Филиппов Д.С.		7.06.16			5	42
Провер.		Барышев В.И.						
Реценз.								
Н. Контр.		Подзерко А.В.						
Утверд.		Спиридонов Е.К.						
						ЮУрГУ Кафедра ГиГПС		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ.....	2
ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ОБЗОР ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	12
1.1. Экологические требования, предъявляемые к ГУР .....	12
1.2. Технические требования, предъявляемые к ГУР .....	14
1.3. Современные конструкции элементов ГУР .....	16
1.4. Патентные исследования по ГУР .....	19
1.5. Критическая оценка рассмотренных вариантов конструкций .....	28
1.6. Критический анализ разработанной конструкции .....	29
2. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ГУР .....	30
2.1. Исходные данные для проектирования .....	30
2.2. Момент сопротивления повороту рулевого колеса.....	32
2.3. Усилие на рулевом колесе для поворота на месте .....	32
2.4. Гидроусилитель руля.....	32
2.5. Силовое передаточное число рулевого управления.....	34
2.6. Рулевой вал .....	34
2.7. Рулевой механизм .....	35
2.8. Вал рулевой сошки .....	36
2.9. Рулевая сошка.....	36
2.10. Поперечная тяга .....	37
2.11. Шаровый палец .....	38
2.12. Крестовина карданного шарнира неравных угловых скоростей.....	39
Приложение.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	42
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	43

					<i>151000.2016.893.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

## ВВЕДЕНИЕ

Рулевое управление является одной из самых главных систем активной безопасности. Рулевое управление – сложный комплекс технических и геометрических проблем, которые и по сей день решаются автомобильными конструкторскими бюро. Автопроизводители разрабатывают новые конструкции рулевых механизмов и приводов, оснащают их дополнительным оборудованием, обеспечивающих в первую очередь безопасность движения и комфорт в управлении автомобилем. В настоящее время большинство автомобилей оснащаются усилителями рулевого управления. К появлению усилителей привела необходимость снизить усилие, прилагаемое водителем к рулевому колесу, что особенно важно для грузовых автомобилей.

В 1817 г. мюнхенский каретник Георг Ланкеншпергер запатентовал рулевое управление с поворотными кулаками. Для конных экипажей эта конструкция показалась малополезной и почти не применялась. Лишь через 75 лет немецкий инженер Карл Бенц вспомнил и усовершенствовал это изобретение, получив в 1893 г. патент на «устройство управления экипажей с тангенциальными к колесам окружностями управления». На машине «Бенц» движение от вертикальной рулевой колонки с маленьким рулевым колесом-штурвалом и расположенным ниже червячным колесом передавалось через двусторонние зубчатые рейки на вильчатый рычаг, который был связан с колесами через рулевые штанги-тяги.

Появление наклонных рулевых колонок совпало по времени с распространением рулевых механизмов в корпусе, заполненном смазкой. Причем сразу появились два типа таких механизмов. Первый представлял собой винтовую передачу, гайка которой была связана с рулевой сошкой и двигалась по винту вверх и вниз. Второй – включал в себя червячный сегмент, сцепленный с рулевым червяком. Обе конструкции, в принципе, знакомы по современным автомобилям. Появление независимой передней подвески привело к появлению трех отдельных рулевых тяг, и уже в 1930-х

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

151000.2016.893.ПЗ

Лист

8

гг. на автомобилях с такой подвеской применялось реечное рулевое управление, по конструкции близкое к современному.

В начале XX века управление машиной требовало от водителя хорошей физической формы. Ведь для того чтобы повернуть тяжелые колеса для разворота на пяточке, приходилось здорово налегать на баранку.

Важный параметр управления – общее передаточное отношение между рулевым колесом и передними колесами. Под ним понимается полное число оборотов рулевого колеса «от упора до упора», необходимое для поворота колес из крайнего левого положения в крайнее правое или наоборот, а также усилие, с которым совершаются эти обороты. Например, рулевая передача, рассчитанная на ~5 оборотов рулевого колеса от упора до упора, требует от водителя приложения гораздо меньшего усилия, но зато значительно большего времени, чем передача, сконструированная на 3,2 оборота от упора до упора. Такое положение дел, разумеется, мало кому нравилось: не все господа-автовладельцы блистали нужным здоровьем, к тому же в мир авто стремились и дамы, которым напрягаться и вовсе не положено. Особо страдали водители грузовых автомобилей. Конструкторы стали думать. Естественным выходом было увеличение в рулевом передаточного числа, но тут появлялся серьезный минус – руль приходилось крутить, как ручку граммофона. Важный параметр управления – общее передаточное отношение между рулевым колесом и передними колесами. Под ним понимается полное число оборотов рулевого колеса «от упора до упора», необходимое для поворота колес из крайнего левого положения в крайнее правое или наоборот, а также усилие, с которым совершаются эти обороты. Например, рулевая передача, рассчитанная на ~5 оборотов рулевого колеса от упора до упора, требует от водителя приложения гораздо меньшего усилия, но зато значительно большего времени, чем передача, сконструированная на 3,2 оборота от упора до упора.

Конструкция с плавающими шариками была только началом долгой череды попыток уменьшить управляющее усилие. Даже при наличии

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

передачи с плавающими шариками на тяжелых автомобилях с большими шинами низкого давления управляющее усилие было значительным.

В тех же 30-х, перед войной, заявили о себе усилители рулевого механизма. Сначала усилители рулевого управления появились на тяжелой технике – карьерных самосвалах. Правда, сначала стали использовать пневмоусилители – они были несложными и питались от компрессора уже существующих пневматических тормозов или от разряжения во впускном коллекторе. Но пневматические усилители оказались неприемлемыми ввиду большой упругой податливости рабочего тела – воздуха, приводившей к запаздыванию срабатывания усилителя и возникновению в рулевом управлении недопустимых колебательных процессов. Со временем пневматика была заменена гидравликой.

В 1925 г. в США Фрэнсис Дейвис одним из первых запатентовал гидравлический усилитель рулевого управления. Правда, конструкция выглядела несколько «сыроватой» и мгновенного успеха не обрела. Однако принцип и путь совершенствования наметились: с конца 30-х – начала 40-х годов в Америке, а затем и в Европе конструкторы начинают ставить ГУР на некоторые свои модели автомобилей. К чему это привело сегодня, знают все – этим устройством оснащается весь грузовой автотранспорт и немалая доля легкового. А в 1933 г. концерн «Дженерал моторс» уже намеревался установить его на своем автомобиле «Кадиллак» с 12-цилиндровым двигателем. К 1951 г. компания «Крайслер» освоила производство гидроусилителей руля и с этого времени начала оснащать им многие свои модели. Первым изготовителем легковых автомобилей, предложившим установку гидроусилителя рулевого управления в качестве дополнительного оборудования модели 519, была компания «ФИАТ». В настоящее время в результате появления переднеприводных автомобилей, использования шин большего размера и массы, подвески с усложненной кинематикой существует необходимость в применении усилителей рулевого управления даже на небольших автомобилях.

									Лист
									10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ				

Гидроусилитель руля – устройство для усиления мощности воздействия на рычаги управления транспортных средств.

Гидроусилитель в первую очередь служит для уменьшения прикладываемого водителем усилия на рулевое колесо при управлении автомобилем.

Даже при сложном устройстве и, как следствие, высокой стоимости гидроусилители получили большое распространение благодаря тому, что помимо основной функции (усиления) они:

- позволяют уменьшить передаточное отношение рулевого механизма; это снижает количество оборотов руля между его крайними положениями и, соответственно, увеличивает маневренность;
- смягчают удары, передаваемые на руль от неровностей дороги, снижая утомляемость водителя и помогая удержать руль при разрыве передней шины;
- сохраняют возможность управления автомобилем при выходе усилителя из строя;
- обеспечивают «чувство дороги» и кинематическое следящее действие.

На автомобилях применяются разного рода усилители, но большинство автопроизводителей отдают предпочтение гидроусилителям, так как они имеют относительно простую конструкцию, обеспечивают высокую надежность и просты в обслуживании.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ				

## 1. ОБЗОР ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ

### 1.1. Экологические требования, предъявляемые к ГУР.

Экологические требования определяются экологическими показателями качества конструкции изделия.

Экологические показатели – это уровень вредных воздействий на окружающую среду, которые возникают при эксплуатации или потреблении продукции. Показатели экологичности товара – одни из важнейших свойств, определяющих уровень его качества.

К конкретным показателям экологичности относятся:

- содержание вредных примесей (элементы, окислы, металлы) в продуктах сгорания двигателей различных машин, оборудования, агрегатов, комплексов;
- выброс вредных веществ в воздушный бассейн, воду, почву (включая недра земли) химических, нефтехимических, горнодобывающих, металлургических, энергетических, деревообрабатывающих, пищевых и других производств
- радиоактивность функционирования объектов, связанных с исследованиями, «приручением» и использованием атомной энергии;
- уровень шума, вибрации и энергетического воздействия транспортных средств различного назначения и других машин и агрегатов.

Требования, предъявляемые, непосредственно, к ГУР:

- Снижение уровня вибраций.
- Устранение шума ГУРа, возникающего при повороте рулевого колеса.

В таблице 1 представлены допустимые уровни шума базовых моделей автомобилей [1].

Таблица 1:

Тип автомобиля	Уровень шума, дБ
Легковые и грузопассажирские автомобили	77

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			12

✓

Автобусы и грузовые автомобили с полной массой ,кг -не более 2000	78
св. 2000, но не более 3500	79
Грузовые автомобили с полной массой св. 3500 кг	82

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

## 1.2. Технические требования, предъявляемые к ГУР.

Требования к ГУР:

1. Поворотный момент на колесе не должен быть слишком большим, однако автоматический возврат рулевого управления в нейтральное положение должен быть обеспечен даже при небольших скоростях движения.

2. Рулевое управление должно быть легким, что обеспечивается повышением КПД этого управления в целом и правильным выбором его передаточного числа при достаточно быстрой «реакции» шин.

3. Угол поворота управляемых колес должен быть достаточно большим, чтобы диаметр разворота автомобиля по габариту был как можно меньше.

4. Рулевое управления должно быть плавным, т.е. удары вследствие неровностей дороги и колебаний колес должны максимально демпфироваться. Усилия на рулевом колесе не должно превышать значений, указанных в табл. 1 [2].

5. Кинематическое следящее действие (по перемещению), т.е. соответствие между углами поворота рулевого колеса и управляемых колес;

6. Силовое следящее действие (по силе сопротивления повороту), т.е. пропорциональность между усилием на рулевом колесе и силами сопротивления повороту управляемых колес;

7. Возможность управлять автомобилем при выходе усилителя из строя;

8. Действие только в случаях, когда усилие на рулевом колесе превышает  $25 \div 100 \text{ Н}$ ;

9. Минимальное время срабатывания;

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			14

Таблица 2. Усилия на рулевом колесе

Категория АТС	Усилие на рулевом колесе, Н, не болес			
	Неподвижный автомобиль		Движущийся автомобиль	
	Без рулевого усилителя	С рулевым усилителем	С исправным рулевым управлением	При отказе усилителя
М1	200	60	150	300
М2	250			
М3	350	250	200	450
Н1	300	180		
Н2	350			250
Н3		250	200	450* ✓

\* Для грузовых автомобилей с двумя или большим числом мостов (осей) с управляемыми колесами допускается 500 Н.

									Лист
									15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ				

### 1.3.Современные конструкции элементов ГУР.

Система рулевого управления с гидроусилителем создана для более комфортного и точного управления автомобилем в различных режимах эксплуатации, а так же для повышения безопасности движения. Рулевые системы современных автомобилей представлены двумя типами: реечным и угловым.

Каждый из этих типов может быть оснащен системой гидроусиления.

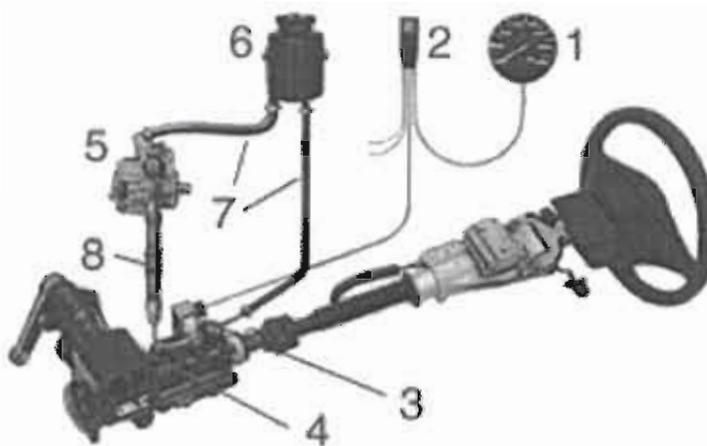


Рис.1- Рулевая система углового типа.

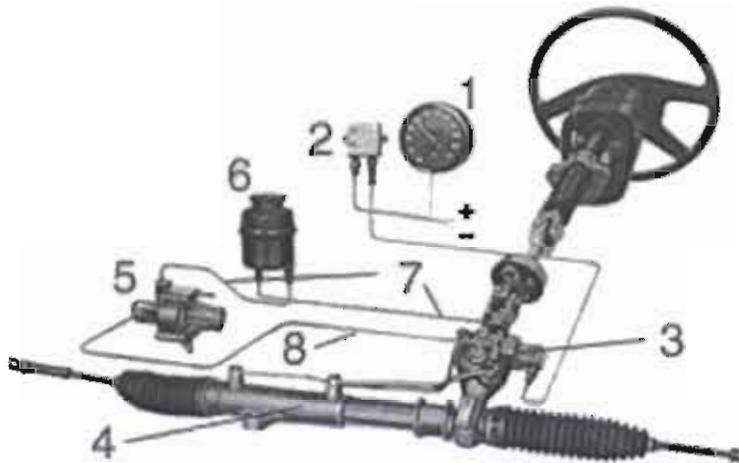


Рис.2-Рулевая система реечного типа.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				151000.2016.893.ПЗ	16

Наиболее ярко преимущество системы гидроусиления перед рулевым управлением, не оснащенным гидроусилителем, проявляется при парковке и движении на малой скорости.

Системы с гидроусилителем можно разделить на два типа: с постоянным коэффициентом усиления и систему, в которой коэффициент усиления зависит от скорости движения.

Система гидроусилителя руля состоит из следующих компонентов:

1. Электронный спидометр;
2. Прибор электронного контроля;
3. Электрогидравлический преобразователь;
4. Рулевой механизм, оснащенный гидроцилиндром;
5. Гидравлический насос;
6. Масляный резервуар;
7. Маслопровод низкого давления;
8. Маслопровод высокого давления.

Принцип действия системы гидроусиления руля рассматривается на примере рулевого управления реечного типа.

Гидравлическая жидкость из масляного резервуара (6) поступает в гидравлический насос (5), в котором она сжимается, и далее под давлением поступает в рулевой механизм (4) через масляную магистраль высокого давления (8).

Рулевой механизм оснащен узлом распределения потоков (золотники), который имеет два основных режима работы:

В золотниковом устройстве совмещены маслопровод подачи и стока. Жидкость перетекает из трубопровода высокого давления в масляный резервуар(6), не выполняя никакой работы.

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			17



Рис.3- Золотниковое устройство (узел распределения потоков).

В зависимости от того, в какую сторону производится поворот руля, в золотниковом устройстве масляные магистрали коммутируются соответствующим образом. Жидкость под давлением подается в рабочий цилиндр и, воздействуя на рабочий поршень, создает вспомогательное усилие сдвига вала Рсдв (принцип гидравлического пресса). В этот момент полость обратной стороны поршня совмещается с маслопроводом низкого давления, через который жидкость стекает в масляный резервуар, не препятствуя перемещению вала. Как только воздействие на рулевое колесо прекращается, система возвращается в нейтральное состояние.



Рис.4- Рабочий цилиндр

						Лист
					151000.2016.893.ПЗ	18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 1.4. Патентные исследования по ГУР.

1. Гидроусилитель рулевого управления транспортного средства (патент №610483).[3]

Изобретение относится к гидроусилителям рулевого управления транспортных средств.

Известен гидроусилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр, встроенный в картер рулевого механизма и кинематически связанный с расположенным в картере рулевого механизма червяком, выполненным за одно целое с рулевым валом.

Недостатком этого гидроусилителя рулевого управления является то, что подшипники, в которых установлены червяк и рулевой вал, расположены в различных местах, что приводит к большим продольным габаритам гидроусилителя рулевого управления.

Известен также гидроусилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр, встроенный в картер рулевого механизма и кинематически связанный с расположенным в картере рулевого механизма червячком, выполненным за одно целое с рулевым валом, имеющим опорный буртик 2.

Недостатком гидроусилителя является то, что опорный буртик на каждой из торцовых сторон снабжен сферической поверхностью качения для установки радиальноупорного подшипника, что обуславливает увеличение продольных габаритов рулевого вала, а, следовательно, и гидроусилителя рулевого управления.

Цель изобретения – уменьшение осевых продольных габаритов гидроусилителя рулевого управления. Цель достигается тем, что гидроусилитель снабжен радиальным подшипником качения, установленным на окружности опорного буртика, и двумя соосно расположенными подшипниками качения, установленными на каждой из торцовых сторон опорного буртика.

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			19

На рисунке 5 изображен предлагаемый гидроусилитель рулевого управления транспортного средства.

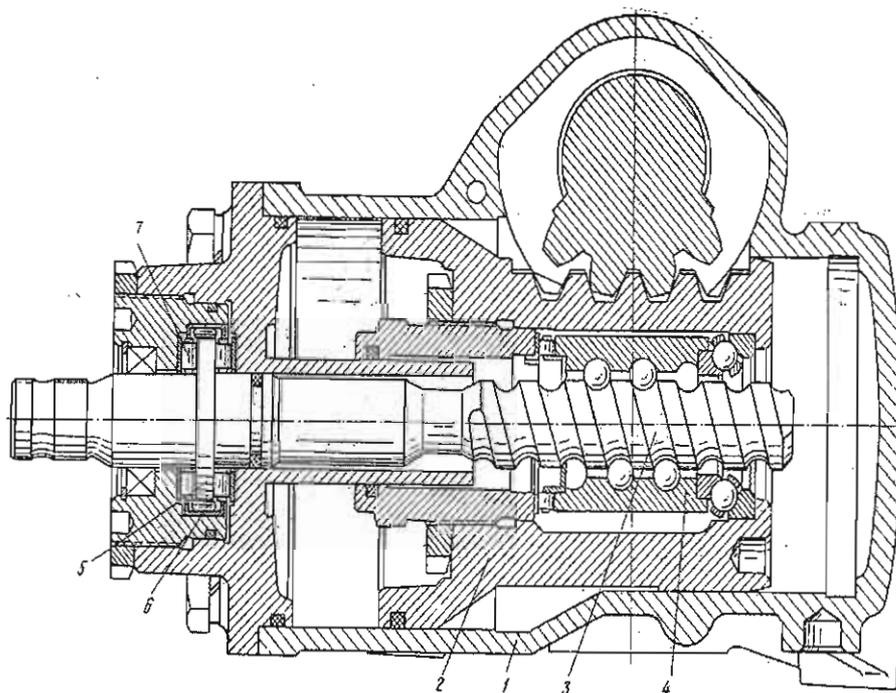


Рис.5 - Гидроусилитель рулевого управления транспортного средства.

Гидроусилитель рулевого управления содержит картер 1 рулевого механизма, со встроенным в него силовым цилиндром, поршень 2, размещенный в картере рулевого механизма, выполненный за одно целое с рулевым валом червяк 3, кинематически связанный с гайкой 4, установленной в поршне 2.

На рулевом валу размещены опорный буртик 5, с установленными на нем подшипником качения 6, расположенным на окружности опорного

						Лист
					151000.2016.893.ПЗ	20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

буртика, и двумя подшипниками качения 7, расположенными на торцовых сторонах опорного буртика. Таким образом, подшипники б и 7, установленные на опорном буртике, фиксируют рулевой вал от поперечного и продольного смещения и при повороте рулевого вала обеспечивают возможность лишь его вращательного движения с соответствующим воздействием на гайку 4, установленную в поршне 2 гидроусилителя рулевого управления.

*Формула изобретения*

Гидроусилитель рулевого, управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр рулевого механизма и кинематически связанный с расположенным в картере рулевого механизма червяком, выполненным за одно целое с рулевым валом, имеющим опорный буртик, отличающийся тем, что, с целью уменьшения продольных габаритов, он снабжен радиальным подшипником качения, установленным на окружности опорного буртика, и двумя соосно расположенными подшипниками качения, установленными на торцовых сторонах опорного буртика.

2. Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства (патент №604474).[3]

Изобретение относится к рулевым управлениям транспортных средств, а именно к гидравлическим усилителям рулевого управления.

Известен гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр, встроенный в картер рулевого механизма и кинематически связанный посредством рулевой гайки с червяком, опирающимся одним своим концом на рабочий поршень силового цилиндра.

Однако такой гидравлический усилитель рулевого управления имеет низкую надежность из-за применения подобного соединения рабочего поршня червяком.

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

Известен также гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр, встроенный в картер рулевого механизма и кинематически связанный посредством рулевой гайки с червяком, выполненным за одно целое с рулевым валом и установленным в картере рулевого механизма в упорных подшипниках.

Однако такой гидравлический усилитель рулевого управления имеет низкую надежность из-за появления изгибающих усилий на червяке при несоосности обоих подшипников.

Цель изобретения – повышение надежности конструкции путем уменьшения прогиба червяка.

Это достигается тем, что усилитель снабжен двумя подшипниками, установленными по торцам рулевой гайки с возможностью перемещения рулевой гайки в радиальном направлении.

На рисунке 6 изображен гидравлический усилитель рулевого управления, разрез.

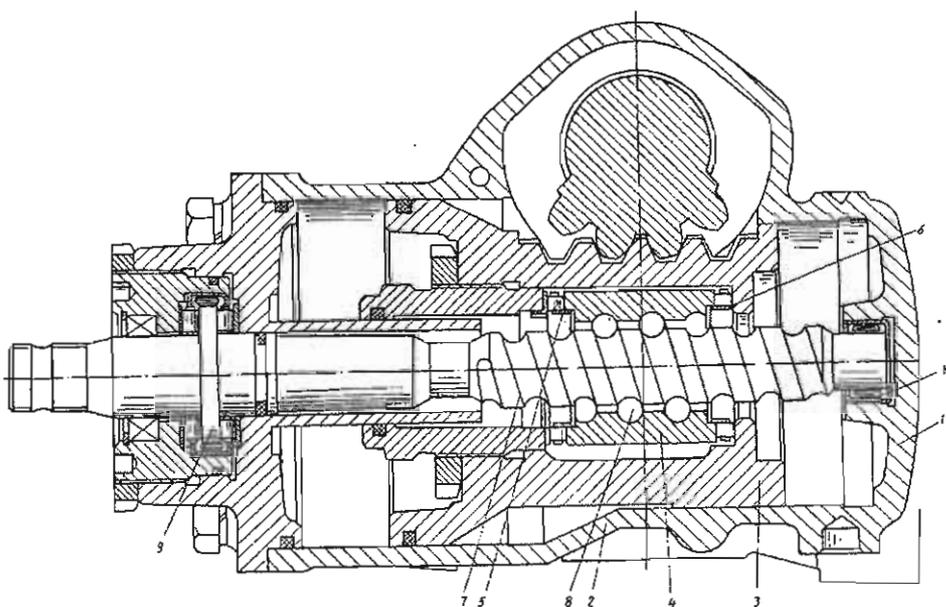


Рис.6 - Гидравлический усилитель рулевого управления.

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		22

Предлагаемый усилитель содержит картер 1 рулевого механизма со встроенным силовым цилиндром 2, в котором с возможностью осевого перемещения расположен рабочий поршень 3. В рабочем поршне 3 расположена рулевая гайка 4, имеющая возможность вращения в подшипниках 5 и 6 и не имеющая возможности осевого перемещения и подвижно соединенная с червяком 7 посредством шариков 8.

Червяк 7 установлен в картере рулевого механизма в подшипниках 9 и 10 без возможности перемещения в осевом направлении.

При вращении рулевого вала, а следовательно и червяка 7 за счет подшипников 5 и 6, установленных по торцам рулевой гайки, появляется возможность перемещения рулевой гайки в радиальном направлении, благодаря чему радиальное перемещение рабочего поршня 3 не передается на червяк.

Формула изобретения.

Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр, встроенный в картер рулевого механизма и кинематически связанный посредством рулевой гайки с червяком, выполненным за одно целое с рулевым валом и установленным в картере рулевого механизма в упорных подшипниках, отличающийся тем, что, с целью повышения надежности путем уменьшения прогиба червяка, он снабжен двумя подшипниками, установленными по торцам рулевой гайки с возможностью перемещения последней в радиальном направлении.

3. Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства (патент №524723).[3]

Изобретение относится к транспортному машиностроению, в частности к гидравлическим усилителям рулевого управления транспортных средств.

Известен гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр со штоком, оканчивающимся зубчатой рейкой, кинематически связанной с

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

управляемыми колесами и червячным валом, взаимодействующим в осевом направлении с золотником распределителя, соединенным гидромагистралями с насосом, гидроаккумулятором, масляным баком и рабочими полостями силового цилиндра.

Недостатком такого гидравлического усилителя является то, что вследствие неисправности насоса или остановки двигателя давление в системе резко падает. При транспортной скорости движения транспортного средства это может привести к аварии.

Целью изобретения является повышение безопасности в работе.

Для этого в золотнике распределителя выполнен канал, сообщающий гидроаккумулятор с напорной магистралью насоса при крайних положениях золотника, а в магистрали, соединяющей насос с золотником распределителя, установлен обратный клапан.

Конструкция устройства выполнена таким образом, что работа гидроусилителя от гидроаккумулятора осуществляется в результате значительного возрастания крутящего момента на рулевом колесе, при котором жидкость под давлением проходит из гидроаккумулятора в рабочие полости силового цилиндра.

На рисунке 7 схематически изображен предлагаемый гидроусилитель рулевого управления, общий вид.

					151000.2016.893.ИЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

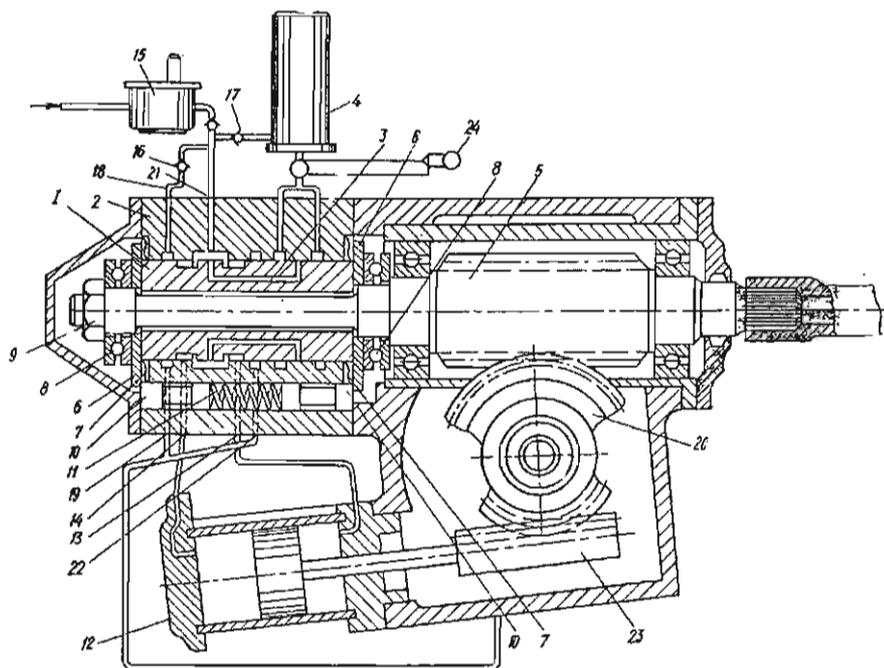


Рис.7 - Гидроусилитель рулевого управления

Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства содержит золотник 1, представляющий собой втулку, на наружной поверхности, которой выполнены разделительные пояски, притертые к внутренним стенкам корпуса распределителя 2.

Внутри золотника выполнен канал 3, который сообщает нагнетательную полость золотниковой камеры с рабочей полостью гидроаккумулятора 4 при дополнительном осевом смещении золотника в ту или иную стороны.

Сам золотник 1 свободно надет на передний конец червяка 5 и может перемещаться вдоль его оси. Величина этого перемещения ограничена упорными шайбами 6 и пластинчатыми пружинами 7.

Упорные шайбы 6 надеты на вал червяка 5 вместе с упорными подшипниками 8 и зафиксированы гайкой 9. Перемещение золотника 1 с

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

преодолением усилия пластинчатой пружины 7 является дополнительным. Гайкой 9 регулируется осевой зазор между упорными шайбами б и пластинчатыми пружинами 7. В шайбы б упираются реактивные плунжеры 10, распираемые пружиной 11, которые стремятся удержать золотник 1 в нейтральном положении. Распределитель соединен с силовым цилиндром 12 трубопроводами 3 и 14.

При нормальной работе гидросистемы рулевого управления и нейтральном положении золотника, что соответствует прямолинейному движению трактора, штоковая и бесштоковая полости силового цилиндра оказываются запертыми, а жидкость, нагнетаемая насосом 15, в силу того, что клапан 16 отрегулирован на большее давление, чем клапан 17, в начале полностью заряжает гидроаккумулятор 4, а затем, открыв клапан 16, уходит на слив по каналу 18, кольцевую расточку в корпусе золотника и канал 19,

При повороте рулевого колеса, например, по часовой стрелке (поворот вправо), червяк 5 благодаря осевой силе, возникающей в зацеплении с зубчатым сектором 20, перемещается влево, преодолевая усилие пружинных 11, вместе с золотником 1 на величину зазора между упорной шайбой б и пластинчатой пружиной 7. Нагнетаемая жидкость при этом через канал 21, кольцевую расточку золотника и трубопровод 13 поступает в штоковую полость силового цилиндра 12. Вытесняемая из бесштоковой полости жидкость по трубопроводу 14, кольцевые расточки золотника и золотниковой камеры) трубопроводу 19 уходит на слив.

При вращении рулевого колеса против часовой стрелки (поворот влево) золотник 1 смещается вправо, а нагнетаемая жидкость при этом от насоса 15 через канал 21, кольцевую расточку золотника и трубопровод 14 поступит в бесштоковую полость силового цилиндра 12. Вытесняемая из штоковой полости силового цилиндра 12 жидкость по трубопроводу 13, кольцевые расточки золотника и золотниковой камеры, трубопроводу 22 уходит на слив. Усилие, создаваемое силовым цилиндром передается зубчатой рейкой 23 на зубчатый сектор 20, содействуя тем самым повороту управляемых колес.

							Лист
							26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ		

В случае отказа насоса или внезапной остановки двигателя усилие на рулевом колесе резко возрастает, возрастает и осевая сила, возникающая и зацеплении червяка 5 с зубчатым сектором 20. Это вызывает дополнительное смещение золотника 1 с последующей деформацией пластинчатой пружины 7.

Такое дополнительное осевое смещение золотника в ту или иную сторону обеспечивает совпадение канала 3 с кольцевыми проточками в золотниковой камере, к которым подводится давление рабочей полости гидроаккумулятора 4. Жидкость при этом под давлением из гидроаккумулятора 4 через канал 3 попадает в нагнетательную полость золотниковой камеры.

Дальнейшее распределение жидкости происходит аналогично описанному выше.

В системе предусматривается сигнальное устройство 24, которое срабатывает в процессе разрядки гидроаккумулятора.

*Формула изобретения.*

1, Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства, содержащий силовой цилиндр со штоком, оканчивающимся зубчатой рейкой, кинематически связанной с управляемыми колесами и червячным валом, взаимодействующим в осевом направлении с золотником распределителя, соединенным гидромагистралями с насосом, гидроаккумулятором, масляным баком и рабочими полостями силового цилиндра, отличающийся тем, что с целью повышения безопасности в работе, в золотнике распределителя выполнен канал, сообщающий гидроаккумулятор с напорной магистралью насоса при крайних положениях золотника.

2. Усилитель по п. 1, отличающийся тем, что в магистрали, соединяющей насос с золотником распределителя, установлен обратный клапан.

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

151000.2016.893.ПЗ

### 1.5.Критическая оценка рассмотренных вариантов конструкций.

1. Гидроусилитель рулевого управления транспортного средства (патент №610483).[3]

Преимущества: высокая информативность управления, надежность.

Недостатки: относительно большие габаритные размеры, невозможна компоновка для управления задним мостом, относительно высокая трудоемкость изготовления.

2. Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства (патент №604474).[3]

Преимущества: уменьшения прогиба червяка, возможностью перемещения рулевой гайки в радиальном направлении.

Недостатки: низкая надежность.

3.Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства (патент №524723).[3]

Преимущества: постепенное увеличение крутящего момента на рулевом колесе при выходе из строя гидроусилителя,

Недостатки: высокая точность изготовления, сложность конструкции, большие габаритные размеры.

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			28

### 1.6. Критический анализ разработанной конструкции.

Рассмотрев патентные изобретения, я проанализировал их преимущества и недостатки, и выбрал, на мой взгляд, наиболее эффективную схему гидроусилителя рулевого управления.

Я считаю, что целесообразно выбрать изобретение: Гидравлический усилитель рулевого управления транспортного средства (патент №604474).

В приложении представлена схема гидравлического усилителя руля.

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		29

## 2. РАСЧЕТ ЭЛЕМЕНТОВ И ПАРАМЕТРОВ ГУР

### 2.1. Исходные данные для проектирования.

Таблица 1.1 - Исходные данные

Марка автомобиля (прототип)	ЗИЛ-4333 ✓
Рулевой механизм	С гидроусилителем; Рабочая пара - винт с гайкой на циркулирующих шариках и рейка, зацепляющая с зубчатым сектором
Разрешенная максимальная масса автомобиля, кг	11200
Размерность шин	260R508
Давление воздуха в шинах, Па	$3,9 \times 10^5$
База, мм.	3800
Допустимый суммарный люфт рулевого колеса, °	15
Допустимое усилие на рулевом колесе, Н	700 ✓
Минимальный радиус поворота автомобиля, м	6,9
Диаметр рулевого колеса, мм	450
Передаточное число рулевого механизма	20
КПД рулевого механизма	0,97
Распределение нагрузки передних колес на дорогу от снаряженной массы через шины, Н	21750
Наибольший угол поворота передних колёс (вправо и влево), °	34 и 36
Коэффициент сцепления, при повороте колеса на месте	0,85

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			30

Кинематическая схема рулевого управления.

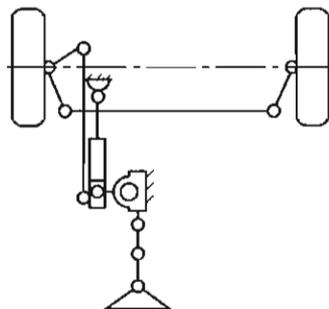


Рис. 8 – Кинематическая схема рулевого управления ЗИЛ-4333.

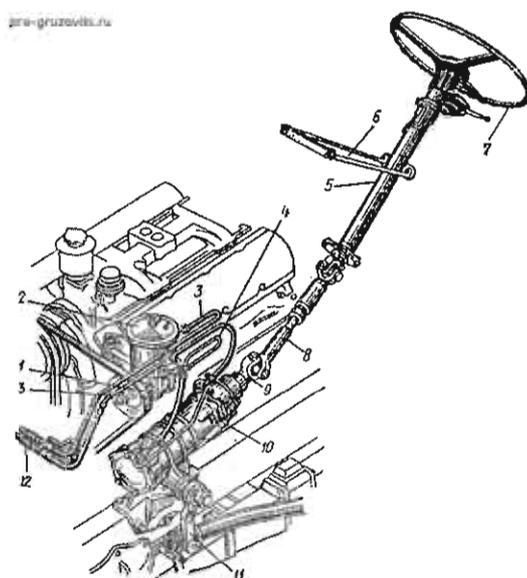


Рис.9 – Рулевое управление

1-насос гидроусилителя; 2-бачок насоса; 3 и 4-шланги соответственно низкого и высокого давления; 5-колонка рулевого управления; 6-кронштейн; 7-рулевое колесо; 8- карданный вал; 9-клин крепления карданного вала; 10-рулевой механизм; 11-сошка рулевого управления; 12-масляный радиатор

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2.2. Момент сопротивления повороту рулевого колеса [5]

$$M_c = \frac{2\varphi}{3} \sqrt{G_K^3 / p_{ш}}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – коэффициент сцепления с дорогой, при повороте колеса на месте;

$p_{ш} = 3,9 \times 10^5$  – давление воздуха в шине, МПа;

$G_K = 21750$  Н – нагрузка на переднюю ось;

$$M_c = \frac{2 \cdot 0,85}{3} \sqrt{21750^3 / 3,9 \cdot 10^5} = 2911 \text{ Нм}.$$

## 2.3. Усилие на рулевом колесе для поворота на месте [5]

$$P_{P.K} = \frac{M_c}{U_{\omega} \cdot R_{P.K} \cdot \eta_{P.M}}, \text{ Н}, \quad (2)$$

где  $U_{\omega}$  – передаточное число рулевого механизма;

$\eta_{P.M}$  – КПД рулевого механизма;

$R_{P.K}$  – радиус рулевого колеса:

$$R_{P.K} = \frac{D_{P.K}}{2}, \text{ м}, \quad (3)$$

$$R_{P.K} = \frac{0,450}{2} = 0,225 \text{ м};$$

$$P_{P.K} = \frac{2911}{20 \cdot 0,225 \cdot 0,85} = 761 \text{ Н}.$$

Вычисленное значение усилия на рулевом колесе  $P_{P.K} = 761$  Н превышает допустимое  $[P_{P.K}] = 700$  Н, значит требуется установка рулевого усилителя.

## 2.4. Гидроусилитель руля

Гидроусилитель рулевого управления уменьшает усилие, которое необходимо приложить к рулевому колесу для поворота передних колёс, смягчает удары, возникающие из-за неровностей дороги, и повышает

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			32

безопасность движения, позволяя сохранить контроль за направлением движения автомобиля в случае разрыва шины переднего колеса.

Схема гидроусилителя рулевого управления изображена в приложении, на листе 1.

Момент на рулевом колесе, при котором включается гидроусилитель, зависит от силы центрирующих пружин и составляет около 5 Н, что соответствует усилию 23 Н на ободе рулевого колеса. Этот же момент при максимальном расчетном моменте сопротивления повороту колес приблизительно равен 19 Н (усилие на ободе 86 Н). В действительности указанные величины несколько больше расчетных, вследствие наличия указанных выше предварительных натягов в рулевом механизме. Несмотря на это максимальное усилие на ободе рулевого колеса автомобиля ЗИЛ-130 значительно ниже не только усилия большинства грузовых автомобилей, но и многих легковых машин. «Чувство дороги» для данного гидроусилителя может характеризоваться коэффициентом [5]:

$$K = \frac{M_{\max}}{M_0}, \quad (4)$$

где  $M_{\max}$  — момент на рулевом колесе при максимальном расчетном моменте сопротивления повороту колес;

$M_0$  — момент на рулевом колесе, соответствующий включению гидроусилителя. Для автомобиля ЗИЛ-4333 коэффициент  $K = 3,8$ , что характеризует хорошее «чувство дороги».

Максимальное рабочее давление в полости цилиндра гидроусилителя при повороте автомобиля на месте равно 5,885 МПа.

Удельная работоспособность гидроусилителя [5]:

$$l_{\text{уд}} = \frac{V_p \cdot p_{\max}}{G_k}, \quad (5)$$

где  $V_p$  — рабочий объем гидроусилителя;

$p_{\max}$  — максимальное давление, развиваемое насосом.

Для автомобиля ЗИЛ-4333 при  $p_{\max} = 5,885$  МПа удельная работоспособность гидроусилителя:

										Лист
										33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ					

$$l_{yd} = \frac{0,053 \cdot 5,885}{21750} = 142 \text{ Н/тс}$$

При достаточной подаче насоса гидроусилителя частота вращения рулевого колеса такова, что насос успевает заполнить рабочую полость цилиндра гидроусилителя. У автомобиля ЗИЛ- эта частота вращения равна не менее 1,31 об/с одну сторону и 1,68 об/с в другую при минимальной частоте вращения холостого хода двигателя.

### 2.5. Силовое передаточное число рулевого управления [5]

$$u_c = \frac{M_c}{M_{p.k}}, \quad (6)$$

где  $M_c$  – момент сопротивления повороту рулевого колеса, Нм;

$M_{p.k} = 86 \text{ Н}$  – момент, приложенный к рулевому колесу [5].

$$u_c = \frac{2911}{86} = 33,84.$$

Условие ограничений минимального (60 Н) и максимального (80 Н) усилий на рулевом колесе [7] после установки гидроусилителя рулевого механизма выполняется.

### 2.6. Рулевой вал

Рулевой вал (полюй) нагружается моментом:

Напряжение кручения полого вала:

$$\tau = \frac{M_{p.k} \cdot d_H}{[0,2(d_H^4 - d_B^4)]}, \text{ МПа}, \quad (7)$$

где  $d_H$  - наружный диаметр вала ,м;

$d_B$  - внутренний диаметр вала, м.

$$d_H = 0,025 \text{ м}; d_B = 0,020 \text{ м}.$$

$$\tau = \frac{86 \cdot 0,025}{[0,2(0,025^4 - 0,020^4)]} = \frac{2,15}{3,92 \cdot 10^{-8}} = 46 \text{ МПа}.$$

Вычисленное значение напряжения кручения рулевого вала  $\tau = 46 \text{ МПа}$  не превышает допустимое  $[\tau] = 100 \text{ МПа}$ , значит в изменении параметров

						Лист
					151000.2016.893.ПЗ	34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рулевого вала нет необходимости.

## 2.7. Рулевой механизм

Для винтореечного механизма в звене: винт — шариковая гайка определяют условную радиальную нагрузку  $P_{ш}$  на один шарик [5]:

$$P_{ш} = \frac{5P_x}{m \cdot z \cdot \cos \delta_{кон}}, \quad (8)$$

где  $P_x$  - осевая сила, Н;

$m = 2,5$  - число рабочих витков;

$z = 8$  - число шариков на одном витке, находят из условия полного заполнения канавки;

$\delta_{кон} = 45^\circ$  - угол контакта шариков с канавками.

Контактное напряжение, определяющее прочность шарика [5]:

$$\sigma_{сж} = k_{кр} \sqrt{\frac{4P_x E^2 \left( \frac{1}{d_{ш}} - \frac{1}{d_k} \right)^2}{m \cdot z \cdot \sin \beta \cdot \cos \delta_{кон}}}, \text{ МПа} \quad (9)$$

где  $E$  - модуль упругости первого рода ( $E = 200$  ГПа);

$d_{ш}$  - диаметр шарика;

$d_k$  - диаметр канавки;

$k_{кр}$  - коэффициент, зависящий от кривизны контактирующих поверхностей ( $k_{кр} = 0,6 \dots 0,8$ );

$[\sigma_{сж}] = 2500 \dots 3500$  МПа в зависимости от диаметра шарика.

По ГОСТ 3722-81 может быть определена разрушающая нагрузка, действующая на один шарик.

Следует учитывать, что наибольшие нагрузки в винтовой паре имеют место при неработающем усилителе.

Зубья сектора и рейки рассчитывают на изгиб и контактное напряжение

						Лист
					151000.2016.893.ПЗ	35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

по ГОСТ 21354-87, при этом конусностью зубьев сектора пренебрегают.

Окружное усилие на зубьях сектора [7]:

$$P_{\text{сек}} = \frac{M_{\text{Р.К}} \eta_{\text{РМ}}}{r_{\text{сек}}} + \frac{p_{\text{ж}} \pi D_{\text{гц}}^2}{4}, \text{ Н} \quad (10)$$

где  $r_{\text{сек}}$  – радиус начальной окружности сектора;

$p_{\text{ж}}$  – максимальное давление жидкости в усилителе;

$D_{\text{гц}}$  – диаметр гидроцилиндра усилителя.

Второе слагаемое применяется в том случае, если усилитель нагружает рейку и сектор, т. е. когда рулевой механизм объединен с гидроцилиндром.

Материал сектора - сталь 18ХГТ, 30Х, 40Х, 20ХНЗА;  $[\sigma_{\text{н}}] = 300 \dots 400$  МПа;  $[\sigma_{\text{сж}}] = 1500$  МПа.

### 2.8. Вал рулевой сошки

Напряжение кручения вала сошки при наличии усилителя [5]:

$$\tau = \frac{M_{\text{Р.К}} \eta_{\text{РМ}} + p_{\text{ж}} \pi 0,25 D_{\text{гц}}^2 r_{\text{сек}}}{0,2d^3}, \text{ МПа} \quad (11)$$

где  $d$  - диаметр вала сошки.

Материал вала сошки - сталь 30, 18ХГТ, 20ХНЗА.;  $[\tau] = 300 \dots 350$  МПа.

### 2.9. Рулевая сошка

Рулевая сошка (рис. 2). Изгиб и кручение — основные виды напряжения.

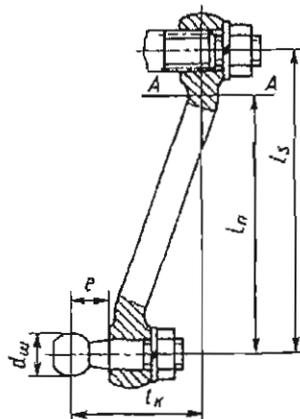


Рис. 2 - Расчетная схема рулевой сошки

						Лист
					151000.2016.893.ПЗ	36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчет ведут на сложное сопротивление. Шлицы рассчитывают на срез. Усилие на шаровом пальце сошки, вызывающее изгиб и кручение (при наличии встроенного усилителя) [5]:

$$P_{\text{сош}} = \frac{M_{\text{РК}} u_{\text{РМ}} \eta_{\text{РМ}}}{l_s} + \frac{P_{\text{ж}} \pi D_{\text{шц}}^2}{4l_s}, \text{ Н} \quad (12)$$

Напряжение изгиба в опасном сечении А-А [7]:

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{P_{\text{сош}} l_{\text{п}}}{W_{\text{и}}}, \text{ МПа} \quad (13)$$

Напряжение кручения [7]:

$$\tau = \frac{P_{\text{сош}} l_{\text{п}}}{W_{\text{к}}}, \text{ МПа} \quad (14)$$

где  $W_{\text{и}}$  и  $W_{\text{к}}$  - соответственно осевой и полярный моменты сопротивления опасного сечения.

Эквивалентное напряжение рассчитывается по одной из теорий прочности.

Материал сошки: сталь 30, 18ХГТ;  $[W_{\sigma}] = 300 \dots 400 \text{ МПа}$ .

## 2.10. Поперечная тяга

Усилие, передаваемое шестерней на рейку  $P_x$ , вызывает напряжение сжатия и продольный изгиб тяги [5]:

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{P_x}{F}, \text{ МПа} \quad (15)$$

где  $F$  – площадь поперечного сечения:

$$F = \pi \frac{d^2}{4}, \text{ м}^2 \quad (16)$$

где  $d$  - диаметр сечения тяги;

$$d = 0,016 \text{ м};$$

$$F = 3,14 \frac{0,016^2}{4} = 0,0002 \text{ м}^2;$$

$$\sigma_{\text{сж}} = \frac{4125}{0,0002} = 20,6 \text{ МПа}.$$

Критическое напряжение при продольном изгибе

					<i>151000.2016.893.ПЗ</i>	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J}{L^2 \cdot F}, \text{ МПа} \quad (12)$$

где L - длина тяги, м;

E - продольный модуль упругости, МПа;

J - момент инерции сечения тяги.

$$L = 0,3 \text{ м}$$

$$J = \pi \cdot \frac{d^4}{64}, \text{ м}^4 \quad (13)$$

$$J = \pi \cdot \frac{0,016^4}{64} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ м}^4$$

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3 \cdot 10^{-9}}{0,3^2 \cdot 0,0002} = 329 \text{ МПа.}$$

Запас устойчивости

$$\delta = \frac{\sigma_{сж}}{\sigma_{кр}} \quad (14)$$

$$\delta = \frac{329}{125} = 1,5$$

Запас устойчивости  $\delta = 1,5$ , что удовлетворяет условию  $[\delta] = 1,5 \dots 2,0$ .

### 2.11. Шаровый палец рулевого наконечника

Напряжение среза при площади сечения шарового пальца у основания:

$$\sigma_{ср} = \frac{4P_x}{F_{шп}},$$

где  $F_{шп}$  - площадь сечения шарового пальца у основания:

$$F_{шп} = \pi d_{шп}^2, \text{ м}^2 \quad (15)$$

где  $d_{шп}$  - диаметр шарового пальца

$$[\sigma_{ср}] = 25 \dots 35 \text{ МПа} \Rightarrow d_{шп} = \sqrt{\frac{4P_x}{\pi \cdot [\sigma_{ср}]}, \text{ м}$$

$$d_{шп} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3903}{\pi \cdot 35}} = 0,012 \text{ м} = 12 \text{ мм.}$$

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

## 2.12. Крестовина карданного шарнира неравных угловых скоростей

Шипы крестовины испытывают на напряжения изгиба и смятия, а крестовина – напряжение разрыва. Расчеты ведут по формулам [4]:

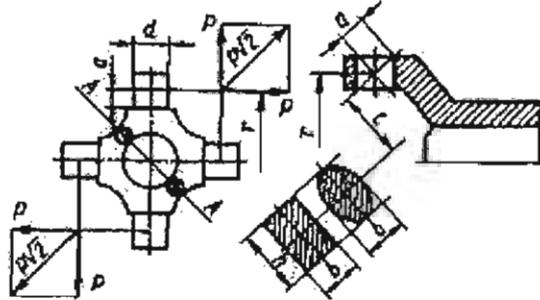


Рис. 3 - Расчетная схема карданного шарнира неравных угловых скоростей

Напряжение изгиба шипа крестовины:

$$\sigma_{и} = \frac{M_{PK} \cdot u_{\omega} \cdot a}{2r \cdot 0,1d^3} \quad (16)$$

$$\sigma_{и} = \frac{48,5 \cdot 20,3 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 15,5 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 \cdot 10,005^3 \cdot 10^{-9}} = 136 \text{ МПа}$$

$\sigma_{и} \leq [\sigma_{и}] = 300 \text{ МПа}$  - условие напряжения изгиба крестовины выполняется.

Напряжение среза шипа крестовины:

$$\tau = \frac{2M_{PK} \cdot u_{\omega}}{\pi d^2 r} \quad (17)$$

$$\tau = \frac{2 \cdot 48,5 \cdot 20,3}{3,14 \cdot 10,005^5 \cdot 15,5 \cdot 10^{-9}} = 36 \text{ МПа}$$

$\tau \leq [\tau] = 60 \text{ МПа}$  - условие напряжения среза крестовины выполняется.

Напряжение крестовины на разрыв в прямоугольном сечении А-А площадью F:

$$\sigma_p = \frac{M_{PK} \cdot u_{\omega} \cdot \sqrt{2}}{2rF} \quad (18)$$

$$b = 10,0005 \text{ мм}; h = 20 \text{ мм}.$$

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			39

$$\sigma_p = \frac{48,5 \cdot 20,3 \cdot \sqrt{2}}{2 \cdot 15,5 \cdot 20,01 \cdot 10,005 \cdot 10^{-6}} = 39 \text{ МПа}$$

$\sigma_p \leq [\sigma_p] = 100 \text{ МПа}$  - условие напряжения на разрыв крестовины выполняется.

					151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе спроектирован гидравлический усилитель руля для ЗИЛ-4333. Расчитаны основные параметры гидроусилителя.

Схема гидравлического усилителя руля, сборочный чертеж гидроусилителя выполнены в программе Компас 3D V15.

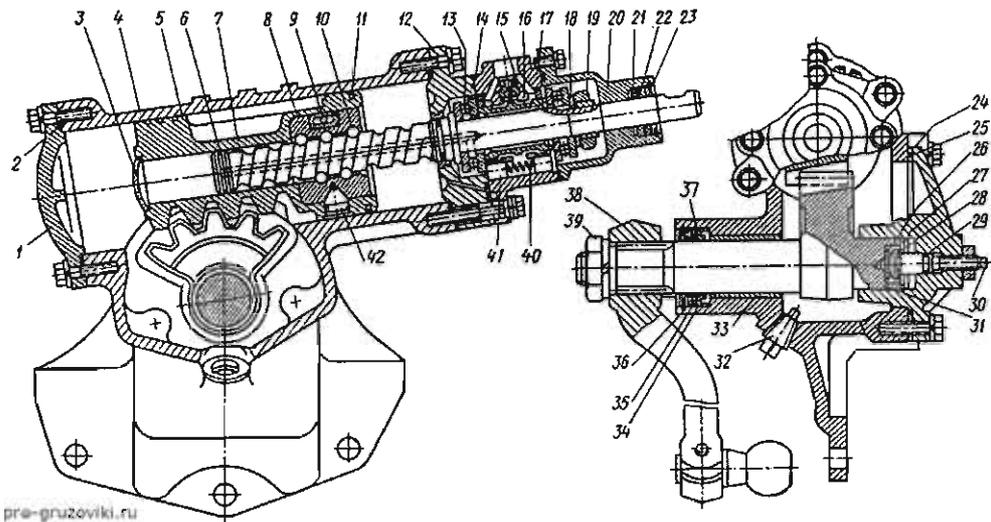
					<i>151000.2016.893.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		42

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 27436-87. Государственный стандарт. Внешний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни шума и методы измерений.
2. ГОСТ 52302-04. Автотранспортные средства. Управление и устойчивость. Технические требования.
3. База патентов СССР.
4. Ануриев В. И. Справочник конструктора – машиностроителя в 3-х т. Т.3. – 5 изд., переработанное и дополненное. – М. Машиностроение, 1980. – 559 с, ил.
5. Осеичугов В. В., Фрумкин А. К. Автомобиль: Анализ конструкции, элементы расчета. - М: Машиностроение, 1979. – 557 с.
6. Оформление пояснительной записки и графической части курсовых и дипломных проектов. Методические указания. В. М. Пономарёв, О. И. Горбунова, г. Чайковский. ЧТИ (филиал) ИжГТУ, 2003. – 99с.

						151000.2016.893.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			43

Приложение.



pre-gruzoviki.ru

1 — нижняя крышка; 2, 14, 25 и 29 — уплотнительные кольца; 3 — заглушка; 4 — картер рулевого механизма; 5 — поршень-рейка; 6 — уплотнительное разрезное кольцо; 7 — винт рулевого механизма; 8 — шариковая гайка; 9 — желоб; 10 — шарик; 11 — разрезное поршневое кольцо; 12 — промежуточная крышка; 13 — упорный шарикоподшипник; 15 — шариковый клапан; 16 — золотник; 17 — корпус клапана управления; 18 — пружинная шайба; 19 — регулировочная гайка; 20 — верхняя крышка; 21 и 34 — уплотнительные манжеты; 22, 35 и 37 — упорные кольца; 23, 28 и 36 — стопорные кольца; 24 — боковая крышка; 26 — упорная шайба; 27 — регулировочная шайба; 30 — регулировочный винт; 31 — вал сошки; 32 — пробка сливного отверстия с магнитом; 33 — бронзовая втулка вала сошки; 35 — наружная манжета; 38 — сошка с клеммным соединением шарового пальца; 39 — гайка вала сошки; 40 — пружина; 41 — реактивный плунжер; 42 — установочный винт

							Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	151000.2016.893.ПЗ		41

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Зона	Поз.						
<i>Документация</i>							
A1				51000.2016.893.00.00 СБ	Сборочный чертёж	1	
<i>Детали</i>							
	1			51000.2016.893.01.00	Картер	1	
	2			51000.2016.893.03.00	Вал рулевой сошки	1	
	3			51000.2016.893.15.00	Вал-винт рулевого механизма	1	
	4				Уплотнение	1	
	5				Крышка	1	
	6				Фланец	1	
	7				Направляющая	1	
	8				Фланец	1	
	9				Штыцер	1	
	10				Щуп	1	
	11				Сальник	1	
	12				Уплотнение	1	
	13				Втулка	1	
	14				Втулка	1	
	15				Трубка	1	
	16				Кольцо	1	
	17				Шайба	1	
	18				Уплотнение	1	
	19				Уплотнение	1	
	20				Установочный винт	1	
				151000.2016.893.00.00 СП			
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата			
Разраб.	Филиппов			2016	Лит.	Лист	Листов
Проб.	Барышев				Д	1	2
Н.контр.	Подзерко				ЮУрГУ Кафедра ГИГПС		
Утв.	Спириданов						

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		21		Крышка	1	
		22		Уплотнение	1	
		23		Кольцо	1	
		24		Патрубок	1	
		25		Уплотнение	1	
		26		Уплотнение	1	
		27		Штуцер	1	
		28		Шайба	1	
		29		Болт	1	
		30		Гайка	1	
		31		Штуцер	1	
		32		Шариковый клапан	1	
		33		Штифт	1	
		34		Гайка	1	
		35		Болт	1	
		36		Шайба стопорная	1	
		37		Винт релюировочный	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		40		Болт М10 ГОСТ 7805-70	3	
		41		Болт М12 ГОСТ 7805-70	6	
		42		Болт М14 ГОСТ 7805-70	3	
		43		Гайка М20 ГОСТ 5915-70	1	
		44		Шайба 10Н ГОСТ 6402-70	4	
		45		Шайба 12Н ГОСТ 6402-70	9	
		46		Шайба 14Н ГОСТ 6402-70	1	

Инв. № подл.    Подп. и дата    Взам. инв. №    Инв. №    ил.    Подп. и дата

151000.2016.893.00.00 СП

Лист

2

Изм. / лист    № докум.    Подп.    Дата

Копировал

Формат А4