

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра технологических машин и транспорта

Мисирова Диана Дамировна

«Модернизация рулевого управления автомобиля Lada Vesta»

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

6В07108 – Транспортная инженерия


Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения  
Кафедра технологических машин и транспорта



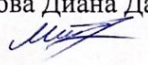
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
Заведующий кафедрой  
«Технологические машины и  
транспорт»  
  
Бортебаев С.А.  
« 12 » 06 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Модернизация рулевого управления автомобиля Lada Vesta»

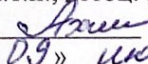
6B07108 – Транспортная инженерия

Выполнила

Мисирова Диана Дамировна  


Рецензент  
Доктор Филол. ассон. профессор  
  
Бакыт Ф. Б.  
« 13 » июня 2023 г.



Научный руководитель  
К.т.н., ассон. профессор  
  
Ахметова Ш.Д.  
« 09 » июня 2023г.

Алматы 2023



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН


Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский  
технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт энергетики и машиностроения  
Кафедра технологических машин и транспорта  
6B07106 – Транспортная инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
«Технологические машины и  
транспорт»

Кандидат технических наук

 Бортебаев С.А.  
« 18 » 11 2023г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Мисировой Диане Дамировне

Тема: «Модернизация рулевого управления автомобиля Lada Vesta»

Утверждена приказом Ректора Университета за №408-П-Ө от 23.11.2022г.

Срок сдачи законченной работы «15» июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе: Рулевого управление автомобиля Lada Vesta, система  
активного рулевого управления.

Краткое содержание дипломной работы:

а) Теоретическая часть

б) Система и принцип рулевого управления

в) Практическая часть

г) Расчетная часть

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

представлены 8 слайдов презентации работы, 5 чертежей формата А1



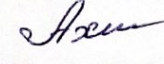
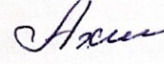

Рекомендуемая основная литература: из 10 наименований



**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Теоретическая часть	23.11.2022- 01.02.2023	выполнено
Система и принцип рулевого управления	02.02.2023- 15.03.2023	выполнено
Практическая часть	16.03.2023- 15.04.2023	выполнено
Расчетная часть	16.04.2023- 15.05.2023	выполнено

**Подписи**  
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф.(уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Теоретическая часть	Ш.Д. Ахметова к.т.н., ассоц. профессор	30.05.2023	
Система и принцип рулевого управления	Ш.Д. Ахметова к.т.н., ассоц. профессор	05.06.2023	
Практическая часть	Ш.Д. Ахметова к.т.н., ассоц. профессор	07.06.2023	
Расчетная часть	Ш.Д. Ахметова к.т.н., ассоц. профессор	10.06.2023	
Нормоконтролер	А.Т. Альпеисов к.т.н., доцент, ассоц. профессор	12.06.2023	

Научный руководитель



Ахметова Ш.Д.

Задание принял к исполнению обучающийся



Мисирова Д.Д.

Дата

«23» ноября 2022г.

## **АННОТАЦИЯ**

В дипломной работе рассматривается вопрос модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta посредством введения системы активного рулевого управления. Работа проведена на основе расчетов и литературно-патентного анализа. Модернизация рулевого управления была осуществлена посредством включения следующих работ: проведен анализ и разбор технических характеристик автомобиля Lada Vesta; осуществлен литературно-патентный анализ; проведен разбор нынешней системы рулевого управления Lada Vesta; определены необходимые компоненты и материалы для модернизации; спроектированы детали рулевого управления; осуществлен расчетно-организационный раздел; проведена компоновка модернизированной системы активного рулевого управления автомобиля Lada Vesta.

## **АНДАТПА**

Дипломдық жұмыста белсенді рульдік басқару жүйесін енгізу арқылы Lada Vesta автокөлігінің рульдік басқаруын жаңарту мәселесі қарастырылады. Жұмыс есептеулер мен әдеби-патенттік талдау негізінде жүргізілді. Рульдік басқаруды жаңғырту мынадай жұмыстарды қосу арқылы жүзеге асырылды: Lada Vesta автокөлігінің техникалық сипаттамаларына талдау және талдау жүргізілді; әдеби-патенттік талдау жүзеге асырылды; Lada Vesta рульдік басқарудың қазіргі жүйесіне талдау жүргізілді; жаңғырту үшін қажетті компоненттер мен материалдар айқындалды; рульдік басқару бөлшектері жобаланған; есептік-ұйымдастырушылық бөлім жүзеге асырылды; Lada Vesta автокөлігінің жаңартылған белсенді рульдік жүйесі құрастырылды.

## **ANNOTATION**

The diploma work examines the issue of modernization of the steering of the Lada Vesta car by introducing an active steering system. The work was carried out on the basis of calculations and literary and patent analysis. Steering modernization was carried out by including the following works: analysis of the technical characteristics of the Lada Vesta car was carried out; literary and patent analysis was carried out; analysis of the current Lada Vesta steering system was carried out; the necessary components and materials for modernization were determined; steering details were designed; the calculation and organizational section was carried out; the layout of the upgraded active steering system of the Lada Vesta car was carried out.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Теоретическая часть	9
1.1 LADA Vesta в Казахстане	9
1.2 Технические характеристики автомобиля LADA Vesta седан	9
1.3 Обзор предметной области и конструктивных особенностей аналогов	11
1.4 Рулевое управление Lada Vesta	15
2 Система и принцип рулевого управления	21
2.1 Изучение модели системы рулевого управления	21
2.2 Рулевое управление и принцип его действия	22
2.3 Основные компоненты рулевого управления	22
2.4 Передаточное отношение рулевого управления	24
2.5 Электромеханический усилитель рулевого управления	24
3 Практическая часть	27
3.1 Модернизация рулевого управления: введение системы активного рулевого управления	27
3.2 Обзор механической системы активной системы рулевого управления	28
3.3 Обзор электрической системы (IPO)	31
3.4 Функции активного рулевого управления	32
3.5 Системные компоненты активного рулевого управления для автомобиля Lada Vesta	34
4 Расчетная часть	42
4.1 Расчет полной массы автомобиля Lada Vesta	42
4.2 Расчет статистического радиуса колеса автомобиля Lada Vesta	42
4.3 Расчет коэффициента обтекаемости, сопротивления автомобиля Lada Vesta	42
4.4 Тяговый баланс автомобиля	43
4.5 Мощностной баланс автомобиля	43
4.6 Расчет экономической эффективности модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta	44
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	46
Список использованной литературы	47

## ВВЕДЕНИЕ

LADA Vesta – российские автомобили, которые принадлежат малому классу, выполняются в кузове «седан», а так же «универсал». Выпускаются с 2015 года и по сегодняшний день.

Изначально разрабатывалась модель «Лада Силуэт», однако работы приостановились, а по их возобновлению, модель назвали «Лада Веста». Главным и заметным отличием в конструкции «Весты» от «Силуэта» стало наличие в передней подвеске подрамника.

Автомобиль LADA Vesta выпускается в трёх комплектациях: Classic (базовая), Comfort (средняя) и Luxe (топовая). Для седана также доступны упрощенная комплектация Standard и топовая комплектация Exclusive.

Автомобиль LADA Vesta оснащен реечным типом рулевого управления.

Система рулевого управления, обеспечивающая направление автомобиля – это важнейшая система автомобиля, без которой невозможно определить пункт назначения его движения.

Система рулевого управления преобразует вращательное движение рулевого колеса в поворотное движение колес, и рулевое колесо поворачивается на больший угол, чтобы произвести изменение для дорожных колес меньшего радиуса.

Наиболее распространенным типом системы рулевого управления является реечная система рулевого управления, а обычная система рулевого управления включает в себя систему рециркуляционного шарового рулевого управления.

Когда водитель поворачивает рулевое колесо, присоединенная рулевая колонка, установленная под углом, называемым углом поворота рулевого колеса, также поворачивается.

Это вращение рулевой колонки, в свою очередь, приводит во вращение шестерню, прикрепленную к концу рулевой колонки и расположенную над рейкой. Когда шестерня вращается, из-за постоянного зацепления зубьев, как рейки, так и шестерни рейка перемещается линейно. Стойка с обоих концов крепится к рулевым тягам с каждой стороны для каждого переднего колеса. Это вращательное движение рулевого колеса, рулевой колонки, шестерни преобразуется в линейное движение рейки и, следовательно, колес.

Устойчивость транспортных средств, при прямом движении на высоких скоростях вызывает серьезную озабоченность у производителей автомобилей, поскольку высокая устойчивость при прямом движении делает вождение комфортным для водителя, что приводит к высокой надежности и лояльности водителей к марке. Автомобиль Lada Vesta не является исключением, и нынешний реечный тип рулевого управления устарел и требует модернизации.

Для модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta была выбрана система активного рулевого управления.

Активное рулевое управление - это, по сути, модернизированный механизм обычного рулевого управления. Наличие этой системы на борту автомобиля способствует улучшению динамических характеристик, лучшему

управлению автомобилем, а также повышает комфорт. Впервые система AFS (активное рулевое управление) была установлена в 2003 году на топовых автомобилях BMW.

Активное рулевое управление может изменять соотношение между рулевым колесом и под рулевым механизмом в зависимости от скорости движения. Кроме того, система может самостоятельно регулировать угол поворота передних колес в момент входа в поворот или торможения на скользкой дороге. Помимо этого, активное рулевое управление позволяет управлять задними колесами, тем самым повышая маневренность автомобиля.

Конструкция активной системы рулевого управления не самая простая и в то же время сочетает в себе несколько других систем безопасности. Тем не менее, существуют основные детали, которые отвечают за вращение колес и стабилизацию, остальные механизмы считаются вспомогательными, включая рулевое управление задними колесами. Среди основных механизмов - рулевая рейка, датчики, блок управления, само рулевое колесо и рулевые тяги.

Весь процесс активного рулевого управления начинается с входных датчиков, которые рассчитаны на разные параметры. Например, датчики угла поворота рулевого колеса, положения электродвигателя, датчики общего угла поворота рулевого колеса, а также датчики динамической стабилизации автомобиля.

Получив необходимую информацию от датчиков, она поступает в электронный блок управления. Можно сказать, что это сердце всей системы, и благодаря ему управляются все активные механизмы рулевого управления. Задача ЭБУ несложна - принимать сигналы, обрабатывать и передавать их на исполнительные механизмы. Прежде всего, электронный блок активного рулевого колеса взаимодействует с электроусилителем рулевого управления, системой управления двигателем и системой динамической стабилизации автомобиля.

После обработки информации сигналы поступают на рулевую рейку, а точнее, на электродвигатель рулевой рейки. За счет чего система может самостоятельно решать, насколько поворачивать руль в ту или иную сторону. Электродвигатель сам вращает кольцевую передачу, в результате чего изменяется передаточное отношение механизмов. Что касается рулевого колеса и рулевых тяг, то они выполняют те же функции, что и при обычном вождении.

Как показывает практика и различные тесты, работа электродвигателя активного рулевого управления прекращается при скорости от 180 до 220 км/ч.

Именно по этим причинам для модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta была выбрана система активного рулевого управления.



## 1 Теоретическая часть

### 1.1 LADA Vesta в Казахстане

В ноябре 2017 на автосборочном заводе «Азия Авто» в Казахстане началось производство автомобиля Lada Vesta SW Cross. Первые машины поступили в продажу в январе 2018 года.

Казахстан для российских производителей — один из основных рынков, поэтому вполне естественно, что было принято решение о локализации модели Lada Vesta.

Автомобили Lada, продающиеся в Казахстане, даже в базовой комплектации оснащаются антиблокировочной системой тормозов (ABS) и как минимум одной подушкой безопасности. Эти опции стали недоступны для Lada в России после возобновления производства в июне. Подушки безопасности вернулись в машины «АвтоВАЗа» в конце августа. Поставляла ли компания машинокомплекты для сборки в Казахстан после возобновления производства в России, не ясно.

В Казахстан приходят не полусобранные Гранты (фактически со снятым силовым агрегатом), а голые кузова и полные наборы агрегатов и комплектующих.

На заводе СарыаркаАвтоПром эти кузова окрашивают, после чего производится полноценная сборка автомобиля. А впереди — переход Гранты на производство полного цикла SKD: подготовка цеха для сварки кузовов уже ведется. Пока что СарыаркаАвтоПром выпускает по полному циклу только китайские автомобили JAC.

В Казахстане Гранта представлена с двумя типами кузова — седан и лифтбек. Цены начинаются с 4368000 тенге, то есть с 760 тысяч рублей по текущему курсу, тогда как в России Гранта стоит от 532 тысяч рублей.

Другие модели автомобиля LADA (Веста, XRAY, Ларгус, Нива Legend, Нива Travel) в Костанайе по-прежнему собирают по SKD-технологии, но впоследствии и они будут переведены на мелкоузловую сборку.

### 1.2 Технические характеристики автомобиля LADA Vesta седан

Таблица 1 - Технические характеристики автомобиля Lada Vesta

Двигатель, трансмиссия	1,6 л 16-кл. (106 л.с.), 5MT	1,6 л 16-кл. (113 л.с.), AT
Кузов		
Колёсная формула/ ведущие колёса	4 x 2 / передние	
Расположение двигателя	переднее поперечное	
Тип кузова	седан	

Продолжение Таблицы 1

Количество дверей	4	
Количество мест для сидения	5	
Длина/ ширина/ высота, мм	4410 / 1764 / 1497	
База, мм	2635	
Колея передних/ задних колёс, мм	1510 / 1510	
Дорожный просвет, мм	178	
Объём багажного отделения, л	480	
<b>Масса</b>		
Масса в снаряженном состоянии, кг	1230...1380	
Технически допустимая максимальная масса, кг	1670	
Максимальная масса прицепа без тормозной системы/ с тормозной системой, кг	450 / 900	
<b>Двигатель</b>		
Код двигателя	21129	H4M
Тип двигателя	бензиновый	
Количество и расположение цилиндров	4, рядное	
Рабочий объём, куб. см	1596	1598
Максимальная мощность, кВт (л.с.)/ об.мин	78 (106) / 5800	83 (113) / 5500
Максимальный крутящий момент, Нм/ об.мин	148 / 4200	152 / 4000
Рекомендуемое топливо	бензин 92	
Система питания	впрыск топлива с электронным управлением	
Объём топливного бака, л	55	
<b>Трансмиссия</b>		
Тип трансмиссии	5MT	AT
Передаточное число главной передачи	55	

*Продолжение таблицы 1*

Динамические характеристики		
Максимальная скорость, км/ч	182	175
Время разгона 0-100 км/ч, с	11,2	11,3
Расход топлива		
Городской цикл, л/100 км	9,3	9,2
Загородный цикл, л/100 км	5,5	5,9
Смешанный, л/100 км	6,9	7,1
Подвеска		
Передняя	независимая, типа Макферсон, пружинная, с телескопическими гидравлическими или газонаполненными амортизаторами и стабилизатором поперечной устойчивости	
Задняя	полузависимая, пружинная, с телескопическими гидравлическими или газонаполненными амортизаторами	
Рулевое управление		
Рулевой механизм	шестерня-рейка	
Шины		
Размерность	185/65 R15 (88/92, Н/Т); 195/55 R16 (91, Н)	
Посадочный диаметр	15-17 дюймов	
Диаметр расположения крепежных отверстий колеса	114,3 мм	
Диаметр центрального отверстия	66,1 мм	
Высота профиля	111 мм	
Ширина профиля	185 мм	
Диаметр диска	355,6 мм	

### **1.3 Обзор предметной области и конструктивных особенностей аналогов**

После проведения патентного поиска и анализа полученных результатов было найдено некоторое количество разработок в этой области, которые можно использовать для проектирования модернизированной системы активного рулевого управления для автомобиля Lada Vesta (Таблица 2).

Согласно международной патентной классификации разрабатываемое устройство принадлежит обобщенной группе МПК В62D 5/00 – Рулевые приводы с сервомеханизмами; а также МПК В62D 7/00 – Рычажные механизмы

рулевых приводов; поворотные цапфы и их установка.

Таблица 2 – Результаты патентного поиска

Страна	МПК	Аналоги	Название патента, сущность	Статус
США	B62D 5/22	US 6,450,285 B1	Steering system of automobile vehicle	-
Россия	B62D 7/14	Аналоги не выявлены	Система рулевого управления многоосной колесной машины	Действует
	B62D 5/30	EP 2050653, US 2004251061	Устройство для активного рулевого управления грузовым автомобилем снабжено рулевым управлением с усилителем.	Действует
	B62D 5/12	Аналоги не выявлены	Рулевое управление для колесных машин	Действует

В патенте B62D 5/22 «Рулевое устройство» или «Рулевой механизм», описывается рулевое устройство для управления колесами рулевой оси транспортного средства, имеющего, по меньшей мере, три оси.

Рулевая ось выполнена в виде задней или ведущей оси с гидравлическим устройством, которое имеет исполнительный узел для приведения колес в действие рулевым управлением и регулирующий клапан для воздействия давления на гидравлические соединения исполнительного узла и предохранительный клапан, с помощью которого рулевое устройство может быть отключено.

Переключение между нормальной работой и аварийной. При аварийном срабатывании гидравлические соединения исполнительного узла соединяются друг с другом.

Предусмотрено четыре дроссельных элемента. Первый расположен выше по потоку, а второй ниже по потоку от точки соединения очистного клапана с первой гидравлической линией, соединяющей регулирующий клапан и исполнительный узел. Третий расположен выше по потоку, а четвертый ниже по потоку от точки соединения очистного клапана со второй гидравлической линией, соединяющей регулирующий клапан и исполнительный узел.

Для улучшения характеристик вождения, например, с точки зрения маневренности и износа шин, в автомобиле, особенно, в коммерческом транспортном средстве или транспортном средстве для перевозки тяжелых



грузов, имеющем более двух осей, заменяют, по меньшей мере, одну жесткую ось, выполненную в качестве задней или ведущей оси и имеющую неуправляемые колеса с помощью рулевой оси, имеющей управляемые колеса.

Для управления колесами этой задней или ведущей оси транспортное средство оснащено рулевым устройством, которое обозначается как дополнительное рулевое управление. В этом случае гидравлика и электроника рулевого устройства приводят в действие эти колеса в зависимости от движений рулевого управления, выполняемых водителем, при этом учитывается геометрическое расположение этих колес на транспортном средстве.

В случае неисправности такого дополнительного рулевого управления усовершенствованные дополнительные системы управления этого типа могут переключаться с нормальной работы с полностью функционирующим рулевым устройством на аварийную работу, так что, в частности, может быть обеспечена безопасность транспортного средства. В этом контексте на практике появились две различные концепции безопасности.

Согласно одной из концепций безопасности, колеса, управляемые с помощью дополнительного рулевого управления, фиксируются в их мгновенном положении, в котором они находятся в момент переключения на аварийный режим.

В качестве альтернативы колеса могут быть перемещены назад с помощью соответствующих дополнительных элементов в центрированное среднее положение, соответствующее прямолинейному движению транспортного средства, и только затем зафиксированы в этом положении. В последнем упомянутом случае при аварийном срабатывании колеса рулевой оси, которые сами по себе являются управляемыми, функционируют таким же образом, как неуправляемые колеса жесткой оси.

Согласно другой концепции безопасности, колеса рулевой оси, которые управляются рулевым устройством, при аварийном срабатывании освобождаются гидравлически, при этом установка колес или конструкция рулевой оси таковы, что эти колеса, используя эффект роликов, функционируют, по меньшей мере, самонаводящимся образом. когда транспортное средство движется вперед.

В этом случае несущая способность колес не снижается, но они больше не могут передавать боковые направляющие усилия на автомобиль. Настоящее изобретение относится к рулевому устройству для колес такого типа, которые являются саморегулирующимися при аварийном срабатывании.

В данном патенте изобретение касается проблемы совершенствования рулевого устройства упомянутого выше типа с целью повышения безопасности транспортного средства.

Эта проблема решается, согласно изобретению патента.

Расположение дроссельных элементов, которое предлагается в соответствии с изобретением, приводит к ситуации, когда при аварийном срабатывании, то есть когда гидравлические соединения исполнительного узла сообщаются друг с другом гидравлически через предохранительный клапан,

обмен гидравлической средой между этими гидравлическими соединениями может происходить только в задушенной манере.

Когда, например, транспортное средство движется набок по препятствию или неровностям грунта, в случае обычного рулевого устройства боковые силы, возникающие одновременно и действующие на очищенные, то есть свободно перемещаемые в боковом направлении, колеса, могут вызвать кратковременный прогиб соответствующих колес, что может привести к неустойчивости колесика, в частности, к раскачиванию соответствующих очищенных колес.

В отличие от этого, в рулевом устройстве согласно изобретению рулевое движение очищенных колес, создаваемое внешними силами, демпфируется, поскольку обмен текучей средой между гидравлическими соединениями исполнительного узла происходит дроссельным образом.

Благодаря этой мере очищенные колеса обладают значительно улучшенными сцепными свойствами и тем самым способствуют повышению безопасности транспортного средства при аварийной эксплуатации.

Более того, меры, предлагаемые в соответствии с изобретением, обеспечивают повышение безопасности транспортного средства при нормальной эксплуатации.

Испытания показали, что пропорциональные клапаны, рассчитанные на максимальную нагрузку транспортного средства и максимальные скорости рулевого управления, на практике регулируются лишь примерно на 20% в подавляющем большинстве возникающих рабочих ситуаций.

Однако с помощью дросселей, выполненных в соответствии с изобретением, для осуществления желаемых перемещений исполнительного элемента можно дополнительно открывать пропорциональный клапан или регулировать его в значительно более широком диапазоне, поскольку для реализации тех же скоростей срабатывания пропорциональный клапан должен быть открывается или модулируется в большей степени из-за дроссельных сопротивлений, расположенных в гидравлических трубопроводах.

Таким образом, желаемым перемещением исполнительного элемента можно управлять с большей разрешающей способностью и, следовательно, более точно с точки зрения скорости и перемещения.

В предпочтительном варианте рулевое устройство может быть выполнено в виде устройства с закрытым центром, в котором регулирующий клапан перекрывает соединение регулирующего клапана, подключенное к источнику давления, до тех пор, пока не будет обнаружено отклонение управления между желаемым и фактическим углом поворота.

Эта мера гарантирует, что при движении транспортного средства по прямой при нормальной эксплуатации управляемые колеса блокируются гидравлически и обладают особенно хорошими характеристиками прямолинейного хода.

Предпочтительно, вариант осуществления этого типа с расположением с закрытым центром имеет аккумулятор давления, который питается гидравлическим насосом в соответствии с требованиями. Устройство такого типа оказалось особенно эффективным на практике, поскольку, например,

можно использовать гидравлический насос значительно меньших размеров.

Однако в обычных устройствах рулевого управления преимущества расположения с закрытым центром и аккумулятором давления могут отрицательно сказаться на дополнительном рулевом управлении в аварийной ситуации.

Например, регулирующий клапан может быть заблокирован из-за неисправности именно в таком положении, в котором аккумулятор давления подсоединен к одному из гидравлических соединений исполнительного узла.

Даже когда электроника рулевого устройства немедленно отключает гидравлический насос, поток гидравлической среды сохраняется, по крайней мере, в течение короткого времени, поскольку аккумулятор давления расширяется из-за (частично) открытого регулирующего клапана.

Таким образом, из-за разряда аккумулятора давления может произойти кратковременное отклонение при переключении на аварийный режим, и при обычном дополнительном управлении это может привести к возникновению проблем при вождении.

В отличие от этого, в рулевом устройстве согласно изобретению из-за предлагаемого расположения дроссельных элементов сброс аккумулятора давления регулируется этими дроссельными элементами. В результате скорости потока снижаются и, следовательно, уменьшаются эффекты дросселирования при прохождении потока через регулирующий клапан и клапан очистки.

Перепад давления, который накапливается между соединениями выпускного клапана, таким образом, значительно ниже и, кроме того, опять же благодаря дроссельным элементам, может распространяться на соединения исполнительного узла только дроссельным образом.

Таким образом, меры, предлагаемые в соответствии с изобретением, могут во многих отношениях повысить безопасность и эргономичность транспортного средства.

#### **1.4 Рулевое управление Lada Vesta**

Рулевое управление автомобиля Lada Vesta(рис. 1) – реечного типа, оснащено травмобезопасной рулевой колонкой, электромеханическим усилителем и механизмом регулировки по углу наклона. Тип рулевого механизма – шестерня-рейка.

Основные составляющие рулевого управления автомобиля Lada Vesta: руль; ведущий вал; шестерня; зубчатая рейка; картер рулевого механизма; регулировочное кольцо; боковые тяги; привод рулевого управления; резьбовые соединения; поворотные рычаги; упорные шариковые подшипники; упор, поджимающий к шестерне; пружина; шарниры и кузов автомобиля.

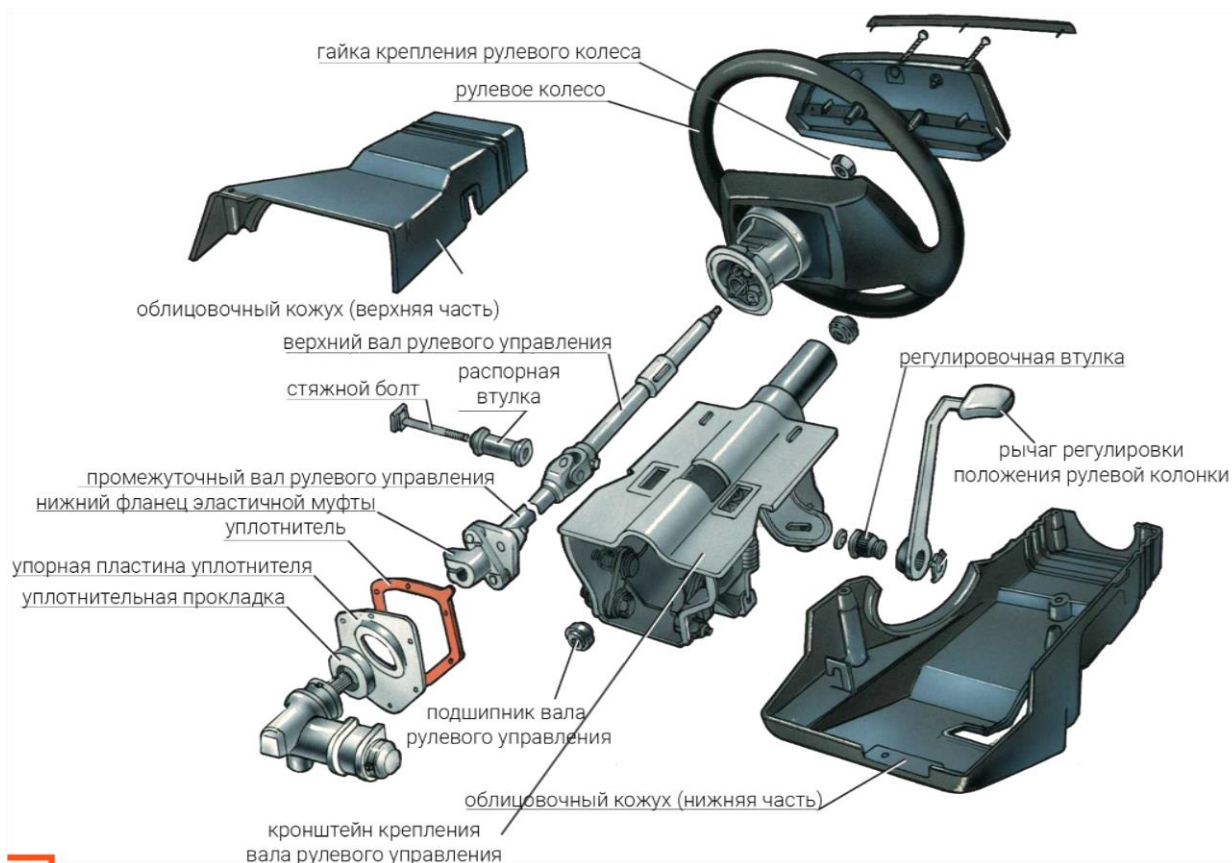


Рисунок 1 – Рулевой механизм автомобиля Lada Vesta

Когда водитель отпускает руль автомобиля Lada Vesta на прямой дороге, происходит ранний снос передней оси в предельных режимах и он начинает отклоняться от намеченной траектории, несмотря на то, что крены у Lada Vesta относительно невелики. Это отклонение называется «тяговым усилием руля», также известным как «тянущее усилие автомобиля» или «дрейф руля», и оно увеличивается по мере движения автомобиля вперед.

Таким образом, водитель применяет корректирующий крутящий момент на рулевом колесе для сохранения курса движения, что создает у него раздражающее ощущение рулевого управления, а иногда усилие на рулевом колесе может привести к серьезной аварии, когда водитель отвлекается за рулем.

По этим причинам тяговое усилие на рулевом колесе является ключевым фактором, определяющим устойчивость прямолинейного движения, и, соответственно, производители Lada Vesta должны им управлять.

Для анализа динамики параметры передней и задней подвески были смоделированы как жесткие звенья, соединенные с гибкими втулками, чтобы получить доступ к их влиянию на автомобиль во время торможения. Была изучена чувствительность податливости подвески и смещения руля к тяге рулевого управления, связанной с торможением, и представлены экспериментальные результаты тестов кинематики и податливости. Было проанализировано влияние компонентов подвески и сборочных допусков на управляемость с упором на тяговое усилие рулевого управления. Основное



внимание уделяется причинам и уменьшению усилия на рулевом управлении в конкретном случае автомобиля Lada Vesta.

Также изучено улучшение рулевого усилия в системах рулевого управления с электроусилителем (EPS).

При изучении параметров основное внимание было сосредоточено на рулевом усилии, создаваемом характеристиками шин. Исследовалось поведение шин и систем автомобиля Lada Vesta при прямолинейном движении и определил влияние шин, используя модель автомобиля с двумя степенями свободы.

Предлагается полная модель тяги руля и чувствительность факторов тяги руля на основе этой модели. Для разработки модели тяги рулевого управления также моделируются тяговое усилие шины и система рулевого управления, и достигается интеграция этих моделей.

В модели тягового усилия шины исследуются и математически моделируются факторы тягового усилия шины, такие как угол дорожного полотна, угол поворота и конусность, углы шкворней, а также угол развала.

Также моделируется система рулевого управления, состоящая из нижних тяг кузова, реечной передачи, карданного шарнира и рулевой колонки. Наконец, полная модель тягового усилия рулевого управления разработана путем интеграции модели тягового усилия шины и модели системы рулевого управления.

Тяговое усилие шины Lada Vesta.

Чтобы спрогнозировать тяговое усилие автомобиля Lada Vesta при рулении, необходимо смоделировать тяговое усилие на шинах в соответствии с условиями вождения и его геометрическими характеристиками. Были рассмотрены внешние и внутренние факторы, влияющие на тяговое усилие шины, и применены теоретические подходы к моделированию этих факторов. Для полной модели тягового усилия рулевого управления эта модель тягового усилия шины интегрируется с моделью системы руля.

Тяговое усилие на шину состоит из трех частей: тяговое усилие, зависящее от угла наклона дороги, характеристик шин и углов установки колес. Когда автомобиль Lada Vesta движется по дороге с уклоном, на шину действует тяговое усилие.

На это тяговое усилие влияют характеристики шины, остаточный момент выравнивания конусности (CRAT) и боковые силы. Наряду с характеристиками шин на тяговое усилие также влияют характеристики сход развала колес автомобиля, такие как развал, кастер и углы шкворней.

Угол придорожной насыпи.

Дорога обычно имеет угол наклона от 0,6 до 2,0 градуса для отвода воды и предотвращения образования луж во время дождя. Этот угол крена создает тяговое усилие на транспортном средстве, которое проявляется как центробежная сила. На рисунке 2 показана центробежная сила, обусловленная углом наклона дорожного полотна.

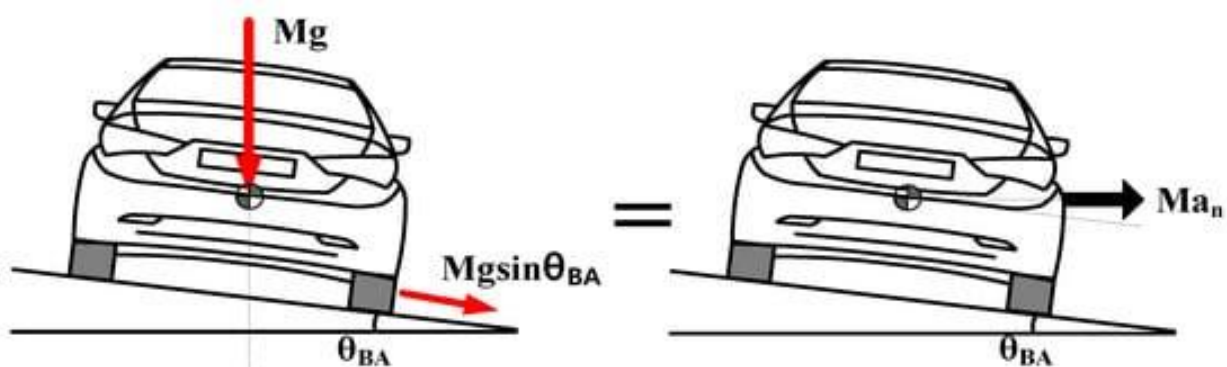


Рисунок 2 - Центробежная сила из-за угла наклона дорожного полотна

Центробежная сила автомобиля может быть представлена формулой (1).

$$Ma_n \cos \theta_{BA} = M(V^2/r) \cos \theta_{BA} = Mg \sin \theta_{BA} \quad (1)$$

где:  $M$  – масса автомобиля,

$A_n$  – центробежное ускорение,

$V$  – скорость автомобиля,

$r$  – радиус поворота,

$\theta_{BA}$  – угол крена.

$$r = (V^2 \cos \theta_{BA}) / g \sin \theta_{BA} = V^2 \tan \theta_{BA} \quad (2)$$

Как показано в формуле (2), радиус поворота определяется скоростью движения транспортного средства, и чем выше скорость транспортного средства, тем больше радиус поворота.

Радиусом поворота и расстояние движения транспортного средства в формуле (3).

$$d = \sqrt{(L^2 + r^2)} - r = \sqrt{L^2 + (V^2 / g \tan \theta_{BA})^2} - V^2 / g \tan \theta_{BA} \quad (3)$$

где:  $L$  – дальность движения автомобиля,

$d$  – расстояние тяги.

Сила курсирующего руля шины равна:

$$F_{y,ply} = (F_{y,ply\_cw} - F_{y,ply\_ccw}) / 2 \quad (4)$$

где:  $F_{y,ply}$  – усилие поворота слоя,

$F_{y,ply\_cw}$  – измеренное усилие поворота слоя по часовой стрелке,

$F_{y,ply\_ccw}$  – измеренное усилие поворота слоя против часовой стрелки.

На рисунке 3 показано расстояние тяги автомобиля Lada Vesta.

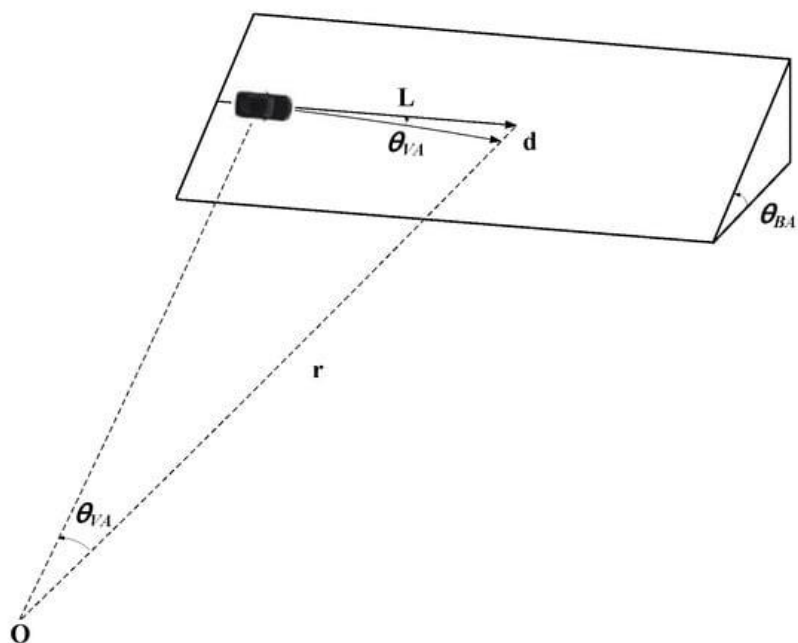


Рисунок 3 - Расстояние тяги

Сила конусности.

Когда автомобиль поворачивает, у него есть один центр вращения, и поэтому каждая шина имеет свое направление движения. Каждая шина также имеет свое направление движения, с другой стороны, и разница углов между направлением движения и курсом называется «угол скольжения». Из-за этого угла скольжения протектор смещается вбок по отношению к шине, что приводит к поперечной силе в пятне контакта.

Соответственно, в динамике транспортного средства боковая сила шины равна нулю, когда ее угол увода равен нулю. Однако во многих шинах боковая сила также вызвана конструкцией шины, такой как асимметрия каркаса и протектора. Эта боковая сила, создаваемая шинными конструкциями, называется «остаточной силой при повороте».

Остаточная угловая сила шины возникает из-за толщины слоя и конусности шины. Типичная конструкция радиальной шины состоит из нескольких слоев, соединенных вместе. Если шина катится, форма шины становится плоской в пятне контакта, что вызывает возникновение боковых и продольных касательных напряжений в зоне контакта.

Эти напряжения сдвига вызывают связанные силы реакции, которые возникают в типичных радиальных шинах в условиях прямолинейного качения и являются неотъемлемым свойством, которое означает ненулевую поперечную силу при нулевых углах скольжения.

Направление действия силы зависит от направления качения шины, как показано на рисунке 4. Как правило, сила постоянна для данной конструкции шины и имеет очень мало различий между образцами, но скорее зависит от конструкции шины.

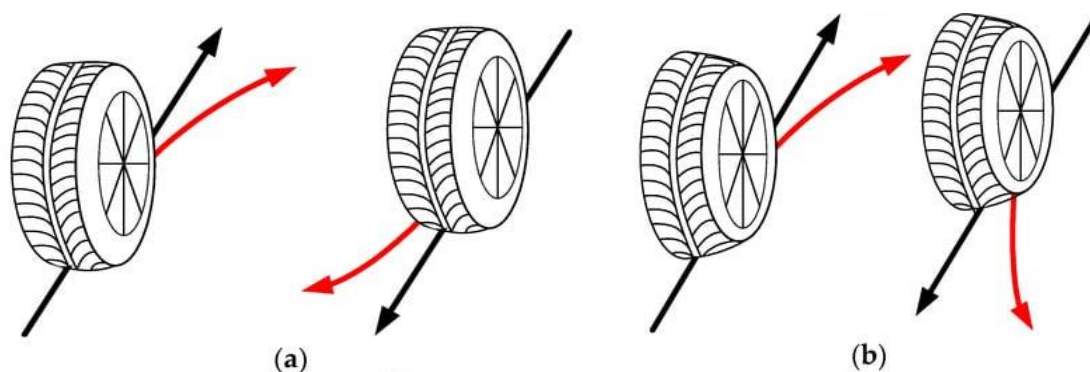


Рисунок 4 - Направление действия остаточной угловой силы (а) силы поворота корпуса (б) силы конусности

Сила конусности шины вызвана производственными ошибками и может быть объяснена конусом качения. Направление действия силы конусности не зависит от направления качения шины, как показано на рисунке 4(б).

Для шин, недавно произведенных современными системами производства шин, сила конусности очень мала из-за высокоточных производственных процессов, и когда две шины одной и той же производственной системы устанавливаются на транспортное средство, они обычно имеют одинаковое направление и величин силы конусности. Кроме того, при установке в противоположном направлении они смещают друг друга, в результате чего возникает противовес.

С другой стороны, силы курсирующего руля левой и правой шин имеют одинаковое направление, и поэтому их необходимо учитывать в модели тягового усилия шины. Сила курсирующего руля шины может быть получена путем усреднения значений курсирующего руля, измеренных в двух противоположных направлениях качения.

Регулировка углов установки колес.

Когда шина поворачивается под действием внешних сил, таких как сила рулевого управления или тянущая сила шины, шина поворачивается относительно оси шкворня. Ось этого шкворня, если смотреть спереди автомобиля Lada Vesta, расположена под углом к вертикальной линии. Этот угол называется «наклон угла поворота рулевого колеса (SAI)» или «наклон шкворня (КРІ)».

Таким же образом ось шкворня устанавливается под углом к вертикальной линии, если смотреть сбоку от автомобиля. Этот угол называется «угол кастера».



## 2 Система и принцип рулевого управления

### 2.1 Изучение модели системы рулевого управления

Система рулевого управления обычно состоит из рулевой колонки, универсального шарнира и реечной передачи. Когда колесо вращается под действием внешних сил, таких как сила руля водителя и сила, тянущая шину, оно поворачивается относительно оси поворотного шкворня, создаваемого соединениями верхней и нижней части кузова, и, таким образом, эти соединения также рассматриваются в данном исследовании.

Во многих исследованиях каждый компонент системы рулевого управления представлен системой масса-пружина-демпфер. Однако силы трения, возникающие внутри компонентов, также важны для модели тягового усилия рулевого управления, поскольку они существенно влияют на тяговое усилие рулевого управления, ослабляя тяговое усилие шины.

Модель связи нижней части.

Тяговое усилие шины передается через нижние тяги кузова автомобиля. В случае современных автомобилей шина механически соединяется с поворотным кулаком, а затем с реечной передачей через рулевую тягу. На рисунке 5 показано соотношение между тяговым усилием шины и усилием на рейке.

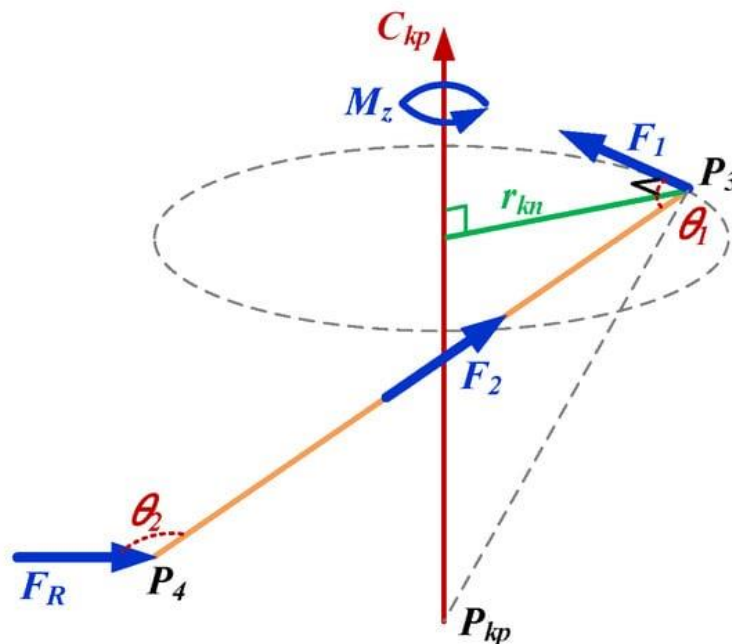


Рисунок 5 - Зависимость между усилием поворота шины и усилием на рейке

Модель реечной передачи.

Реечная шестерня соединена с поворотным кулаком через рулевую тягу. Он передает тяговое усилие шины на карданный шарнир. Поскольку движения рулевого управления обычно включают повторяющиеся изменения направления, следует избегать люфтов в системе рулевого управления. Кроме того, из-за этих изменений направления может легко произойти неравномерный износ зубьев рейки. Для предотвращения этих нежелательных явлений в

зубчатую рейку вводят пружину бугеля. Плунжер помещается на пружину бугеля и против зубчатой рейки, а гайка бугеля помещается под пружину бугеля.

Сила сжатия пружины вилки регулируется затяжкой гайки вилки, и с помощью этой силы сжатия можно предотвратить люфт зубчатой рейки и шестерни. С другой стороны, сжимающая сила также может вызвать силу трения между зубчатой рейкой и плунжером, что может повлиять на тяговое усилие рулевого управления.

## **2.2 Рулевое управление и принцип его действия**

Принцип действия рулевого управления.

Когда водитель поворачивает рулевое колесо, рулевой вал приводит во вращение шестерню. Зубья шестерни и рулевой рейки сцепляются при вращении шестерни. Это вращение приводит к толчку стойки, когда стойка перемещается, прикрепленные тяги и поворотные кулаки действуют как точки поворота и поворачивают передние шины.

Система рулевого управления преобразует вращательное движение рулевого колеса в угловой поворот передних колес. Рулевое колесо вращает рулевую колонку. Коробка передач рулевого управления установлена на конце этой колонки. Следовательно, при вращении колеса поперечный вал в коробке передач совершает колебания. Поперечный вал соединен с опускным рычагом. Этот рычаг соединен с помощью тягового рычага с рулевыми рычагами. Рулевые рычаги на обоих колесах соединены с помощью рулевых тяг с тягово-сцепным устройством. При вращении рулевого колеса поворотный кулак перемещается взад-вперед, при этом поворотные кулаки соединены друг с другом. Один конец тягового звена соединен с рулевой тягой. Другой конец соединен с концом опускного рычага.

## **2.3 Основные компоненты рулевого управления**

Передаточные числа рулевого управления и поворотные круги: Каждое транспортное средство имеет передаточное число рулевого управления, заложенное в конструкцию. Передаточное отношение рулевого управления дает механические преимущества водителю, позволяя поворачивать шины с учетом веса всего автомобиля, находящегося на них. Что еще более важно, не нужно поворачивать рулевое колесо нелепое количество раз, чтобы привести колеса в движение.

Окружность поворота автомобиля - это диаметр окружности, описываемой внешними колесами при включении полной блокировки. Не существует быстрой формулы для расчета окружности поворота.

Реечная передача: 99% систем рулевого управления автомобиля состоят из одних и тех же трех или четырех компонентов. Система рулевого управления содержит рулевое колесо, которое соединено с рулевым рычагом шестерней,

перемещающей рейку влево или вправо вдоль оси переднего колеса. Тяги соединены с концами стойки шариками и гнездовыми соединениями. Назначение рулевых тяг - обеспечивать движение подвески, а также обеспечивать возможность регулировки геометрии рулевого управления.

Длина рулевой тяги обычно может быть изменена для достижения этих различных геометрических размеров. Реечное рулевое управление помогает водителю точно контролировать положение колес. В зависимости от расположения электрического вспомогательного устройства усилие помощи может передаваться на рулевой механизм с помощью ряда средств.

Существует несколько различных типов рулевого управления. Наиболее распространенными являются реечная передача и циркулирующий шар. Реечный редуктор выполняет следующие две функции:

- Преобразует вращательное движение рулевого колеса в линейное движение, необходимое для поворота колес.
- Обеспечивает понижающую передачу, облегчающую поворот колес.

Выбор шестерен, подшипников, колес и источника питания: Шестерни - это элементы машины, используемые для передачи вращательного движения двум валам, обычно с постоянным передаточным отношением. Шестерня - это самая маленькая шестерня, а большая шестерня называется зубчатым колесом.

Обычно зубчатые колеса могут изменять скорость вращения, передавать вращательное движение на параллельный вал, а также могут передавать вращательное движение от одной оси к другой под любым углом. Цилиндрическая передача является самым простым типом изготавливаемой шестерни и обычно используется для передачи вращательного движения между параллельными валами.

Шины - это детали кольцеобразной формы, пневматические или цельные, включающие резину, металлы и пластиковые композиты, которые облегают колеса, защищая их и улучшая их функциональность. Шины повышают эксплуатационные характеристики автомобиля, обеспечивая сцепление с дорогой и поддерживая нагрузку. Шины образуют гибкую подушку между автомобилем и дорогой, которая сглаживает удары и обеспечивает более комфортную езду, сохраняя при этом постоянный контакт колеса с дорогой.

Автомобильный аккумулятор - это тип перезаряжаемой батареи, которая снабжает автомобиль электрической энергией. Автомобильные стартерные батареи, обычно свинцово-кислотного типа, обеспечивают номинальную разность потенциалов в 12 вольт путем последовательного подключения шести гальванических элементов.

Поскольку элементы естественным образом вырабатывают около 2,1 в каждый, фактическое напряжение составляет примерно 12,6 В ( $2,1 \times 6 = 12,6$  В) при полной зарядке.

Свинцово-кислотные батареи состоят из пластин из свинца и отдельных пластин из оксида свинца, которые погружены в раствор электролита, состоящий примерно из 35% серной кислоты и 65% воды. Это вызывает химическую реакцию, которая высвобождает электроны, позволяя им течь по проводникам для выработки электричества.

Когда батарея разряжается, кислота электролита вступает в реакцию с материалами пластин, превращая их поверхность в сульфат свинца. Когда аккумулятор заряжается, химическая реакция протекает в обратном направлении, сульфат свинца превращается в оксид свинца и свинцовый спирт.

## **2.4 Передаточное отношение рулевого управления**

Чтобы лучше понять основы теории рулевого управления, необходимо понять передаточное отношение рулевого управления. Передаточное отношение рулевого управления - это соотношение между количеством оборотов рулевого колеса по сравнению с величиной изменения угла поворота, которое происходит на передних колесах.

Например, если рулевое колесо поворачивается на 360 градусов, а передние колеса поворачиваются по дуге в 20 градусов, то передаточное отношение рулевого управления составляет 18:1. Другими словами, для достижения поворота передних колес на 1 градус требуется поворот рулевого колеса на 18 градусов.

“Высокое” передаточное отношение рулевого управления (которое является менее прямым), например 18:1, диктует, что для прохождения автомобилем поворотов требуется большая нагрузка на рулевое управление. Соотношение 18:1 хорошо подходит для высоких скоростей движения. Это связано с тем, что при смене полосы движения не будет чрезмерного перемещения передних колес.

Таким образом, численно “высокое передаточное отношение” оптимально для более высоких скоростей движения по дороге.

Напротив, при движении на более низких скоростях, например при парковке, было бы лучше использовать рулевое управление с “низким передаточным отношением”, например 10:1.

Меньшее усилие на рулевом колесе облегчило бы парковку и сделало бы ее более комфортной для водителя. Кроме того, значительно улучшились бы маневры на низкой скорости, такие как прохождение поворотов на низкой скорости или объезд дорожного мусора. “Низкое передаточное отношение” также называют “более прямым” передаточным отношением рулевого управления.

Реечное рулевое управление, по существу, состоит из шестерни и зубчатой рейки. Передаточное отношение рулевого управления определяется соотношением между числом оборотов шестерни (поворотом рулевого колеса) и ходом рейки. Передаточное отношение рулевого управления зависит от хода рейки и соответствующего зацепления рейки. Эта система управляет регулировкой рулевого управления и рабочими усилиями.

## **2.5 Электромеханический усилитель рулевого управления**

Сегодня электромеханический усилитель рулевого управления заменяет

гидравлический усилитель рулевого управления во многих автомобилях, и автомобиль Lada Vesta не исключение.

Электромеханический усилитель рулевого управления устраняет нагрузку на двигатель, который при использовании гидроусилителя рулевого управления может развивать от 8 до 10 л.с. под нагрузкой. Это повышает экономию топлива, а также снижает вес громоздкого гидравлического насоса и шлангов.

В настоящее время систему электромеханического усилителя можно рассматривать как мехатроническую систему, которая уменьшает усилие на рулевом управлении за счет непосредственного приложения мощности электродвигателя к системе рулевого управления.

Потенциометр измеряет входные сигналы водителя на рулевое колесо, как направление, так и скорость поворота.

Эта информация поступает в микроконтроллер, который определяет желаемые сигналы управления двигателем для создания необходимого крутящего момента, необходимого для оказания помощи.

Хотя для снижения расхода топлива можно использовать электрогидравлическую систему рулевого управления с усилителем, но максимальную выгоду можно получить, если вместо гидравлического механизма применить электронную систему. Хорошая технология управления гидроусилителем рулевого управления достигается за счет разработки мехатронической системы.

Система электроусилителя рулевого управления использует мощность только при повороте рулевого колеса водителем, она потребляет примерно одну двадцатую энергии обычных систем гидроусилителя рулевого управления и, поскольку не содержит масла, не загрязняет окружающую среду как при производстве, так и при утилизации.

Кроме того, программное обеспечение, встроенное в контроллер электрического усилителя рулевого управления, показывает лучший результат в плане высокой производительности и простоты настройки во время эксперимента с прототипом системы.

Основное назначение системы рулевого управления с электромеханическим усилителем заключается в оказании помощи водителю. Это достигается с помощью потенциометра, который измеряет движение рулевого колеса и посылает сигнал на контроллер, пропорциональный этому движению.

Информация о движении обрабатывается в контроллере и генерируется вспомогательная команда. Эта команда подается на двигатель, который передает крутящий момент вспомогательному механизму.

Также преимуществом электромеханического усилителя рулевого управления является то, что при нем отсутствует насос гидроусилителя рулевого управления. Это повышает экономию топлива, а также снижает вес и объем насоса гидроусилителя рулевого управления и шлангов. Электроусилитель рулевого управления также работает тише, чем гидравлические системы.

Система может быть точно настроена – с точностью, с которой трудно

сравнить рулевое управление. Отслеживая действия водителя на рулевом управлении, скорость автомобиля и другие характеристики подвески, система может обеспечить нужное усилие на рулевом управлении в соответствии с быстрыми изменениями условий движения.

Система электромеханического усилителя состоит из двигателя помощи рулевому управлению на колонке с рулевой рейкой на колесах и устройством измерения крутящего момента в рулевой колонке. Колонка разделена на две части; часть, прикрепленная к рулевому колесу, соединяется с нижней частью с рулевой рейкой через торсионную тягу с датчиком крутящего момента.

Верхняя и нижняя половины оснащены магнитными датчиками, и когда верхняя половина рулевой колонки начинает двигаться, магнитные датчики посылают сигнал на компьютер управления усилителем рулевого управления.

Основываясь на predetermined таблице «карта усиления», компьютер сопоставляет входную команду крутящего момента для генерации сигналов для приведения двигателя в движение. Чем быстрее водитель поворачивает руль, тем быстрее он реагирует, причем время реакции исчисляется миллисекундами. Эта система устраняет запаздывания и кавитации, которые могут возникать в гидравлических системах.

Если рулевое колесо повернуто и удерживается в положении полной блокировки, а функция помощи при повороте достигает максимума, блок управления уменьшает ток, подаваемый на электродвигатель, чтобы предотвратить перегрузку, которая может привести к повреждению двигателя. Блок управления также предназначен для защиты двигателя от скачков напряжения, вызванных неисправностью генератора переменного тока или проблемами с зарядкой.

В настоящее время разработано четыре типа систем рулевого управления с электрическим усилителем для использования с системами реечного рулевого управления.

- Тип колонки – электродвигатель установлен на рулевой колонке.
- Двухступенчатый тип – эта установка оснащена двумя зубчатыми колесами, которые перемещают рейку. Ко второй реечной передаче, расположенной вдоль стойки, подключен электродвигатель, обеспечивающий подачу дополнительного питания.
- Реечный тип – электродвигатель подключается непосредственно к стойке. Применяя свое усилие вдоль центральной линии стойки, он способен выдерживать большие нагрузки на стойку.
- Тип шестерни - электродвигатель установлен на коробке передач в том месте, где шестерня контактирует с рейкой. Именно этот вид реечного управления установлен в автомобиле Lada Vesta.



### 3 Практическая часть

#### 3.1 Модернизация рулевого управления: введение системы активного рулевого управления

Существует необходимость в усовершенствовании существующей технологии рулевого управления Lada Vesta. В целом, лучший способ повысить маневренность, удобство и безопасность - это использовать активное рулевое управление.

Для осуществления модернизации была использована комбинация реечной системы рулевого управления автомобиля Lada Vesta с планетарной передачей. Система планетарной передачи приводится в действие с помощью 3-фазного двигателя постоянного тока, который управляется электронным модулем управления.

Активная система рулевого управления позволяет полностью изменять передаточное отношение в зависимости от скорости движения и условий окружающей среды, таких как рыскание, боковое ускорение и т.д.

В отличие от реечной передачи с изменяемым передаточным отношением, которая является чисто механической, активная система рулевого управления способна изменять передаточное отношение от более прямого (10:1) до менее прямого (20:1).

Преимущества модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta до активной системы рулевого управления.

В дополнение к крутящему моменту, обеспечиваемому гидроусилителем рулевого управления, активная система рулевого управления обеспечивает переменное передаточное отношение для помощи водителю. Во время этого процесса и в зависимости от скорости транспортного средства электродвигатель приводит в действие червячную передачу, которая соединена с элементом планетарной коробки передач. Эта коробка передач способна изменять передаточное отношение рулевого управления.

Это означает, что, в зависимости от дорожной ситуации, система рулевого управления создает дополнительный (или уменьшенный) угол поворота передних колес путем изменения передаточного отношения рулевого управления.

Активная система рулевого управления подключена к программе DSC (программа обеспечения устойчивости при вождении) и способна вмешиваться, корректируя угол поворота при первых признаках неустойчивости.

Это означает, что активное рулевое управление уменьшает количество вмешательств DSC в нижнем диапазоне срабатывания, обеспечивая тем самым оптимальный комфорт управления.

- Повышенная маневренность

Благодаря прямому передаточному числу автомобиль воспринимается как обладающий большей маневренностью и управляемостью в диапазоне средних скоростей движения (приблизительно 100 км/ч).

Водитель также гораздо лучше контролирует ситуацию, например,

избегая аварий - это в сочетании со значительно возросшей точностью рулевого управления и уменьшенным усилием на рулевом управлении. Прямой контакт с дорогой через рулевое колесо сохраняется на всем протяжении.

- Повышенное удобство

Автомобилю Lada Vesta требуется более 3 полных оборотов рулевого колеса, чтобы добиться полной блокировки колеса от крайнего левого поворота до крайнего правого. Активное рулевое управление может сократить это время на низких скоростях до менее чем 2 оборотов рулевого колеса от упора до упора.

Преимущество заключается в меньшем усилии на рулевом управлении при поворотах в городском потоке или маневрировании на узких парковочных местах.

Например, на извилистых дорогах в горных районах уменьшенный угол поворота руля также гарантирует, что руки всегда остаются в оптимальном положении на рулевом колесе, что означает, что скрещивать руки или даже предплечья в некоторых случаях больше не требуется.

Многофункциональные кнопки на рулевом колесе или рычаги переключения передач всегда остаются в пределах досягаемости в любых дорожных ситуациях.

- Повышенная безопасность активного вождения

Ситуация на высоких скоростях несколько иная в том смысле, что более не прямое передаточное отношение при движении на высокой скорости оказывает демпфирующее действие при резком (или чрезмерном) усилии рулевого управления.

Любому резкому повороту руля противодействует активная система рулевого управления и служит для стабилизации любых реакций автомобиля на рыскание.

Рыскающее движение возникает, например, при смене полосы движения, при развороте или при изменении нагрузки во время прохождения поворотов. Электронное управление активным рулевым управлением осуществляется на всех скоростях без ведома водителя. Таким образом, электронная программа стабилизации не нуждается в столь частом или мощном вмешательстве.

### **3.2 Обзор механической системы активной системы рулевого управления**

Активная система рулевого управления основана на обычной конструкции рулевого управления в стиле реечной передачи. Основным отличием активной системы рулевого управления от обычной реечной системы является рулевой привод.

В системе активного рулевого управления необходимо использовать обычную реечную передачу, модернизируя ее путем добавления исполнительного устройства - сервоэлектроника между входной шестерней (зубчатой рейкой) рулевого управления и реечной передачей.

На рисунке 6 показаны основные механические компоненты системы активного рулевого управления.

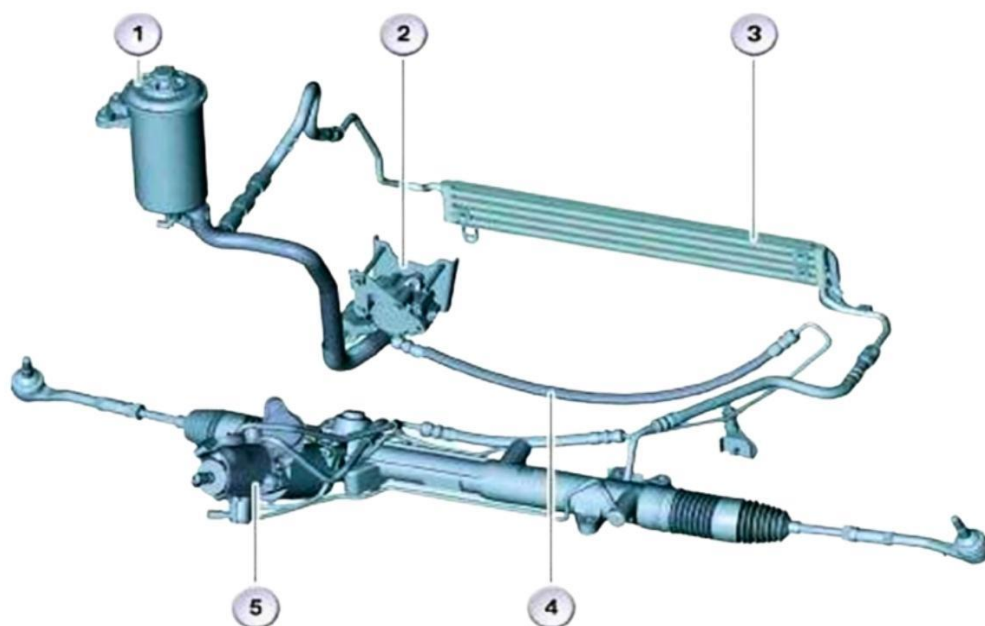


Рисунок 6 - основные механические компоненты системы активного рулевого управления

К основным механическим компонентам активной системы рулевого управления относятся следующие компоненты:

Обозначение	Пояснение
1	Резервуар для гидравлического масла
2	Гидравлический насос с экологичным клапаном
3	Охладитель жидкости для гидроусилителя рулевого управления
4	Гидравлический шланг
5	Рулевое исполнительное устройство – сервотроник

Рулевое исполнительное устройство – это и есть элемент, необходимый для осуществления процесса модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta.

Так, исполнительное устройство активного рулевого управления – сервотроник, более подробно описанный с важнейшими компонентами на рисунке 7.

Преимущество такого устройства для активного рулевого управления заключается в том, что в системе рулевого управления требуется только небольшой электродвигатель, поскольку необходимые крутящие моменты рулевого управления обеспечиваются рулевым управлением с усилителем. Когда в автомобилях используется данное известное устройство, водитель может продолжать управлять транспортным средством только вручную с передаточным числом 1:1 рулевого управления в случае выхода из строя рулевого управления с усилителем и электродвигателя.

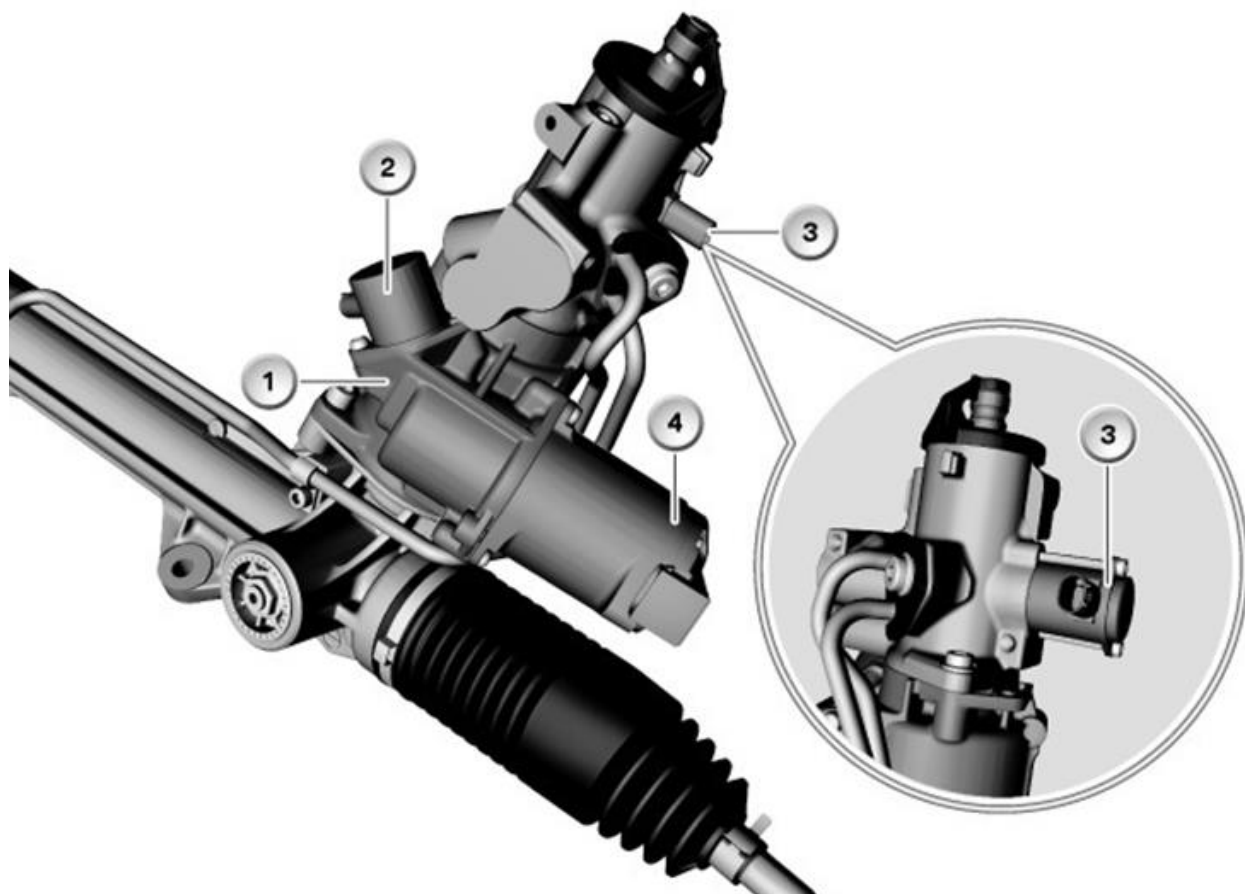


Рисунок 7 – Сервотроник и основные компоненты

Обозначение	Пояснение
1	Механизм наложения угла поворота
2	Блокиратор серводвигателя
3	Клапан сервотроника
4	Серводвигатель с датчиком положения двигателя

### 3.3 Обзор электрической системы (IPO)

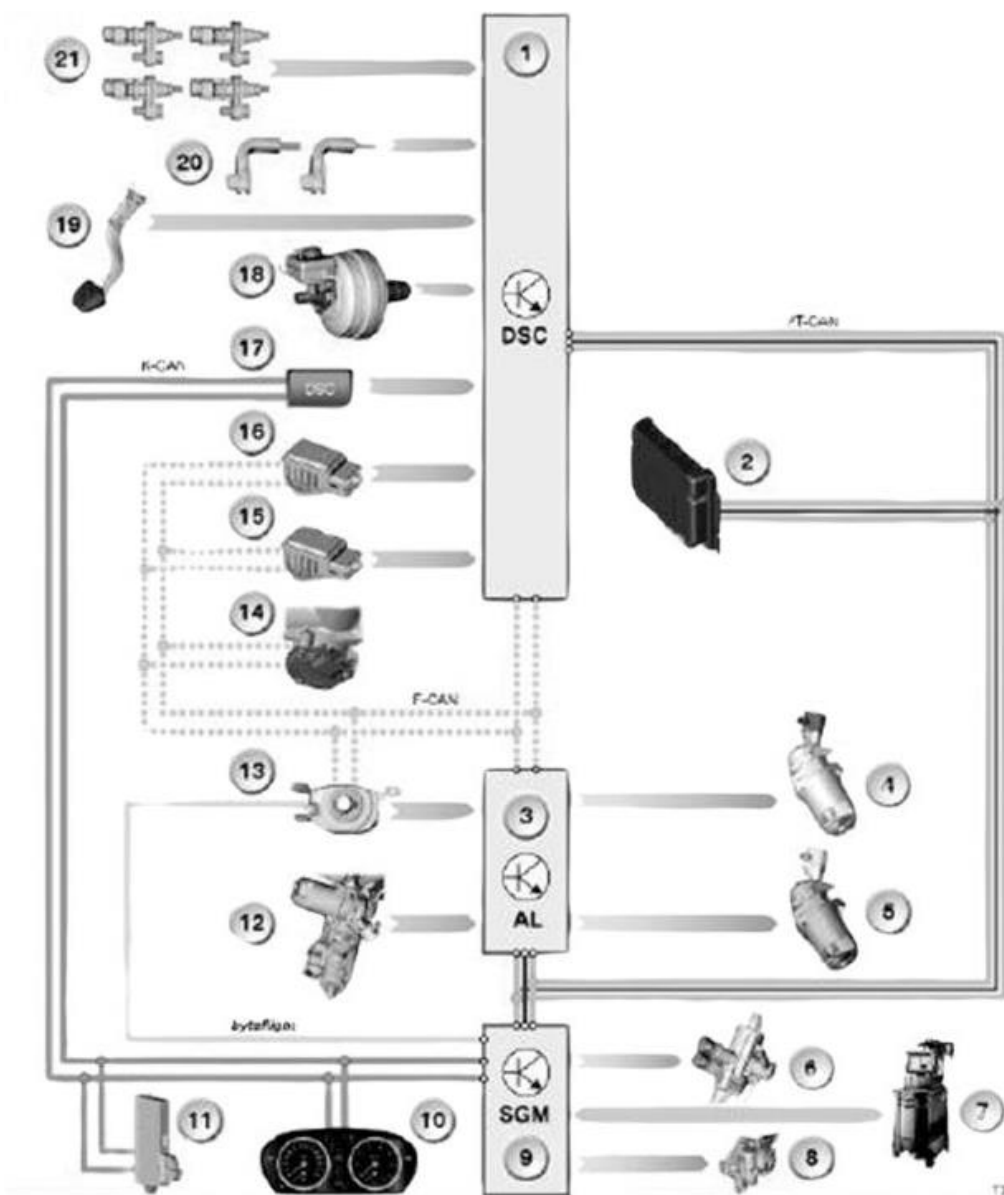


Рисунок 8 – Электрическая схема системы активного рулевого управления

Обозначение	Пояснение
1	Модуль контроля динамической устойчивости
2	Модуль управления двигателем (DME)
3	Активный модуль управления рулевым управлением (AL, AS, AFS)
4	Электромагнитный замок
5	Приводной двигатель

6	Сервотронный клапан
7	Диагностика (DISplus/GT1)
8	Отверстие с электронным управлением (ECO)
9	Модуль безопасности и шлюза (SGM)
10	Комбинация приборов
11	Система доступа к автомобилю (CAS)
12	Датчик положения двигателя привода
13	Датчик угла поворота рулевого колеса (в SZL)
14	Общий (кумулятивный) датчик угла поворота рулевого колеса
15	Датчик DSC 2
16	Датчик DSC 1
17	Переключатель DSC (в SZM)
18	Переключатель уровня тормозной жидкости
19	Выключатель стоп-сигнала
20	Датчики износа тормозных колодок
21	Датчик скорости вращения колеса Локальная сеть контроллера шасси F-CAN Локальная сеть контроллера шасси K-CAN Локальная сеть контроллера шасси PT-CAN

### 3.4 Функции активного рулевого управления

Функции активной системы рулевого управления включают в себя:

- Помощь при рулевом управлении
- Переменное передаточное отношение рулевого управления (функция активного рулевого управления)
  - Регулировка скорости рыскания (для демпфирования динамического рыскания)
  - Компенсация момента рыскания при торможении на дорожном покрытии с неодинаковыми поверхностями трения.

Помощь при рулевом управлении

Усилитель рулевого управления осуществляется с помощью обычного



гидравлического рулевого управления (конструкция с реечной передачей).

Активное рулевое управление и сервоотроник - это взаимные функции, которые в совокупности повышают усилие на рулевом управлении при маневрах на низкой скорости.

Сервоотроник контролирует степень помощи, оказываемой гидравлическим рулевым управлением, в зависимости от скорости автомобиля. Поток гидравлической жидкости ограничен в большей или меньшей степени в зависимости от того, как приводится в действие сервоотронный клапан. Ограничение расхода зависит от тока, приводящего в действие сервоотронный клапан.

В автомобиле, оснащенный активным рулевым управлением, модуль управления активного управления определяет номинальный ток для сервоотронного клапана. В случае выхода из строя модуля управления AL SGM принимает значение номинального тока по умолчанию.

Сигналы и сообщения, необходимые для работы сервоотроника, следующие:

- Скорость движения по дороге от модуля управления DSC через PT-CAN
- Состояние двигателя от модуля управления DME через PT-CAN
- Состояние терминала модуля управления CAS через K-CAN

Сервоотронный клапан приводится в действие только при включенной клемме 15 и работающем двигателе.

При наличии сигнала скорости значение номинального тока по умолчанию берется из карты характеристик.

Подача тока на сервоотронный клапан прерывается из-за неисправностей, перечисленных ниже. В этих обстоятельствах помощь рулевому управлению сведена к минимуму:

- Неверный сигнал скорости от модуля управления DSC или его отсутствие
- Статус терминала, передаваемый модулем управления CAS через K-CAN, неверен или отсутствует
- Неисправность линии на сервоотронном клапане (исключение: короткое замыкание на положительный сигнал)

В случае короткого замыкания в положительную сторону на сервоотронный клапан подается все напряжение бортовой сети. Это означает, что сервоотронный клапан полностью приведен в действие. При таких обстоятельствах помощь при рулевом управлении увеличивается до максимума.

В автомобилях без активного рулевого управления сервоотроник управляется непосредственно модулем безопасности и шлюза. Таким образом, системы помощи рулевому управлению и активного рулевого управления работают вместе и дополняют друг друга. Однако функционально эти две системы полностью независимы друг от друга.

### 3.5 Системные компоненты активного рулевого управления для автомобиля Lada Vesta

Насос гидроусилителя рулевого управления является лопастным, в котором используется электрически регулируемый клапан для регулировки объемного расхода гидравлической жидкости. В связи с тем, что активная система рулевого управления способна обеспечивать требуемый угол поворота колеса быстрее, чем обычное рулевое управление, необходим насос большого объема. Однако обычный насос большого объема был бы непрактичен из-за требований к внешним размерам. Кроме того, насос приведет к увеличению расхода топлива и выбросов вредных веществ.

В качестве альтернативы насос выполняется в виде компактного агрегата с регулируемым расходом, который управляется электронным способом с помощью активной системы рулевого управления.

Для обеспечения электронного управления насосом гидроусилителя рулевого управления в корпусе насоса гидроусилителя рулевого управления необходимо установить отверстие с электронным управлением (ЕСО).

Клапан, который устанавливается только на автомобилях, оснащенных системой AFS, при необходимости обеспечивает дополнительный поток от насоса гидроусилителя рулевого управления. Обычно это происходит на низких скоростях, когда требуется более прямое передаточное отношение рулевого управления.

Этот дополнительный поток позволяет увеличить угловую скорость передних колес при управлении на низких скоростях во время парковки или маневров на низкой скорости.

Когда на клапан ЕСО подается максимальный ток, клапан полностью открыт и позволяет насосу гидроусилителя рулевого управления обеспечивать максимальный расход 15 литров в минуту (в зависимости от частоты вращения двигателя).

Когда на клапан не подается ток, клапан закрывается и ограничивает расход гидроусилителя рулевого управления примерно до 7 литров в минуту для усиления рулевого управления.

Сервоотроник контролирует степень помощи, оказываемой гидравлическим рулевым управлением, в зависимости от скорости автомобиля. Поток гидравлической жидкости ограничен в большей или меньшей степени в зависимости от того, как приводится в действие сервоотронный клапан. Ограничение расхода зависит от тока, приводящего в действие сервоотронный клапан.

В связи с увеличенным объемом жидкости и расходом активной системы рулевого управления в систему был добавлен охладитель. Охладитель, имеющий конструкцию из 4 трубок и ребер, обеспечивает дополнительную холодопроизводительность по сравнению с обычной конструкцией охладителя. Охладитель расположен в передней части конденсатора переменного тока.

Рулевое устройство активной системы рулевого управления содержит многие компоненты, используемые в обычном рулевом устройстве, с

некоторыми дополнениями. Планетарная передача и приводной двигатель располагаются последовательно между шестерней и входным валом рулевого управления.

Основным компонентом активной системы рулевого управления является исполнительный блок, который содержит планетарную передачу, приводимую в действие 3-фазным двигателем постоянного тока.

Вход от рулевой колонки больше не подключен напрямую к шестерне реечного блока. В случае активного рулевого управления ввод рулевого управления теперь направляется на элемент планетарной передачи, а именно на одну из «солнечных шестерен».

Шестерня теперь приводится в движение дополнительной солнечной шестерней в планетарном редукторе. Две «солнечные шестерни» соединены набором планетарных шестерен, которые используются для приведения в движение двух «солнечных» шестерен.

Зубчатое колесо планетарной передачи приводится в движение бесщеточным 3-фазным двигателем постоянного тока, который управляется модулем управления AS. Приводной двигатель имеет червячную передачу, которая приводит в движение кольцевую шестерню планетарной передачи, установленной снаружи.

«Червячный привод» от двигателя электропривода входит в зацепление с внешней поверхностью кольцевой зубчатой передачи (также называемой накладывающейся). Эти планетарные шестерни также входят в зацепление как с «входной солнечной шестерней» (от входного вала рулевого управления), так и с «выходной солнечной шестерней» (шестерней).

Однако они не связаны с планетарными шестернями.

На корпусе двигателя привода устанавливается электромагнитный предохранитель (с электромагнитным приводом). Замок предназначен для удержания двигателя привода на месте во время сбоя в работе системы для обеспечения безотказной работы. Кольцевая передача, которая соединена с червячным приводом, также удерживается на месте, когда двигатель привода заблокирован.

Предохранитель представляет собой подпружиненный соленоид, который управляется модулем управления AS. Замок удерживает приводной двигатель на месте при отсутствии тока. При нормальной работе соленоид разблокируется под действием приложенного тока. Когда ток упадет ниже 1,8 А (приблизительно 3,16 В), соленоид вернется в заблокированное положение.

При возникновении неисправности системы предохранитель не позволяет кольцевому зубчатому колесу свободно вращаться. Это обеспечивает безопасную работу рулевого управления в случае неисправности системы.

Существуют другие резервные средства безопасности для активного рулевого управления, такие как 3-фазный приводной двигатель и т.д. Предохранитель является дополнительным (резервным) предохранительным устройством. Но для рулевого управления Lada Vesta рекомендуется установление данного предохранительного средства.

Приводной двигатель представляет собой 3-фазный синхронный

электродвигатель постоянного тока. Он управляется с помощью модуля активного рулевого управления. Приводной двигатель приводит в действие червячную передачу, которая соединена с кольцевой шестерней планетарной передачи, установленной в корпусе исполнительного устройства. Передаточное отношение от червячной передачи к кольцевой передаче составляет 20,5:1.

Приводной двигатель позволяет модулю активного рулевого управления изменять передаточное отношение рулевого управления. Приводной двигатель не обеспечивает усилия поворота передних колес. Усилие поворота по-прежнему обеспечивается приводом водителя и системой гидроусилителя рулевого управления (реечной передачей, насосом гидроусилителя рулевого управления и т.д.).

Питание электродвигателя имеет 3 фазы для обеспечения безопасности системы. Электродвигатель способен непрерывно вращаться только в том случае, если на все 3 фазы подается ток синхронно с соответствующим положением двигателя. Питательная катушка статора приводит в движение ротор электродвигателя, состоящий из постоянного магнита. Эта процедура зависит от создаваемого магнитного поля.

Положение ротора определяется датчиком положения двигателя. Направление вращения электродвигателя определяется последовательностью, в которой на 3 фазы подается ток.

Электродвигатель не может непрерывно вращаться при постоянном напряжении, например, из-за неисправных компонентов или короткого замыкания (в отличие от асинхронного двигателя).

Непреднамеренный поворот (саморегулирование) электродвигателя предотвращается в случае короткого замыкания, поскольку электродвигатель не может поворачиваться более чем на  $120^\circ$  (т.е.  $3 \times 120^\circ = 360^\circ$ ).

При коротком замыкании 3 фаз двигатель активно тормозится для быстрой работы и используется для отключения системы в случае неисправностей.

Датчик положения двигателя устанавливается на приводном двигателе. Датчик используется для определения положения вала ротора и работает по магниторезистивному принципу.

Датчик положения двигателя состоит из магниторезистивного элемента и постоянного магнита. Постоянный магнит расположен на торце вала ротора приводного двигателя. Магниторезистивный элемент измеряет магнитное поле в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Датчик положения двигателя имеет диапазон измерения  $180^\circ$ . Датчик положения двигателя подает 2 сигнала напряжения. Поворот на  $360^\circ$  основан на 2 периодах сигнала. Два сигнала напряжения используются для расчета положения вращения двигателя.

Количество полуоборотов подсчитывается модулем управления AL, который сохраняет это число в своей памяти при выключении зажигания.

В активной системе рулевого управления датчик угла поворота определяет только величину «желаемого» усилия водителя на рулевом управлении. «Фактическая» мощность рулевого управления определяется

активной системой рулевого управления в зависимости от скорости движения по дороге или динамики транспортного средства.

Таким образом, существует второй датчик, который используется для определения фактического угла поворота рулевого колеса путем контроля положения вала шестерни. Этот датчик отслеживает «совокупный» или суммарный угол поворота рулевого колеса.

Датчик общего угла поворота установлен в основании реечного привода. Датчик работает по магниторезистивному принципу и контролирует постоянный магнит, прикрепленный к концу шестерни.

Датчик общего угла поворота рулевого колеса откалиброван на заводе-изготовителе и в настоящее время не подлежит замене в качестве отдельной сервисной детали.

Накопительный датчик угла поворота рулевого колеса работает в соответствии с магниторезистивным принципом. Магниторезистивный принцип основан на эффекте, при котором проводимость ферромагнитного слоя (магниторезистивного элемента) изменяется под воздействием внешнего магнитного поля в той же плоскости, что и слой. Изменение сопротивления слоя зависит от направления и напряженности внешнего магнитного поля.

Датчик общего угла поворота связан с DSC и активной системой рулевого управления через систему CAN шасси (F-CAN).

Сообщение об угле поворота передается в активный модуль управления рулевым управлением с помощью блока переключателей рулевой колонки (SZL). В SZL имеется второй процессор для вычисления избыточного угла поворота. Второй процессор устанавливается только в том случае, если транспортное средство оснащено активным рулевым управлением. Так как в Lada Vesta не активное рулевое управление, второй процессор в нем отсутствует. Второй процессор используется для контроля достоверности сигнала.

Датчик угла поворота рулевого колеса располагается в блоке переключателей рулевой колонки. Датчик угла поворота рулевого колеса представляет собой потенциометр с двумя измерительными элементами, смещенными на 90°. Измерительные элементы, смещенные на 90°, обеспечивают резервирование измерительного напряжения.

Избыточные сигналы и возможные электрические неисправности отслеживаются в первом процессоре. Этот процессор также отвечает за преобразование напряжения в угол поворота рулевого колеса.

Для этого преобразования в расчет должна быть включена функция согласования, которая служит для калибровки положения рулевого колеса по прямой до нулевого угла поворота рулевого колеса.

Поскольку принцип работы датчика позволяет измерить только один оборот, количество оборотов рулевого колеса должно быть подсчитано в другом месте. Выходные значения на F-CAN являются многооборотными значениями и содержат количество подсчитанных оборотов.

В дополнение к обработке сигналов для модуля управления DSC (F-CAN) сигналы от второго процессора независимо оцифровываются в SZL для модуля

активного управления рулевым управлением.

Эти значения для одного оборота передаются в активный модуль управления рулевым управлением по отдельной последовательной шине. Этот второй путь предназначен только для оценки сигнала. Крайне важно, чтобы аналого-цифровое преобразование и последовательная обработка происходили независимо от первого канала.

Этот блок переключателей на рулевой колонке представляет собой комбинацию технологий, которые ранее не устанавливались на моделях Lada Vesta.

Два модуля управления, ранее отвечавшие за эту систему (электронный модуль рулевого колеса LRE и электронный модуль рулевой колонки LSE), объединяются в один модуль управления (блок переключателей рулевой колонки).

Датчик угла поворота рулевого колеса выполняется в виде бесконтактной оптической системы измерения угла поворота.

Система состоит из кодового диска и оптического датчика. Кодовый диск подключается через приводной элемент непосредственно к рулевому колесу. Диск с кодом поворачивается внутри оптического датчика при перемещении рулевого колеса.

Блок переключателей рулевой колонки должен определять угол поворота и скорость вращения рулевого колеса в качестве основы для расчета различных функций в DSC.

Вычисляется дополнительная информация, такая как абсолютный угол поворота рулевого колеса или информация о повороте рулевого колеса. Определяется угол поворота -  $180^{\circ}/+180^{\circ}$ .

Сверху кодовый диск подсвечивается светодиодом и волоконно-оптическим блоком. Из-за рисунка на кодовом диске свет сверху достигает дна только в определенных местах, где световые лучи попадают на линейную камеру.

Линейная камера преобразует линейные сигналы в электрические и передает их в SZL.

Относительный угол поворота рулевого колеса указывает на угловое положение рулевого колеса. Информация, относящаяся к относительному углу поворота рулевого колеса, всегда сохраняется, даже при отключении питания блока управления. Повторная регулировка нуля необходима только после замены блока переключателей рулевой колонки SZL.

Датчик бокового ускорения и датчики скорости рыскания объединены в одном корпусе и обозначены как DSC (группа датчиков). Датчик DSC 2 используется с целью резервирования сигнала и проверки достоверности. Что касается расположения, то датчик DSC 1 должен быть расположен под пассажирским сиденьем справа от туннеля трансмиссии автомобиля Lada Vesta. Датчик DSC 2 должен находиться под сиденьем водителя слева от туннеля трансмиссии.

Что касается конструкции, то два датчика DSC практически идентичны. Однако датчик DSC 2 имеет дополнительный оконечный резистор. Два датчика



DSC имеют разные номера деталей.

Кроме того, каждый из двух датчиков DSC имеет свою собственную идентификацию на шине CAN (сообщение CAN). Это исключает возможность путаницы с датчиками DSC.

Датчики DSC представляют собой комбинацию датчиков бокового ускорения и скорости рыскания. Датчик DSC состоит из:

- Корпус с разъемом
- Амортизатор для предотвращения механического перенапряжения
- Сенсорный элемент:

Чувствительный элемент, который состоит из 2 пьезоэлектрических датчиков ускорения. В измерительной ячейке датчика ускорения подвешен подпружиненный груз.

Работа датчика

Каждый из двух датчиков DSC подает сигнал о скорости рыскания и сигнал ускорения. Любое ускоренное движение приводит к ускорению подвешенной на пружине массы. Сила, необходимая для достижения этого, создается механическим натяжением пьезоэлектрического материала. Это приводит к смещению электрического заряда. Электроды используются для обнаружения этого сдвига, который выводится в виде электрического сигнала для обработки.

Второй датчик DSC реализует резервирование с точки зрения регистрации сигналов бокового ускорения и скорости рыскания. Тот факт, что используются 2 датчика DSC, означает, что можно контролировать достоверность.

Два датчика DSC запускаются модулем управления DSC (активируются каждые 10 миллисекунд). Каждый раз, когда они срабатывают, два датчика DSC посылают свои сигналы в F-CAN.

Модуль управления активным рулевым управлением располагается в пространстве для ног со стороны пассажира автомобиля Lada Vesta. Он крепится болтами к поддону пола. Имеется защитный кронштейн (корпус) для предотвращения повреждений при наступлении.

В корпусе модуля управления AS имеется штифт для подключения экрана для 3 фаз (U, V, W) электрического серводвигателя. В модуле также есть два внутренних процессора. F-CAN соединяет модуль управления AS с модулем DSC.

Функция модуля:

Модуль управления активного управления интегрирован в бортовую сеть с помощью силового агрегата CAN и шасси CAN (F-CAN). Функциональные алгоритмы для расчета номинальных значений для работы электрического серводвигателя хранятся в модуле управления AS.

В дополнение к собственно системным функциям модуль управления обладает следующими функциями:

- Управление насосом гидроусилителя рулевого управления
- Проверка перед поездкой

Модуль управления активного управления инициализируется после

включения зажигания (предварительная проверка). Электрический серводвигатель не приводится в действие во время инициализации. Сигналы датчиков проверяются и, при необходимости, калибруются.

При обнаружении ошибок либо статус непосредственно меняется на "Ошибка", либо управление скоростью рыскания отключается. Когда состояние системы равно "Ошибка", активация электрического серводвигателя отключена. Статус системы изменится на "Диск" после успешного завершения инициализации.

- Проверка надежности датчика
- Контроль привода
- Аутентификация транспортного средства (проверяется с помощью системы доступа к автомобилю (модуля управления CAS), чтобы убедиться, что авторизация была подтверждена).

Модуль управления AS использует различные входные сигналы для вычисления сигналов для приведения в действие электрического серводвигателя.

Входными сигналами являются:

- Частота вращения колес (датчики скорости вращения колес через DSC)
- Скорость рыскания и боковое ускорение (от датчика DSC или других датчиков)
- Угол поворота рулевого колеса (по данным датчика угла поворота рулевого колеса)
- Общий угол поворота рулевого колеса (по данным датчика общего угла поворота рулевого колеса)
- Положение электрического серводвигателя (по данным датчика положения двигателя)

SGM (Модуль безопасности и шлюза) обеспечивает функцию шлюза. В корпусе SGM расположены 2 отдельные материнские платы, соединенные CAN-соединением. Выходные каскады для управления клапанами ECO интегрированы в SGM. SGM находится в отсеке для оборудования за бардачком.

SGM получает информацию об объемном расходе для управления сервотронным клапаном и ECO от модуля активного управления рулевым управлением. Сигнал от SGM для управления сервотронным клапаном и ECO имеет широтно-импульсную модуляцию.

Программное обеспечение для управления клапаном сервотроника и ECO устанавливается в SGM на автомобилях с активным рулевым управлением. Модуль активного управления рулевым управлением отправляет информацию, необходимую для управления сервотронным клапаном и ECO, в SGM. Информация передается через PT-CAN.

Программное обеспечение для управления клапаном устанавливается в SGM на автомобилях с активным рулевым управлением. В автомобилях без активного рулевого управления эко-клапан не устанавливается, поэтому он отсутствует в автомобиле Lada Vesta.

Модуль KGM заменяет модуль безопасности и шлюза (SGM). Что

касается активной системы рулевого управления, то KGM обеспечивает функции шлюза для задействованных автобусных систем.

На автомобилях, не оснащенных активным рулевым управлением, KGM управляет клапаном сервотронной системы. Он подключается через два 51-контактных разъема к системной сети и устанавливается в держатель блока управления за бардачком.

Специальная контрольная лампа на комбинации приборов загорается, указывая на неисправность в активной системе рулевого управления. В то же время на жидкокристаллическом дисплее отображается сообщение о проверке. Текст контрольного сообщения может быть вызван на Центральном информационном дисплее (CID), если он установлен.

Для активного рулевого управления на комбинации приборов имеются следующие дисплеи: специальная функциональная сигнальная лампа (требуется по закону) и жидкокристаллический дисплей, на котором отображается символ контрольного элемента.

Водитель получает информацию о неисправностях в активной системе рулевого управления с помощью следующего:

- С помощью специальной функции предупреждения и индикаторной лампы
  - Проверка: контрольное сообщение с помощью символа (желтый)
  - Текст сообщения о проверке на центральном информационном дисплее (с текстом дополнительной информации).

## 4 Расчетная часть

### 4.1 Расчет полной массы автомобиля Lada Vesta

Ссылаясь на данные Таблицы 1, была вычислена полная масса автомобиля Lada Vesta по формуле:

$$M_a = M_0 + M_{чп} + M_B \quad (5)$$

где  $M_0$  – снаряженная масса автомобиля

$M_{ч}$  – масса одного человека (75кг.)

$M_B$  – масса багажа из расчета на одного человека (10 кг.)

$n$  – количество пассажиров, включая водителя

$$M_a = 1230 + 75 \times 5 + 50 = 1655 \text{ кг}$$

### 4.2 Расчет статистического радиуса колеса автомобиля Lada Vesta

$$r_{ст} = 0,5 d + \lambda_z H \quad (6)$$

где  $d = 16$  – посадочный диаметр, дюймы (0,4064 м.)

$\lambda_z = 0.91$  – коэффициент вертикальной деформации

$H/B = 60$  – соотношение высоты профиля шины к ее ширине, %

$B = 185$  – ширина профиля шины, мм (0,185 м.)

$H = 111$  – высота профиля шины, мм (0,111 м.)

$$r_{ст} = 0,5 \times 0,4064 + 0,91 \times 0,111 = 0,304 \text{ м.}$$

### 4.3 Расчет коэффициента обтекаемости, сопротивления автомобиля Lada Vesta

$$K = C_x p/2 \quad (7)$$

где  $C_x$  – коэффициент аэродинамического сопротивления – 0,38

$P = 1.239$  – плотность воздуха в н.у.

$$K = 0.38 \times 1.239/2 = 0.235$$

Расчет лобовой площади автомобиля Lada Vesta

$$F = 0.8 B_r H_r \quad (8)$$

где  $B_r$  – габаритная ширина – 1764 мм (1,7 м.)

$H_r$  – габаритная высота – 1497 мм (1,5 м.)

$$F = 0,8 \times 1,5 \times 1,7 = 2,04 \text{ м.}$$

Расчет коэффициента сопротивления качению при малой скорости

$$f = f_0 \cdot (1 + V^2/2000) \quad (9)$$

$$f = f_0 (1 + 48,1^2/2000)$$

#### 4.4 Тяговый баланс автомобиля

Сила тяги на ведущих колесах автомобилей, в зависимости от его скорости автомобиля, при движении на выбранный передаче:

$$P = (U_k U_0 M_e \eta_{тр}) / r_k \quad (10)$$

Результаты расчетов тяговых сил на ведущих колесах, на соответствующей передаче и сил сопротивления на высшей передаче сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчётов тяговых сил на ведущих колесах

n, об/мин	Тяговая сила на ведущих колесах на передаче, Н					Сила сопротивления на V передаче, Н		
	1	2	3	4	5	P <sub>В</sub>	P <sub>Д</sub>	P <sub>Σ</sub>
1000	7046	3784	2639	1824,5	1513,9	35,7	160,3	196,1
1500	7364	3956	2759	1907,1	1582,4	83,5	167,1	250,6
2000	7575	4069	2838	1961,8	1627,7	151	176,7	328,1
2500	7679	4125	2877	1988,6	1650,1	239	189,1	428,6
3000	7676	4123	2876	1987,8	1649,4	347	204,3	551,7
3500	7566	4064	2834	1959,4	1625,8	475	222,3	697,9

#### 4.5 Мощностной баланс автомобиля

Мощностной баланс автомобиля рассчитывается по формуле:

$$N_T = N_e - N_{тр} = N_f + N_{П} + N_B + N_{И} \quad (11)$$

Результаты расчетов мощностного баланса автомобиля Lada Vesta сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Результаты расчёта мощностного баланса

$V_{MAX}$	8,05	12,31	16,5	20,8	25,1	29,3	33,6	37,9	42,1	46,4	50,7
$N_e$	15,97	25,53	35,3	45	54,2	62,5	69,6	74,9	78,2	79,1	77,2
$N_T$	14,69	23,49	32,5	41,4	49,9	57,5	64	68,9	72	72,8	71,3
$N_B$	0,22	0,78	1,9	3,8	6,6	10,6	16	22,8	31,5	42,0	54,7
$N_D$	1,29	2,06	2,93	3,94	5,1	6,5	8,18	10,1	12,3	14,9	18
$N_B+N_D$	1,51	2,84	4,84	7,75	11,7	17,1	24,1	33	43,9	57,7	72
$(N_B+N_D)/N_T$	0,10	0,12	0,15	0,19	0,24	0,30	0,4	0,48	0,61	0,78	1

#### 4.6 Расчет экономической эффективности модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta

Расчетные данные по эффективности модернизации рулевого управления автомобиля Lada Vesta занесены в таблицу 5.

Таблица 5 - Расчетные данные по эффективности модернизации рулевого управления

№	Название	Значение
1	Цена сервотронника	17400 тг.
2	Цена клапана сервотронника	23200 тг.
3	Общая сумма затрат на приобретение необходимых деталей	40600 тг.
4	Работа по установлению сервотронника	30000 тг.
5	Годовой экономический эффект на активном рулевом механизме	15660 тг./год
6	Годовой экономический эффект от увеличения долговечности наконечников рулевых тяг	5452 тг./год
7	Годовой экономический эффект от увеличения ходимости шин	40600 тг./год
8	Суммарный годовой экономический эффект	61712 тг./год
9	Срок окупаемости	5 лет

Годовой экономический эффект активного рулевого управления.

$$T_o = K_{inv} / \Pi$$

где:  $K_{inv}$  – первоначальные капиталовложения, тг.

$\Pi$  - среднегодовая прибыль от реализации проекта, тг.

Следовательно,  $\Pi = K_{inv} / T_0$ .



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Активная система рулевого управления, хоть и сложный механизм, но без нее современные автомобили Lada Vesta являются не такими комфортными, а безопасность на порядок ниже, чем могла бы быть с модернизированной системой рулевого управления.

На современных версиях автомобилей Lada Vesta установлено реечное рулевое управление с травмобезопасной рулевой колонкой, с электромеханическим усилителем и механизмом регулировки по углу наклона и вылету.

Именно по причине наличия электромеханического усилителя автомобиль имеет возможность усовершенствования и модернизации рулевого управления в активную систему рулевого управления.

В данной работе представлен процесс модернизации автомобиля Lada Vesta посредством введения системы активного управления. Наличие этой системы на борту автомобиля способствует улучшению динамических характеристик, лучшему управлению автомобилем, а также повышает комфорт.

Принцип работы активного рулевого управления в автомобиле Lada Vesta заключается, прежде всего, в взаимодействии электронного блока активного рулевого колеса с электромеханическим усилителем рулевого управления, встроенного в Lada Vesta.

После проведения литературно-расчетного анализа было выявлено, что основной принцип работы активной системы рулевого управления в этом автомобиле начинается с момента запуска двигателя автомобиля: как только автомобиль трогается с места, срабатывает датчик угла поворота рулевого колеса и включается электродвигатель.

Благодаря червячной передаче электродвигатель вращает шестерню планетарной передачи. Далее усилие приходится на внешнее зубчатое колесо, которое, в свою очередь, может изменять передаточное отношение.

В результате такого взаимодействия и слаженной работы механизмов система помогает уменьшить количество оборотов рулевого колеса, а значит, повышаются комфорт и маневренность на низких скоростях. Если скорость автомобиля увеличивается, электродвигатель уменьшает скорость вращения. В результате такого соотношения увеличивается передаточное число.

Данная работа была проведена с целью разбора нынешней системы рулевого управления Lada Vesta; определения необходимых компонентов, деталей, а также материалов для осуществления модернизации; проектирования деталей рулевого управления; осуществления расчетно-организационного раздел; проведения компоновки модернизированной системы активного рулевого управления автомобиля Lada Vesta.

Все вышеуказанные действия были направлены на осуществление наиболее эффективной модернизации современной системы рулевого управления автомобиля Lada Vesta.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Ковшов А. Н. Технология машиностроения. — М.: Машиностроение, 1987. — 320 с.
- 2 Гришкевич А.И., Ломако Д.М., Автушко В.П. — Автомобили: Конструкция, конструирование и расчёт. Системы управления и ходовая часть. — Минск: Вышэйшая школа, 1987. — 200 с.
- 3 Рампель, Йорнсен. — Шасси автомобиля: рулевое управление Fahrwerktechnik: Lenkung / пер. с нем. В. Н. Пальянова, под редакцией А. А. Гальбрейха. — Москва: Машиностроение, 1987. — 232 с.
- 4 Агеев Л.Е., Шкрабак В.С., Моргулис-Якушев В.Ю. — Сверхмощные тракторы сельскохозяйственного назначения. — Ленинград: Агропромиздат, 1986. — 416 с.
- 5 Малкин В. С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей. — Ростов н/Д.: Феникс, 2007. — 431 с.
- 6 Власов В. М., Жанказиев С. В., Круглов С. М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. — М.: Академия, 2007. — 480 с. — ISBN 978-5-7695-4564-1.
- 7 Афанасьев Л. Л. Автомобильные перевозки. — М.: Транспорт, 1965. — 351 с.
- 8 Башта Т.М., Руднев С.С., Некрасов Б.Б., Байбаков О.В., Кирилловский Ю.Л. — Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов. — 4-е изд., стереотипное, перепечатка со 2-го издания. — Москва: Издательский Дом «Альянс», 2010. — С. 272-417, Часть 3 «Объёмные гидромашины и гидроприводы». — 423 с.
- 9 Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов/ Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. — 2-е изд., перераб. — М.: Машиностроение, 1982.
- 10 Схиртладзе А. Г., Иванов В. И., Кареев В. Н. Гидравлические и пневматические системы. — Издание 2-е, дополненное. М.: ИЦ МГТУ «Станкин», «Янус-К», 2003 г. — 544 с.

## Протокол

### о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

**Автор:** Мисирова Д.Д.

**Соавтор (если имеется):**

**Тип работы:** Дипломная работа

**Название работы:** Модернизация рулевого управления автомобиля Lada Vesta

**Научный руководитель:** Шолпан Ахметова

**Коэффициент Подобия 1:** 3.4

**Коэффициент Подобия 2:** 2

**Микропробелы:** 82

**Знаки из других алфавитов:** 36

**Интервалы:** 24

**Белые Знаки:** 1

**После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:**

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата  
12.06.23

Заведующий кафедрой

