

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Масалов Владимир Николаевич
Должность: ректор
Дата подписания: 16.07.2022 22:33:38
Уникальный программный ключ:
f31e6db16690784ab6b50e564da26971fd24641c

С.И. Головин
А.А. Жосан
М.М. Ревякин

Устройство автомобиля

Часть 6 Рулевое управление



УДК 62-97/-98
ББК 39.33-01

Составители: к.т.н., доцент С.И. Головин, к.т.н., доцент А.А. Жосан, к.т.н., доцент М.М. Ревякин.

Рецензенты:

доцент кафедры сервиса и ремонта машин Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», кандидат технических наук Кулев Максим Владимирович

доцент кафедры механизации технологических процессов в АПК Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», кандидат технических наук Булавинцев Роман Алексеевич.

Г61 Устройство автомобиля. Часть 6 Рулевое управление / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 78 с.

Учебно-методическое пособие по изучению конструкции автомобилей предназначено бакалаврам, обучающимся по направлениям подготовки 23.03.03 – Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов и 23.03.01 – Технология транспортных процессов, а также специалистам, обучающимся по специальности 23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства.

© С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин 2018.
© Издательство Орловский ГАУ, 2018

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Рулевое управление.....	7
1.1 Основные параметры рулевого управления	9
1.1.1 Углы поворота управляемых колес	9
1.1.2 Передаточное число рулевого механизма	11
1.1.3 Силовое передаточное число рулевого управления	12
1.2 Конструкция рулевого управления и рулевых механизмов легкового и грузового автомобиля.....	13
1.2.1 Травмобезопасная рулевая колонка	13
1.2.2 Программируемая деформация при столкновении	13
1.2.3 Червячно-роликовый рулевой механизм	17
1.2.4 Винтореечный рулевой механизм	19
1.2.5 Шестеренные (реечные) рулевые механизмы	20
1.3 Гидравлические усилители рулевого управления автомобилей.....	21
1.3.1 Гидравлические усилители грузовых автомобилей	22
1.3.2 Гидравлический усилитель реечного рулевого механизма легкового автомобиля	28
1.4 Электрогидравлические и электрические усилители рулевого управления легковых автомобилей.....	33
1.4.1 Принцип работы электрогидравлической системы усиления рулевого управления Servotronic	34
1.4.2 Электромеханический усилитель рулевого управления	36
1.4.3 Преимущества электромеханического усилителя.	39
1.4.4 Принцип работы электромеханического усилителя с двумя приводными шестернями	40
1.4.5 Многопараметровая характеристика.....	40
1.4.6 Компоновка рулевого механизма с двумя приводными шестернями	41

1.4.7 Действие усилителя при повороте рулевого колеса	42
1.4.8 Действие усилителя при движении со сверхнизкими скоростями (парковке)	44
1.4.9 Работа усилителя при относительно небольших скоростях движения	45
1.4.10 Действие электромеханического усилителя при движении вне населенных пунктов или по автомагистрали	47
1.4.11 Активный возврат управляемых колес автомобиля в среднее положение	49
1.4.12 Коррекция среднего положения управляемых колес	50
1.4.13 Режим долговременной коррекции	50
1.4.14 Режим кратковременной коррекции	51
1.4.15 Датчики и исполнительные устройства электронной системы управления усилителем с двумя приводными шестернями	52
1.4.15.1 Датчик угла поворота рулевого колеса	53
1.4.15.2 Датчик крутящего момента на рулевом колесе	55
1.4.15.3 Датчик частоты вращения ротора	57
1.4.15.4 Датчик скорости движения автомобиля	58
1.4.15.5 Электромотор усилителя рулевого управления	58
1.4.16 Электронный блок управления усилителем рулевого управления	59
1.4.17 Конструкция рулевого привода и возможные неисправности рулевого управления	60
1.4.18 Собственные и вынужденные колебания управляемых колес	65
Заключение	70
Список использованной литературы	71

ВВЕДЕНИЕ

Потребность людей в необходимости ускоренного перемещения по земле привела человечество к созданию различных машин и механизмов, наиболее удобным и любимым, из которых стал автомобиль.

Слово «автомобиль» означает «самодвижущаяся повозка», хотя в современном понимании автомобилями принято называть только средства передвижения, оснащенные автономными двигателями (внутреннего сгорания, электрическими, паровыми).

Интересную историю развития прошел рулевой механизм автомобиля. Сейчас никого не удивишь его месторасположением – для правостороннего движения – слева, для левостороннего – справа. Но такое расположение рулевого колеса определилось не сразу. Строгое деление проезжей части на левую и правую стороны движения возникло только в XX веке, а на улицах с не слишком оживленным движением продолжали ездить как придется. Вплоть до 60-х годов XX века не было отдано предпочтения движению по определенной стороне улицы. Англия, ее бывшие колонии, Япония до сих пор придерживаются левого, Швеция перестроилась слева направо лишь в 1967 году, Австрия, Венгрия и Чехословакия – в 30-х годах. В Милане ездили по левой стороне, а на остальной территории Италии – по правой. При такой разнообразии правил не могло быть единого взгляда на расположение руля. Когда же вместо рычага появилась рулевая колонка, которая должна была находиться непосредственно перед водителем, конструкторы проявили единодушие – руль устанавливать только справа. Именно поэтому руль, практически у всех первых автомобилей, находился справа. Особый интерес вызывают методы управления первыми автомобилями XX века. Рабочее место водителя содержало такое большое количество всевозможных ручек и рычагов управления, что не мудрено было запутаться в них. Одних только тормозных рычагов было три – на трансмиссионный вал, на задние колеса и на так называемый «горный упор» – остроконечный стержень, который опускали на дорогу при движении на подъем, так как

тормоза на уклоне автомобиль не удерживали (прообраз современного «стояночного тормоза»). Можно ли дотянуться до рычага, удобно ли ими пользоваться – конструктора это мало интересовало. Рычаг устанавливали там, где этого требовала конструкция. Тем самым водителя обрекали на акробатические движения. Но это длилось не долго. Автомобилей становилось больше, появилась возможность выбора, и уже не все водители были согласны на такую «акробатику». Было бы логичным сосредоточить рычаги и ручки в одном месте, поближе к рукам водителя. Таким местом избрали рулевую колонку. Когда ее наклонили (впервые на автомобиле «Латиль» в 1898 году), то управление передачами с колонки уже не получалось. Одновременно обнаружилось, что скопление рычагов и рукояток около рулевого колеса создает путаницу. Часть их заменили педалями.

В начале XX века управление автомобилем требовало от водителя хорошей физической формы. Естественным выходом было увеличение в рулевом управлении передаточного числа, но это не давало решение проблемы. В 1925 году американец Фрэнсис Дейвис запатентовал специальное устройство под названием «гидравлический усилитель рулевого управления». Правда, конструкция 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. Сегодня этим устройством оснащается весь грузовой автотранспорт и немалая доля легкового.

1 РУЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Автомобиль должен устойчиво двигаться в выбранном водителем направлении, легко и быстро изменять свое положение на дороге под воздействием усилий, прилагаемых водителем к органам управления. Водитель может изменять не только направление движения, но и динамику движения, пользуясь тормозной системой и тяговыми способностями двигателя, связанного с ведущими колесами агрегатами трансмиссии. Система, позволяющая водителю производить выбор направления движения, называется рулевым управлением автомобиля.

Рулевое управление включает в себя рулевую колонку, рулевой механизм и рулевой привод, у грузовых автомобилей и автобусов, а так же у легковых автомобилей с повышенной комфортности в состав рулевого управления входит рулевой усилитель.

На автомобилях выбор направления осуществляется поворотом рулевого колеса, имеющего кинематическую связь с передними управляемыми колесами. Применение левого или правого расположения рулевого колеса в кабине автомобиля зависит от принятого в той или иной стране направления движения по полосам. В большинстве континентальных стран, включая Россию и континентальные страны Европы, принято правостороннее движение, в островных государствах (Великобритания, Австралия, Япония и др.), а также в ряде континентальных стран (например, Индия, Таиланд и др.) принято левостороннее движение. Выбор места установки рулевого колеса продиктован стремлением обеспечения наибольшей видимости встречного транспорта, как наиболее опасного при столкновении.

Так как рулевое управление в значительной степени обеспечивает безопасность движения, к его конструкции предъявляются повышенные требования:

- Рулевое управление должно обеспечивать по возможности меньший радиус поворота автомобиля для улучшения маневренности

автомобиля;

- Поворот управляемых колес автомобиля должен происходить при допустимом усилии, прилагаемом к рулевому колесу, что должно обеспечить легкость управления;
- Рулевое управление должно обеспечивать пропорциональность между усилием, прилагаемым к рулевому колесу и моментом сопротивления повороту управляемых колес, обеспечивать заданное соответствие между углом поворота рулевого колеса и углом поворота управляемых колес;
- Для обеспечения безопасного и комфортного вождения рулевое управление должно обеспечивать минимальную передачу толчков на рулевое колесо от ударов управляемых колес о неровности дороги;
- Все узлы и механизмы рулевого управления должны обладать повышенной надежностью, так как выход из строя рулевого управления во время движения приводит к серьезным авариям.

Кроме поворота управляемых колес, расположенных, как правило, на передней оси автомобиля, на многоосных автомобилях выбор направления движения может производиться поворотом управляемых колес, расположенных на двух передних осях, или на двух передних и задней оси при четырехосной компоновке. Управление поворотом прицепа, находящегося в составе автопоезда, может производиться поворотом всей передней оси относительно продольной линии прицепа, или применением подруливающей оси, которая изменяет свое положение под действием боковых сил, действующих при повороте на колеса многоосного прицепа. Строительная техника, автопоезда, состоящие из одноосного тягача и шарнирно связанного с ним прицепа, мощные колесные тракторы осуществляют поворот путем складывания, то есть принудительного поворота тягача относительно шарнирно связанного с ним прицепа, или поворотом одной части транспортного средства относительно другой, шарнирно связанной с ним.

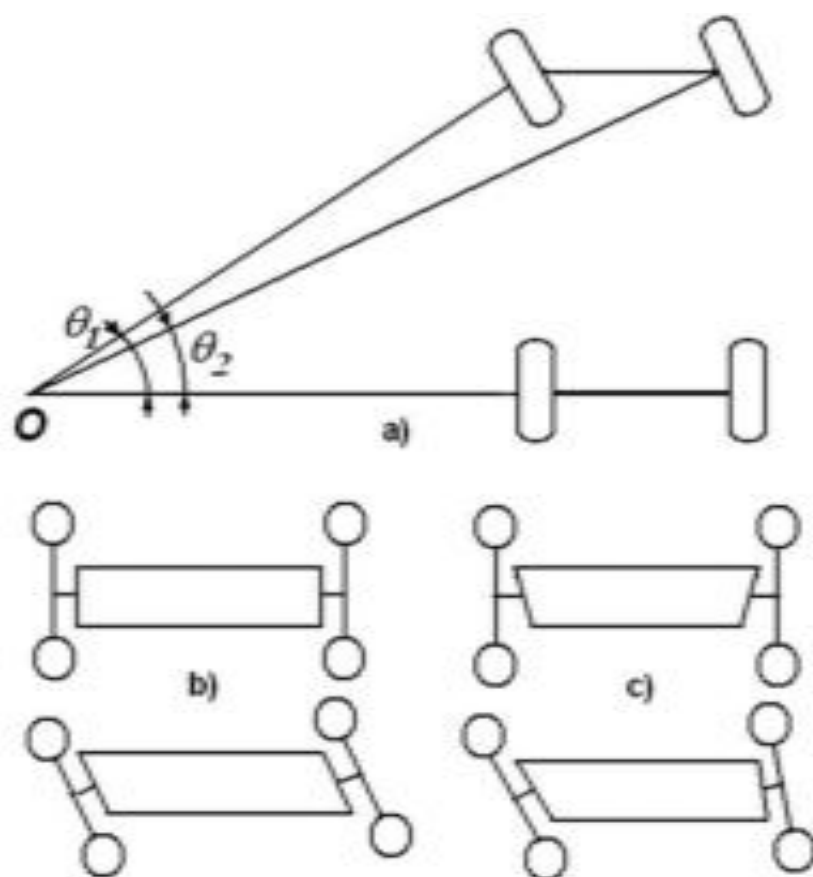
Управление при помощи торможения колес одного борта или их вращения в противоположную сторону применяется на легкой строительной технике или на тяжеловесных многоосных прицепах. В конце XX века легковые автомобили стали оснащать системой автоматического подруливания принудительным подтормаживанием одного из колес автомобиля. Это значительно улучшает управляемость автомобиля в критических ситуациях и производится по команде электронного блока управления, отвечающего за управления торможением автомобиля.

1.1 Основные параметры рулевого управления

1.1.1 Углы поворота управляемых колес

Для того чтобы исключить боковое скольжение колес при движении автомобиля в повороте, траектории движения всех колес автомобиля должны представлять собой дуги концентрических окружностей с общим центром в точке О. На рисунке 1.1а. видно, что при повороте управляемых колес внутреннее колесо (управляемое колесо находящееся ближе к центру поворота) отклоняется от продольной оси автомобиля на угол θ_1 а наружное на угол θ_2 . Нетрудно заметить, что угол поворота внутреннего колеса больше угла поворота наружного колеса, то есть $\theta_1 > \theta_2$.

Заданная кинематическая связь между управляемыми колесами обеспечивается применением так называемой «рулевой трапеции». Если рулевой привод сделать в виде параллелограмма, как это показано на позиции в рисунка 1.01, то при повороте управляемые колеса будут повернуты на одинаковые углы, значит, при движении автомобиля одно из колес будет передвигаться с боковым скольжением. Если же рулевой привод выполнить в виде трапеции (см. рисунок 1.1с), внутреннее управляемое колесо будет повернуто на больший угол, чем наружное, что позволит колесам двигаться без бокового скольжения.



а – углы поворота управляемых колес автомобиля; б – поворот управляемых колес с рулевым приводом в виде параллелограмма; с – поворот управляемых колес автомобиля с рулевым приводом в виде трапеции.

Рисунок 1.1 – Основные параметры рулевого управления.

Минимальный радиус поворота автомобиля – это расстояние от центра поворота до центра пятна контакта шины с дорогой внешнего колеса при наибольшем угле поворота управляемых колес.

Между радиусом поворота колеса и максимальным значением угла поворота наружного колеса существует зависимость:

$$R_{H_{min}} = \frac{L}{\sin\theta_{H_{max}}}$$

где: $R_{H_{min}}$ – минимальный радиус поворота автомобиля;

L – база автомобиля (расстояние между его осями);

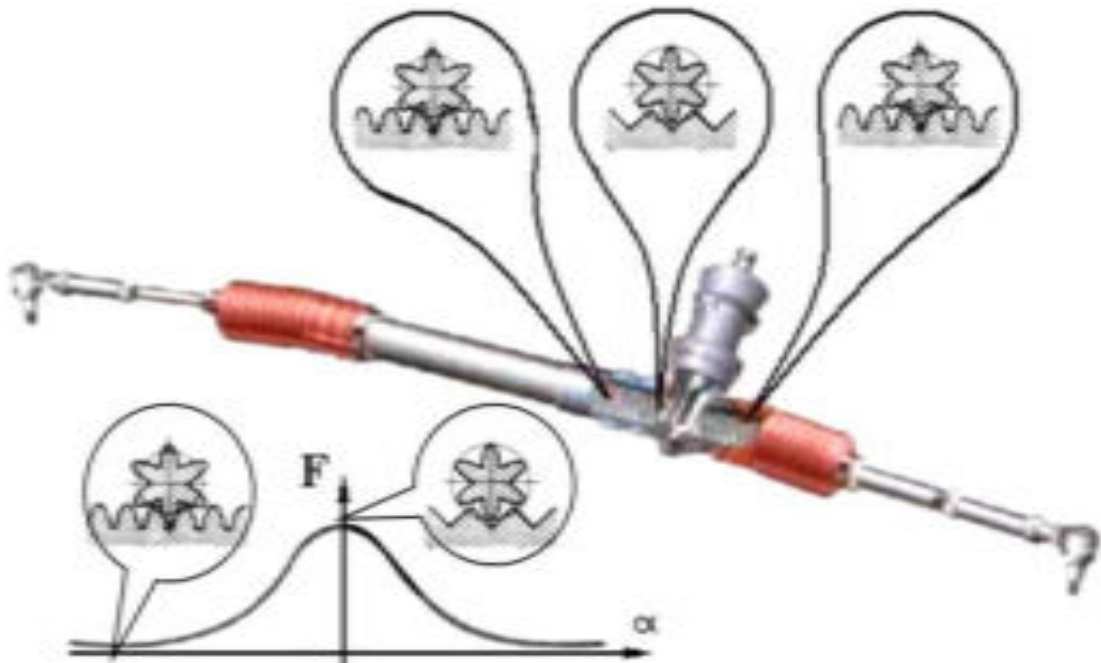
$\theta_{H_{max}}$ – максимальный угол поворота наружного управляемого колеса.

1.1.2 Передаточное число рулевого механизма

Передаточным числом рулевого механизма называют отношение угла поворота рулевого колеса (φ_1) к углу поворота вала сошки рулевого механизма (φ_2).

Для реечного рулевого механизма передаточное число выражается отношением числа оборотов рулевого колеса (n) к перемещению рейки (L).

В зависимости от конструкции рулевого механизма его передаточное число может быть постоянным в процессе поворота рулевого колеса, или переменным.



F – усилие, прилагаемое к рулевому колесу при повороте управляемых колес;
 α – угол поворота рулевого колеса.

Рисунок 1.2 – Реечный рулевой механизм с переменным передаточным отношением.

На рисунке 1.2 показан рулевой механизм с переменным передаточным числом, которые применяются как на легковых, так и на грузовых автомобилях, причем, для легковых автомобилей большее передаточное число соответствует нейтральному положению рулевого колеса. Это обеспечивает большую

безопасность при движении на высоких скоростях, так как малый угол поворота рулевого колеса вызывает значительный поворот управляемых колес. Кроме того, улучшается обратная связь, то есть водитель легко определяет нейтральное положение рулевого колеса. Для грузовых автомобилей, особенно для автомобилей повышенной проходимости, максимальное передаточное число рулевого механизма соответствует крайним положениям управляемых колес. В этом случае значительно облегчается управление автомобилем при маневрировании.

1.1.3 Силовое передаточное число рулевого управления

Этот параметр оценивается соотношением суммы сил сопротивления повороту управляемых колес к усилию, приложенному к рулевому колесу.

Силовое передаточное число может служить критерием оценки легкости управления автомобилем. При проектировании автомобиля ограничивается как максимальное (120 Н), так и минимальное (60 Н) усилие на рулевом колесе, возникающее при повороте движущегося автомобиля. При повороте на месте усилие, прилагаемое водителем к рулевому колесу не должно превышать 400 Н. Минимальное усилие ограничивают для того, чтобы водитель не терял «чувства дороги».

Максимальный угол поворота рулевого колеса должен находиться в пределах от 540° до 1080° , что соответствует 1,5...3,0 оборотам рулевого колеса в каждую сторону.

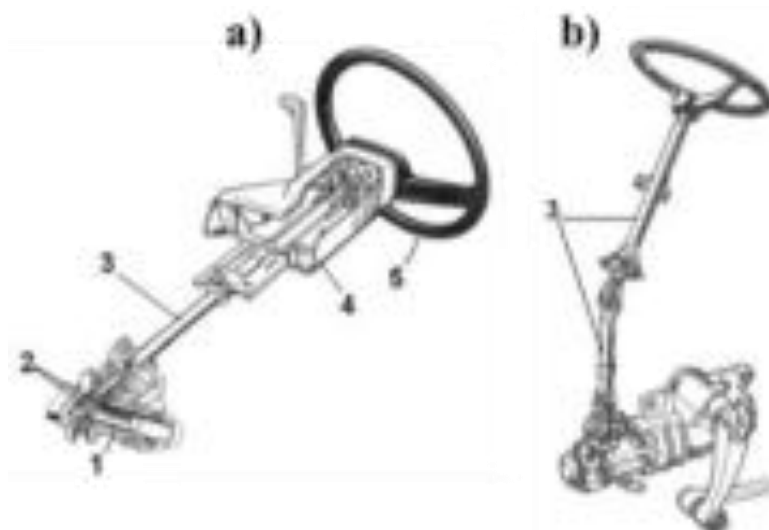
Нормирован также и диаметр рулевого колеса. Для легковых автомобилей и грузовиков малой грузоподъемности рулевое колесо должно быть не менее 380, но не более 425 мм. Для грузовых автомобилей и автобусов 440...550 мм.

1.2 Конструкция рулевого управления и рулевых механизмов легкового и грузового автомобиля

1.2.1 Травмобезопасная рулевая колонка

Рулевое управление автомобиля, изображенное на рисунке 1.3а, включает в себя рулевую пару (2), размещенную в картере (1), рулевой вал (3), рулевую колонку (4) и рулевое колесо (5).

В зависимости от компоновки рулевого механизма рулевой вал может состоять из двух или трех частей (см. рисунок 1.3б), соединяемых карданными шарнирами.



1 – картер реечного рулевого механизма; 2 – реечная рулевая пара; 3 – рулевой вал; 4 – рулевая колонка; 5 – рулевое колесо.

Рисунок 1.3 – Рулевое управление автомобиля.

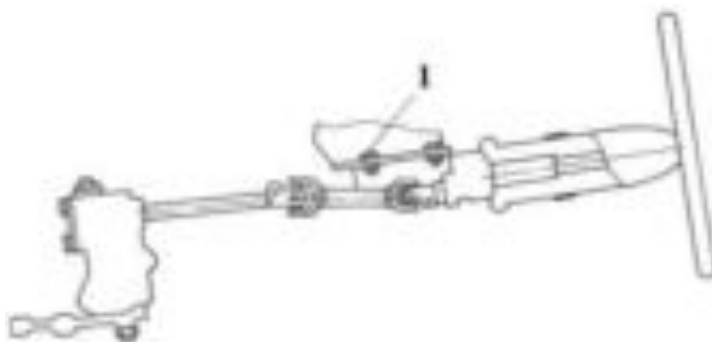
1.2.2 Программируемая деформация при столкновении

Основным требованием, предъявляемым к рулевому колесу, рулевой колонке и рулевому валу является травмобезопасность, то есть требования к конструкции этих элементов таковы, чтобы они не являлись причиной тяжелой травмы водителя.



Рисунок 1.4 – Положение рулевой колонки автомобиля ГАЗ-3110 после краш-теста.

На рисунке 1.4 изображено положение рулевого колеса автомобиля ГАЗ-3110 после краш-теста. Неудачная компоновка, крепление и сама конструкция рулевой колонки оказалась губительной для манекена, так как при столкновении с препятствием в результате деформации передней части автомобиля рулевое колесо пошло навстречу голове, вызвав недопустимые по величине значения ускорений, фиксируемых датчиками, расположенными в различных частях манекена. Устройство рулевой колонки должно предотвращать перемещение как самого рулевого колеса, так и элементов рулевой колонки внутрь салона, так как это перемещение может нанести серьезные травмы водителю.



1 – Болты крепления кронштейна рулевой колонки.

Рисунок 1.5 – Подвеска травмобезопасной рулевой колонки автомобиля ВАЗ-2121.

Для предотвращения травмирования рулевой вал может состоять из нескольких шарнирно соединенных деталей, ими конструкция вала должна со-

держат энергопоглощающий элемент. Например, у автомобиля ВАЗ-2121 рулевой вал состоит из трех частей, связанных карданными шарнирами. При лобовом столкновении, когда передняя часть автомобиля деформируется, рулевой вал складывается. Болты, показанные на позиции 1 рисунка 1.5, крепят кронштейн рулевой колонки к кузову автомобиля через специальные пластинчатые шайбы. Эти шайбы при ударе выгибаются и проваливаются через прямоугольные отверстия, а сам кронштейн деформируется, поворачиваясь вокруг фиксированных точек крепления. Энергия удара водителя о рулевое колесо расходуется на деформацию шайбы и кронштейна, что позволяет значительно снизить значение ускорений, воздействующих на водителя.

К сожалению, те немногочисленные конструктивные изыски, которые применяются на отечественных автомобилях в качестве элементов пассивной безопасности, не оставляют шансов водителю. Краш-тесты, проводимые независимой экспертной комиссией в 2000-2005 годах, показали, что у всех моделей автомобилей, оставшихся нам в наследство от СССР, включая новый широко разрекламированный автомобиль «Калина», при лобовом столкновении с 40% перекрытием с деформируемым препятствием при скорости движения 14 м/с (50 км/ч), верхний конец рулевого вала перемещается внутрь салона в горизонтальном направлении более чем 127 миллиметров (5 дюймов), регламентируемых международными требованиями безопасности.

Значительное сокращение летальных исходов и тяжелого травмирования водителя и пассажиров вызывает применение средств пассивной безопасности (преднатяжителей ремня, воздушных подушек безопасности). Но почему-то перечисленные устройства находят применение только на автомобилях, сконструированных зарубежными инженерами. Воздушные мешки безопасности на автомобиль «Калина» устанавливают только в случае экспортной комплектации, считая, что для отечественного потребителя это лишнее.

На рисунке 1.6 показана конструкция трубчатого перфорированного травмобезопасного рулевого вала и последовательность фаз её деформации при ударе водителем о рулевое колесо. Деформация перфорированного вала

требует значительного усилия, но оно не превосходит регламентированного значения 11,34 кН.

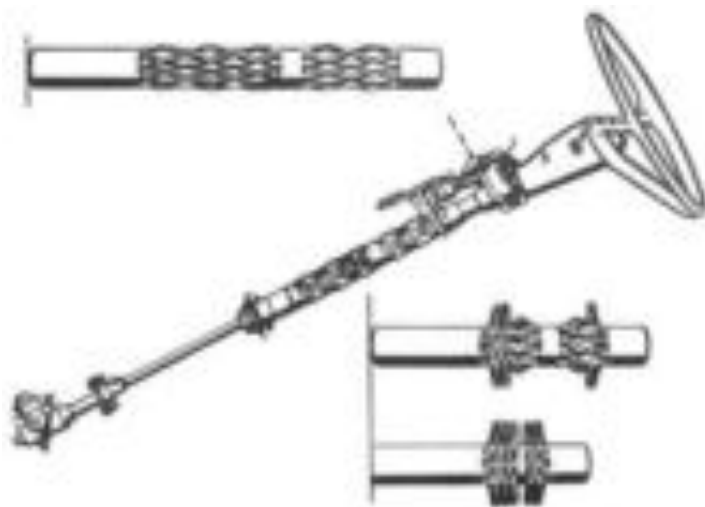
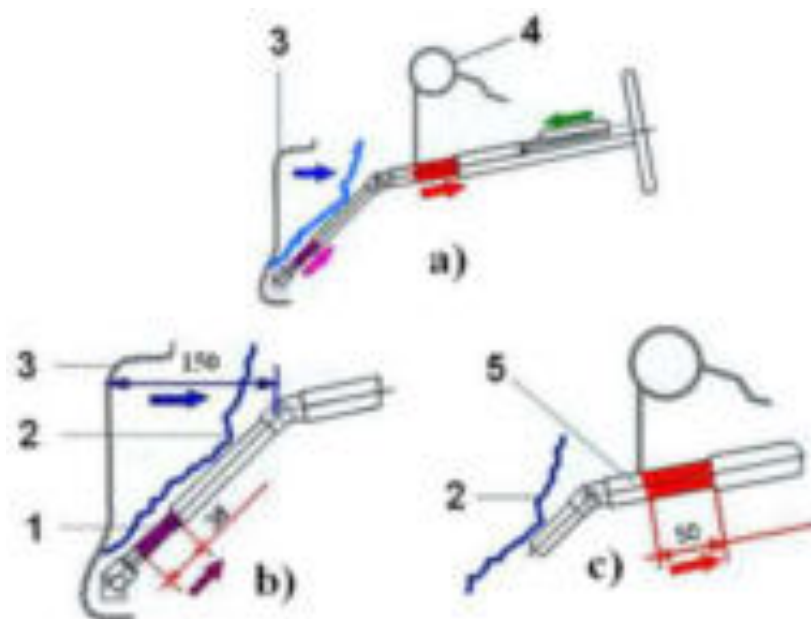


Рисунок 1.6 – Конструкция перфорированного травмобезопасного рулевого вала.

Телескопическая конструкция рулевого вала при фронтальном ударе позволяет элементам рулевого вала вдвигаться один внутрь другого, не вызывая значительного перемещения рулевого колеса внутрь салона. Крепление рулевой колонки к кузову не должно быть чрезмерно жестким, то есть должна быть обеспечена возможность некоторого смещения при ударе водителя о рулевое колесо.

В позиции а рисунка 1.7. показан составной телескопический рулевой вал с энергопоглощающим креплением кронштейна рулевой колонки.

При фронтальном столкновении передняя панель (3) может подвергаться смятию на величину до 150 мм (см. рисунок 1.7b), при этом перемещения рулевого колеса внутрь салона не происходит. Нижняя телескопическая часть рулевого вала при перемещении рулевого механизма в сторону салона, срезая штифтовые соединения и вдвигаясь внутрь его ответной части на 38 мм. Если же деформация кузова превосходит указанные выше значения (см. рисунок 1.7c), в работу вступает вторая телескопическая часть, которая может вдвигаться в её ответную часть на 50мм. При ударе водителя о рулевое колесо разрушаются элементы крепления рулевой колонки к кузову, что позволяет рулевому колесу сместиться вперед, снижая силу удара водителя об него.



а – возможные перемещения травмобезопасного рулевого вала; б – возможные перемещения нижней части рулевого вала; с – возможные перемещения верхней части рулевого вала; 1 – телескопический узел нижней части рулевого вала; 2 – деформированная часть передней панели кузова; 3 – передняя панель кузова; 4 – подвеска; 5 – телескопический узел верхней части рулевого вала.

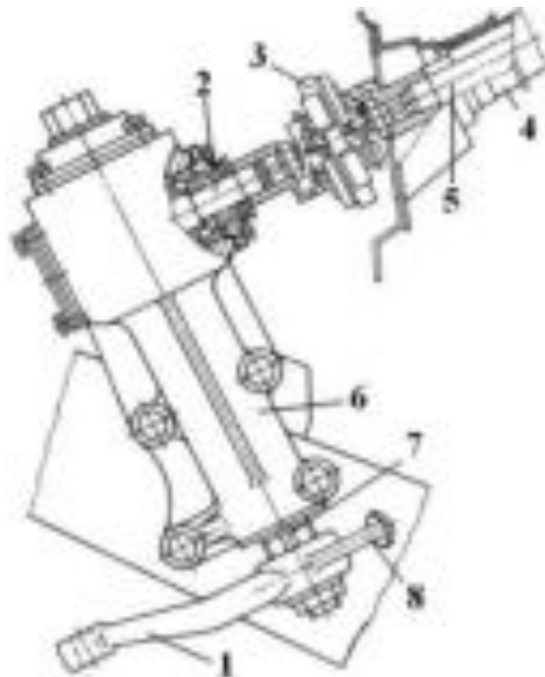
Рисунок 1.7 – Телескопические узлы травмобезопасной рулевой колонки.

Но все же наиболее эффективным является совместное применение перечисленных выше энергопоглощающих устройств с воздушным мешком безопасности, установленным в рулевом колесе. Более подробно о системах безопасности мы вам расскажем, в другом, посвященной вопросам безопасности водителя и пассажиров, Учебном пособии.

1.2.3 Червячно-роликовый рулевой механизм

Пример конструкции рулевого механизма с червячно-роликовой парой показан на рисунке 1.8. Рулевой вал 5, размещенный в рулевой колонке 4, через эластичную муфту 3 соединен с входным концом 2 рулевого механизма. Рулевая пара, размещенная в корпусе 6 рулевого механизма, представляет собой глобоидный червяк и трехгребневый ролик, закрепленный на выходном

валу 7 рулевого механизма. На этом валу установлен рычаг 1, который называют сошкой. Через сошку перемещение передается на трапецию рулевого привода. Сошка 1 имеет ограничительный упор 8, который не позволяет поворачивать колеса на угол, больше определенного конструкцией.

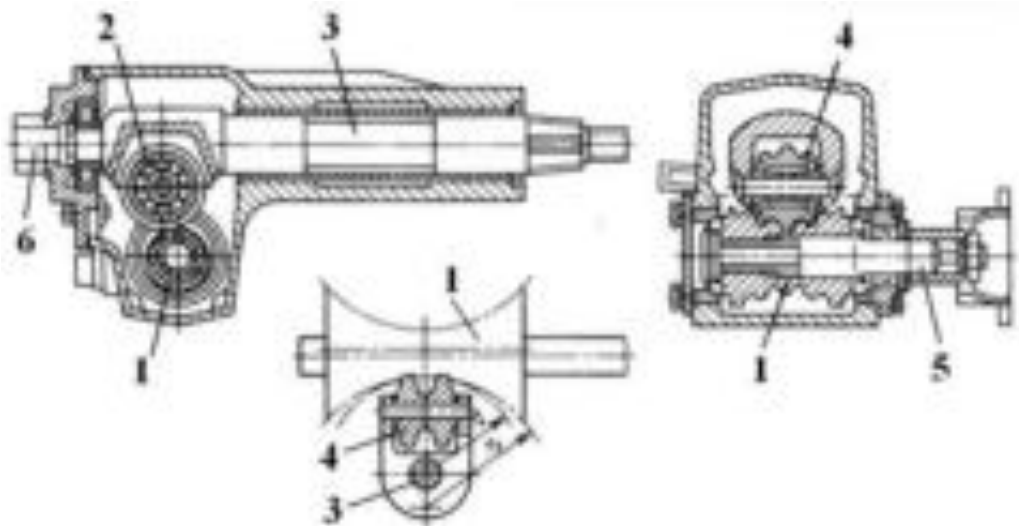


1 – сошка; 2 – выходной конец ведущего вала рулевого механизма; 3 – соединительная эластичная муфта; 4 – рулевая колонка; 5 – рулевой вал; 6 – картер рулевого механизма; 7 – выходной вал сошки; 8 – ограничительный упор.

Рисунок 1.8 – Червячно-роликовый рулевой механизм.

На рисунке 1.9 приведено устройство червячно-роликового рулевого механизма. Глобоидный червяк 1 имеет такое название из-за специально приданной ему формы, которая обеспечивает постоянный контакт гребней ролика 4 с винтовым зубом червяка. Червяк вращается на двух конических роликовых подшипниках, предварительный натяг в которых определяется подбором прокладок, установленных между задней крышкой и картером рулевой пары. Ролик вращается на шариковых или игольчатых подшипниках. Вал сошки может устанавливаться в подшипниках скольжения или подшипниках качения.

Для снижения износа в катер заливают трансмиссионное масло, предназначенное для смазки гипоидных передач.



1 – глобоидный червяк; 2 – подшипниковый узел ролика; 3 – вал рулевой сошки; 4 – трехгребневый ролик; 5 – приводной вал рулевого механизма; 6 – регулировочный узел рулевого механизма.

Рисунок 1.9 – Конструкция червячно-роликового рулевого механизма.

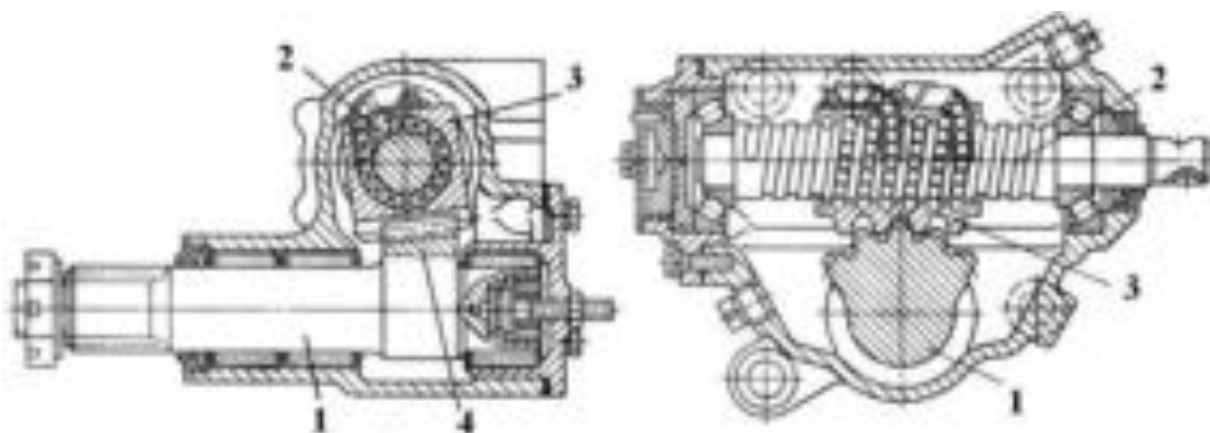
Для обеспечения хорошего контакта ролика с червяком возможна регулировка зазора между деталями рулевой пары. Ось ролика изначально смещена относительно оси червяка на 6...6,5 мм. При износе трущихся деталей червячной пары возможна регулировка зацепления осевым смещением вала сошки с помощью упорного регулировочного винта 6.

1.2.4 Винтореечный рулевой механизм

На грузовых автомобилях всех типов и автобусах в основном применяют винтореечный рулевой механизм, изображенный на рисунке 1.10. Рулевая пара этого механизма состоит из винта 2 с шариковой рейкой-гайкой 3 и зубчатого сектора 4 выполненного за одно целое с валом 1 сошки.

Коэффициент полезного действия в червячно-роликовом рулевом механизме в прямом направлении, то есть от руля к сошке сравнительно высок $\eta=0,85$ в то время как в обратном направлении – от сошки к рулевому валу значительно ниже $\eta=0,7$. Низкий обратный КПД позволяет использовать червячно-роликовый рулевой механизм на легковых автомобилях среднего и

большого класса, а так же на грузовых автомобилях средней грузоподъемности, не укомплектованных усилителем, так как при движении по неровностям со стороны колес на рулевое колесо не передаются значительные толчки.



1 – вал сошки рулевого механизма; 2 – рулевой винт; 3 – шариковая гайка; 4 – зубчатый сектор.

Рисунок 1.10 – Винтореечный рулевой механизм.

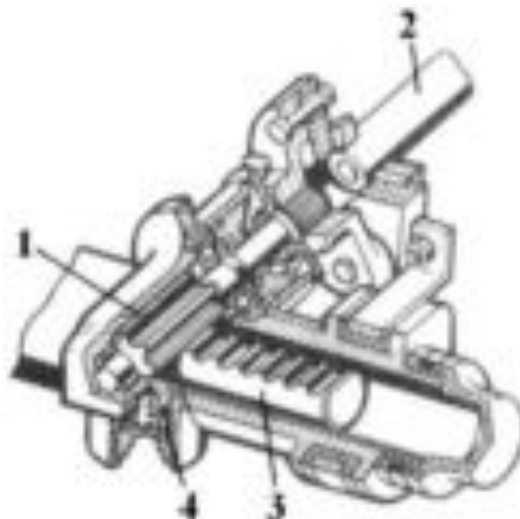
Коэффициент полезного действия в винтореечном рулевом механизме высокий в обоих направлениях $\eta=0,85$. Это значит, что усилие со стороны колес будет легко передаваться на рулевое колесо. Это ограничивает применение винтореечного рулевого механизма без усилителя.

1.2.5 Шестеренные (реечные) рулевые механизмы

В этом рулевом механизме в качестве рулевой пары применяется шестерня и кремальерная рейка. В последние десятилетия реечные рулевые механизмы находят все большее применение как на легковых автомобилях малого и среднего класса, так и на автомобилях большого класса. Достоинством реечного рулевого механизма является простота и компактность конструкции, высокий КПД, как в прямом, так и в обратном направлении ($\eta=0,95$). Однако высокое значение КПД в обратном направлении ограничивает применение реечного рулевого механизма без усилителя.

Устройство реечного рулевого механизма, изображенного на рисунке 1.11 довольно простое. Внутри картера располагается рулевая пара, состоящая

из шестерни 1 и кремальерной рейки 3. Вращательное движение на шестерню 1 передается от рулевого колеса через рулевой вал 2. Для обеспечения постоянного без зазорного зацепления в нижней части картера установлен механизм 4, который силой сжатия пружины прижимает сухарь к тыльной стороне рейки. В свою очередь, рейка 3 прижимается зубьями к шестерне 1.



1 – приводная шестерня рулевого механизма; 2 – рулевой вал; 3 – рулевая рейка; 4 – прижимной механизм.

Рисунок 1.11 – Реечный рулевой механизм.

1.3 Гидравлические усилители рулевого управления автомобилей

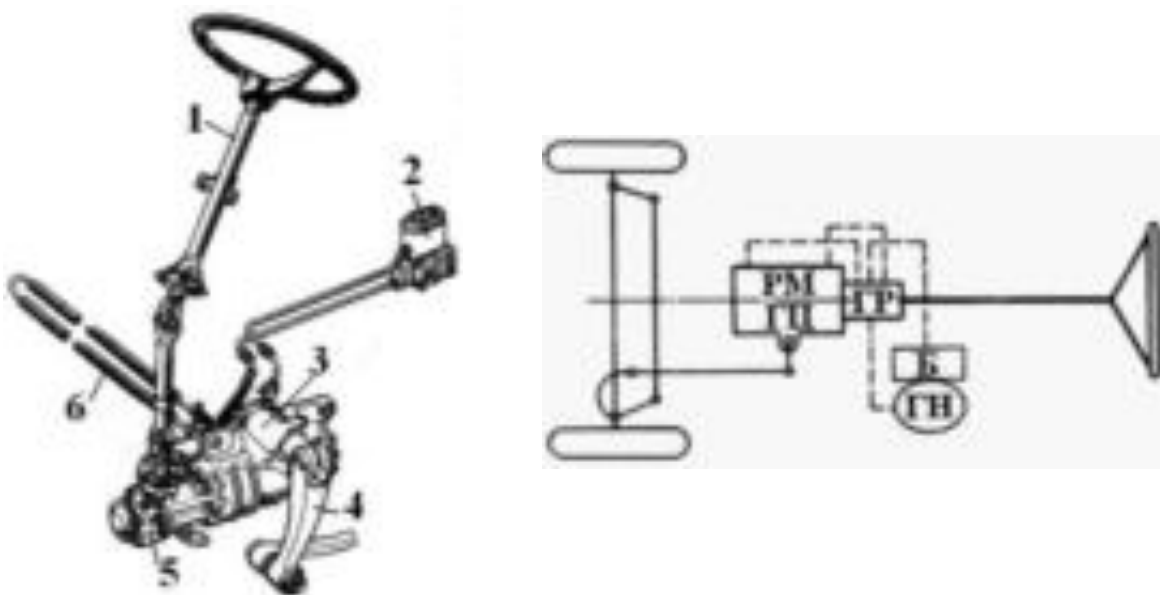
Существует несколько схем компоновки элементов гидравлического усилителя рулевого управления грузового автомобиля. Каждая из этих схем обладает рядом достоинств и рядом недостатков, но любая конструкция гидравлического усилителя должна предусматривать возможность сохранения управления автомобилем при выходе из строя гидравлической части усилителя, например, обрыве приводного ремня гидравлического насоса.

В этом параграфе мы рассмотрим наиболее распространенные схемы гидравлических усилителей рулевого управления.

1.3.1 Гидравлические усилители грузовых автомобилей

Схема 1

В этой схеме, приведенной на рисунке 1.12, рулевой механизм (РМ), гидравлический цилиндр (ГЦ) и гидравлический распределитель (ГР) представляют собой один агрегат, который и называют гидроусилителем. Гидравлический насос (ГН) и расходный бачок (Б) с запасом рабочей жидкости располагается отдельно.

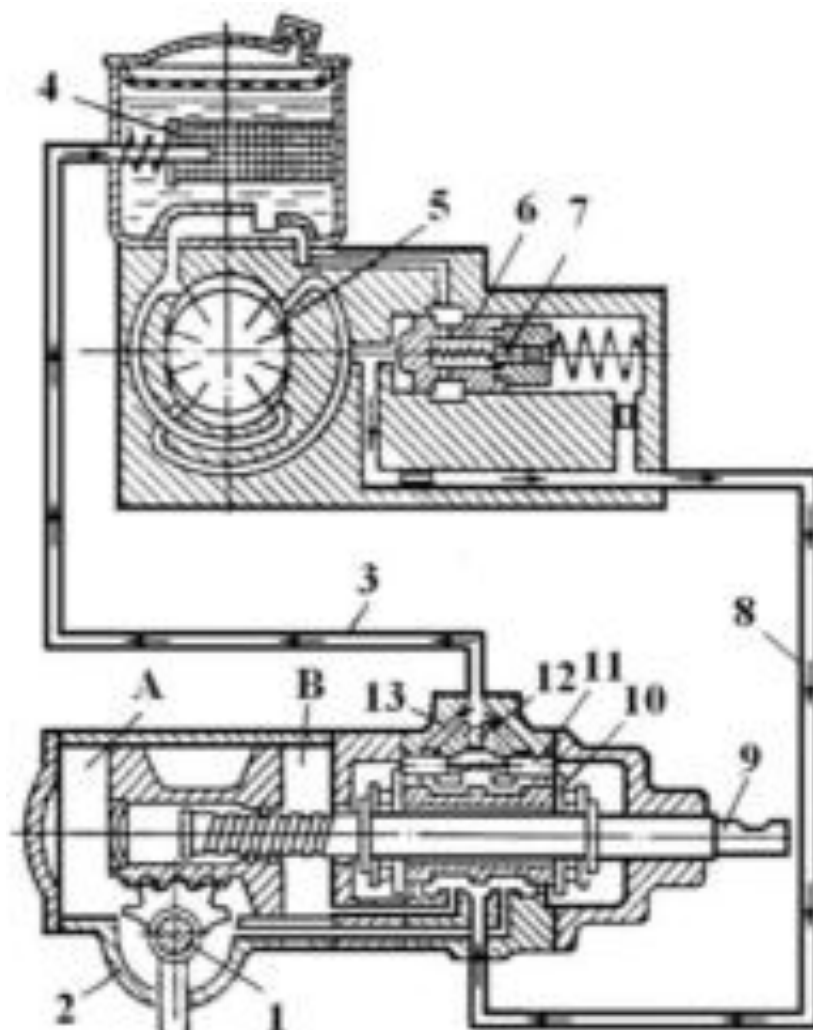


РМ – рулевой механизм; ГЦ – гидравлический цилиндр; ГР – гидравлический распределитель; ГН – гидравлический насос; Б – расходный бачок; 1 – рулевой вал; 2 – бак с гидронасосом; 3 – рулевой механизм и гидроцилиндр; 4 – рулевая сошка; 5 – гидрораспределитель; 6 – теплообменник.

Рисунок 1.12 – Компоновка гидравлического усилителя с исполнительным цилиндром, совмещенным с рулевым механизмом.

Вал гидравлического лопастного насоса, отмеченного позицией 5 рисунка 1.13, получает вращение через клиноременную передачу от коленчатого вала двигателя. Масло под давлением через напорную магистраль 8 поступает в гидравлический распределитель. Если вращения рулевого вала не происходит, золотник 14 удерживается в нейтральном положении центрирующими пружинами, воздействующими через реактивные плунжеры 11 на упорные

подшипники 10. В этом случае масло, обтекая вокруг проточек золотника, через линии слива 13 проникает в сливную магистраль 3 и через фильтр 4 возвращается в расходный бачок.



А – поршневая полость; В – штоковая полость; 1 – зубчатый сектор; 2 – картер гидроусилителя; 3 – сливная магистраль; 4 – фильтр; 5 – лопастной насос; 6 – обратный клапан; 7 – предохранительный клапан; 8 – напорная магистраль; 9 – винтовой вал; 10 – упорный подшипник; 11 – реактивный плунжер; 12 – шариковый клапан; 13 – линия слива; 14 – золотник.

Рисунок 1.13 – Принципиальная схема гидравлического усилителя винтового рулевого механизма.

Рассмотрим действие гидравлического усилителя рулевого управления. При повороте руля вправо (см. рисунок 1.14а) винтовой вал, имеющий левую ленточную резьбу, выворачивается из находящегося в неподвижном состоя-

нии поршня. Поршень неподвижен, так как его нижняя поверхность с нарезанными на ней зубьями, соединена с неподвижным зубчатым сектором вала 1 сошки. Выворачиваясь из стоящего поршня вал упорным подшипником 10, расположенным ближе к поршню, сдвигает золотник 14 гидравлического распределителя (на приведенном рисунке – вправо). Золотник 14 открывает канал поступления масла из напорной магистрали 8 в штоковую полость (В) гидравлического цилиндра. Одновременно, золотник соединяет поршневую полость (А) через правое наклонное ответвление канала 13 с магистралью 3, по которой масло сливается в расходный бак. Масло под давлением, создаваемым насосом, поступает и в полость между реактивными плунжерами 11, где совместно с центрирующей пружиной создает усилие, приложенное к упорному подшипнику. Это усилие тем больше, чем больше сопротивление повороту колес, что позволяет водителю «чувствовать» дорогу.

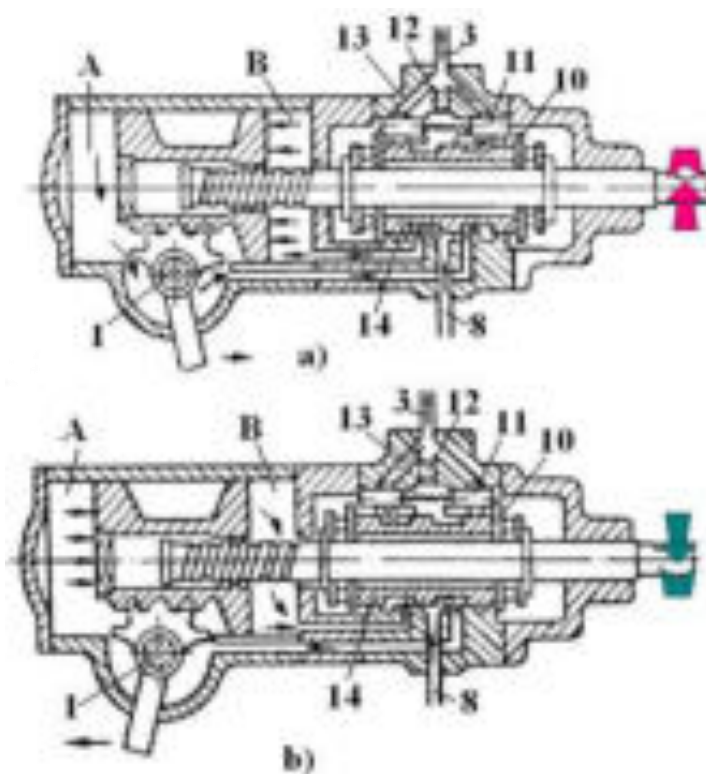


Рисунок 1.14 – Работа гидравлического усилителя винтового рулевого механизма.

Если водитель продолжает поворот рулевого колеса вправо, винтовой вал удерживает золотник 14 во включенном состоянии. Но как только водитель прекратит поворот рулевого колеса, поступающее в штоковую полость

(В) масло потянет за собой остановленный вал, а за ним и золотник 14, переводя его в нейтральное положение.

Обратите внимание, что шариковый клапан 12 при работе масляного насоса давлением масла прижат к гнезду, прерывая сообщение между напорной 8 и сливной 3 магистралью.

Если же производится поворот рулевого колеса без включения двигателя, то есть при неработающем насосе, шариковый клапан 12 отходит от своего гнезда, соединяя поршневую (А) и штоковую (В) полости через наклонные каналы 13. Например, при повороте рулевого колеса вправо винтовой вал, выворачиваясь из неподвижного поршня, переведет золотник во включенное состояние (переместит вправо). Расположенный ближе к поршню упорный подшипник 10 переместится вместе с золотником до упора в корпус. Дальнейшее вращение винтового вала вправо не будет перемещать золотник, однако будет происходить перемещение поршня влево, при этом масло из поршневой полости (А) через правый наклонный канал 13 и отжатый шариковый клапан 12 будет перекачиваться в штоковую полость (В).

В двух словах весь принцип следящего действия поршня состоит в следующем.

- Правый поворот руля – винтовой вал уходит в сторону от поршня. Управляемые колеса ещё не начали поворот;
- Поршень под действием поступающего масла двигается в противоположном направлении. Управляемые колеса начали поворот;
- Такое взаимное положение вала и поршня будет сохраняться, пока водитель вращает руль, следовательно, будет продолжаться и поворот управляемых колес;
- Как только вращение руля прекратится, поршень, продолжая движение под действием давления масла, потянет за собой винтовой вал и выключит золотник, но в это время управляемые колеса всё ещё продолжают поворачиваться;
- Как только золотник перейдет в нейтральное положение поршень

прекратит движение. Прекратится и поворот управляемых колес.

При повороте рулевого колеса влево (см. рисунок 1.14b) винтовой вал, имеющий левую ленточную резьбу, вворачивается внутрь стоящего поршня. Вворачиваясь в неподвижный поршень, вал упорным подшипником 10, расположенным ближе к рулю, сдвигает золотник 14 гидравлического распределителя влево. Золотник 14 открывает канал поступления масла из напорной магистрали 8 в поршневую полость (А) гидравлического цилиндра. Одновременно, золотник соединяет штоковую полость (В) через левое наклонное ответвление канала 13 со сливной магистралью 3, по которой масло сливается в расходный бак.

Если водитель продолжает поворот рулевого колеса влево, винтовой вал удерживает золотник 14 во включенном состоянии. Но как только водитель прекратит поворот рулевого колеса, поступающее в поршневую полость (А) масло будет продолжать толкать остановленный вал, а за ним и золотник 14, переводя его в нейтральное положение.

Осевое перемещение золотника происходит всего лишь на 1,1 мм от нейтрального положения в каждую сторону, поэтому заметного запаздывания включения поворота колес или их остановки не происходит.

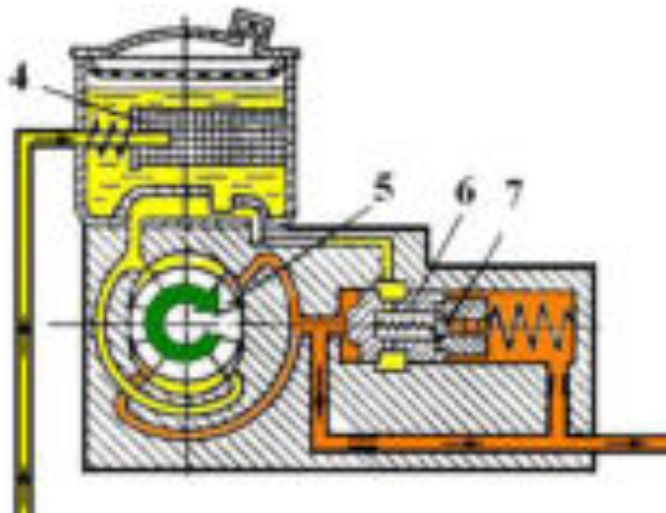


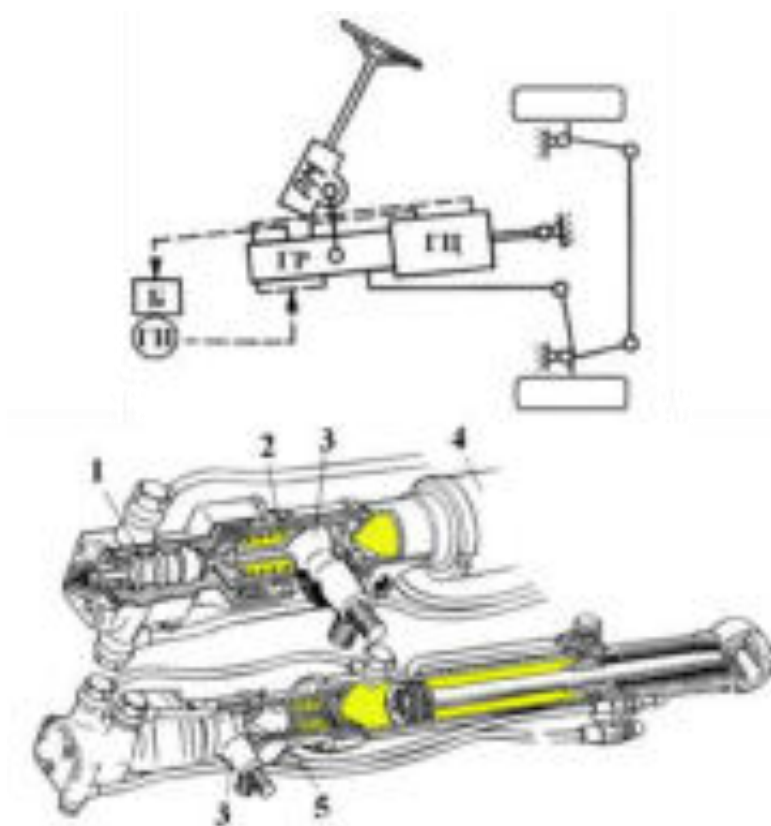
Рисунок 1.15 – Блока гидравлического насоса усилителя рулевого управления.

В корпусе насоса, изображенного на рисунке 1.15, установлены два кла-

пана. Клапан 6 – перепускной, служит для снижения нагрузки на детали гидравлического усилителя в случае поворота колес до упора. В этом случае клапан перемещается вправо навстречу его пружине, соединяя напорную и впускную магистрали. Второй клапан 7 – предохранительный. Он ограничивает давление в системе на уровне 6,5...7,0 МПа (65...70 кг/см²).

Схема 2

В усилителе этого типа, изображенного на рисунке 1.16, гидравлический распределитель (ГР) смонтирован в одном блоке с гидравлическим цилиндром (ГЦ), но отдельно от рулевого механизма (РМ).



Б – расходный бачок; ГН – насос; ГР – гидрораспределитель; ГЦ – гидроцилиндр; РМ – рулевой механизм; 1 – осевой золотниковый гидравлический распределитель; 2 – корпус шаровых шарниров; 3 – шаровой палец сошки рулевого механизма; 4 – гидравлический цилиндр; 5 – шаровой палец продольной тяги.

Рисунок 1.16 – Компоновка гидравлического усилителя с исполнительным цилиндром, размещенным отдельно от рулевого механизма.

Осевой золотниковый гидравлический распределитель 1 расположен в

корпусе шаровых шарниров 2, который соединен с корпусом гидравлического цилиндра 4.

Шаровой палец 3 рулевой сошки помещен в стакане, который имеет возможность продольного перемещения в пределах 4мм. Этого вполне достаточно для перемещения золотника 1 внутри корпуса гидравлического распределителя.

При неподвижном рулевом колесе поток масла, огибая золотник, возвращается из напорной магистрали в сливную. Поворот рулевого колесо в какую-либо сторону вызывает перемещение золотника в корпусе гидравлического распределителя, при этом поток масла под давлением начинает поступать в поршневую или штоковую полость. Противоположная полость соединяется со сливной магистралью.

Шарнирная головка штока присоединена к раме автомобиля, а корпус гидравлического цилиндра вместе с размещенным в нем золотниковым механизмом крепится к сошке рулевого механизма. Движение поршня вместе со штоком внутри цилиндра может удлинить или укоротить всю конструкцию гидравлического усилителя, тем самым, перемещать продольную тягу, соединяющую корпус гидравлический усилителя с поворотным кулаком управляемого колеса грузового автомобиля или автобуса.

Гидравлический усилитель такой конструкции обладает очень высокой чувствительностью, включаясь при перемещении золотника всего лишь на 0,4...0,6мм.

1.3.2 Гидравлический усилитель реечного рулевого механизма легкового автомобиля

В последние годы широкое применение нашли роторные гидравлические распределители, в которых золотник при повороте рулевого колеса поворачивается, открывая окна, через которые масло, нагнетаемое гидравлическим насосом, поступает в соответствующую полость гидравлического цилиндра, а

в нейтральном положении золотника циркулирует по кругу: гидронасос – гидравлический распределитель – бачок – гидронасос.



1 – приводная шестерня реечного рулевого механизма; 2 – втулка гидравлического усилителя, связанная с выходной частью рулевого вала; 3 – золотник усилителя; 4 – штифт, соединяющий торсионный вал с золотником гидравлического усилителя; 5 – торсионный рулевой вал.

Рисунок 1.17 – Упрощенная схема гидравлического усилителя интегрального типа.

На рисунке 1.17 приведена одна из многочисленных конструкций гидравлического усилителя интегрального типа с роторным распределителем.

Ведущая шестерня 1 рулевой пары «шестерня – кремальберная рейка» закреплена на шлицах торсионного рулевого вала 5. Напоминаю, что торсионом называется вал, выполненный из пружинной стали, который, подобно торсионным валам подвески, или стабилизатору поперечной устойчивости, может подвергаться упругому скручиванию.

В верхней части к торсионному валу через штифт 4 прикреплен золотник 3 гидравлического распределителя, а в нижней части торсионный вал через такой же штифт соединен с втулкой 2 гидравлического распределителя. Если водитель приложит крутящий момент к рулевому колесу, при этом шестерня 1 будет испытывать сопротивление вращению, торсионный вал начнет скручиваться и золотник 3 получит некоторое смещение относительно втулки 2 гидравлического распределителя.

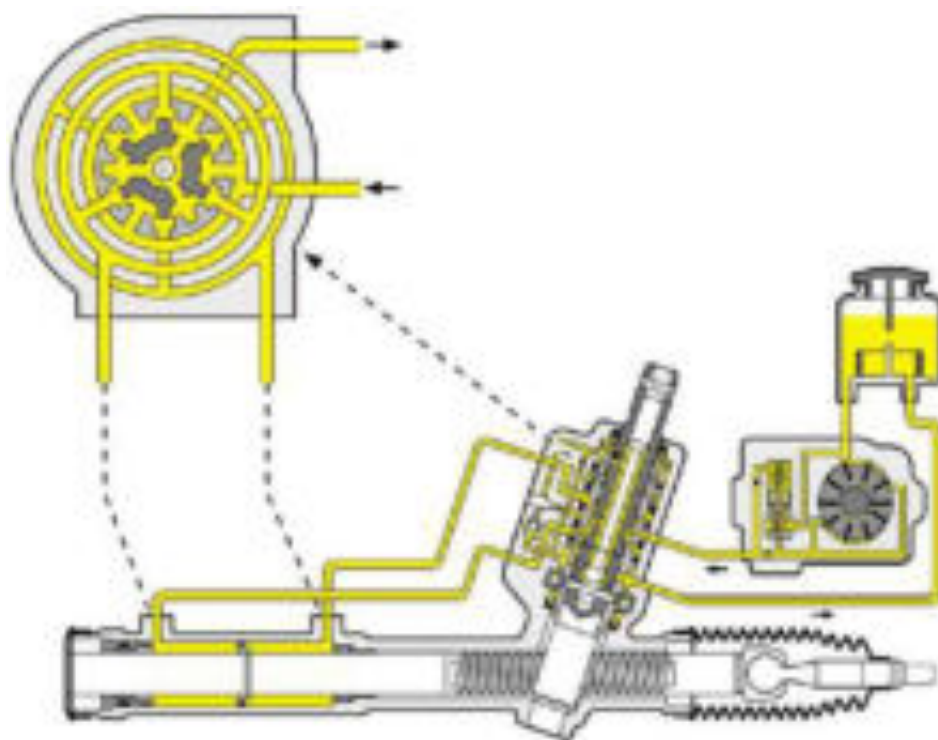


Рисунок 1.18 – Гидравлический усилитель в нейтральном положении руля.

При отсутствии усилия, прилагаемого к рулевому колесу, взаимное положение золотника гидравлического распределителя и втулки не изменяется (см. рисунок 1.18), а это значит, что масло из напорной магистрали от гидравлического насоса имеет возможность свободного перетекания в сливную магистраль. Насос перекачивает масло через гидравлический распределитель в расходный бачок.

На рисунке 1.19 изображена схема интегрального гидравлического усилителя рулевого управления легкового автомобиля в положении, соответствующем повороту влево. Допустим, водитель приложил усилие к рулевому колесу, повернув его влево, торсионный вал поучил упругую деформацию кручения, и золотник повернулся относительно втулки, открыв доступ потока масла под давлением к правой полости гидравлического цилиндра реечного рулевого механизма. Левая полость гидравлического цилиндра получает соединение через открывшиеся каналы гидравлического распределителя со сливной магистралью.

Чем большее усилие прилагает водитель к рулевому колесу, стараясь

быстро повернуть управляемые колеса, тем на больший угол закручивается торсионный вал, следовательно, тем большее проходное сечение открывается в гидравлическом распределителе.

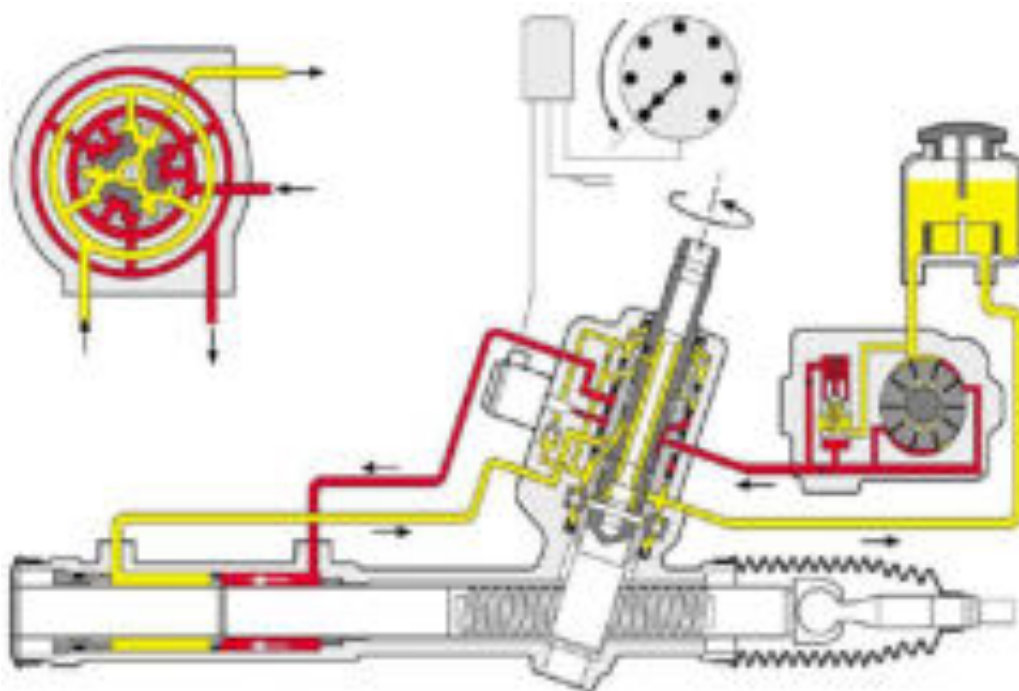
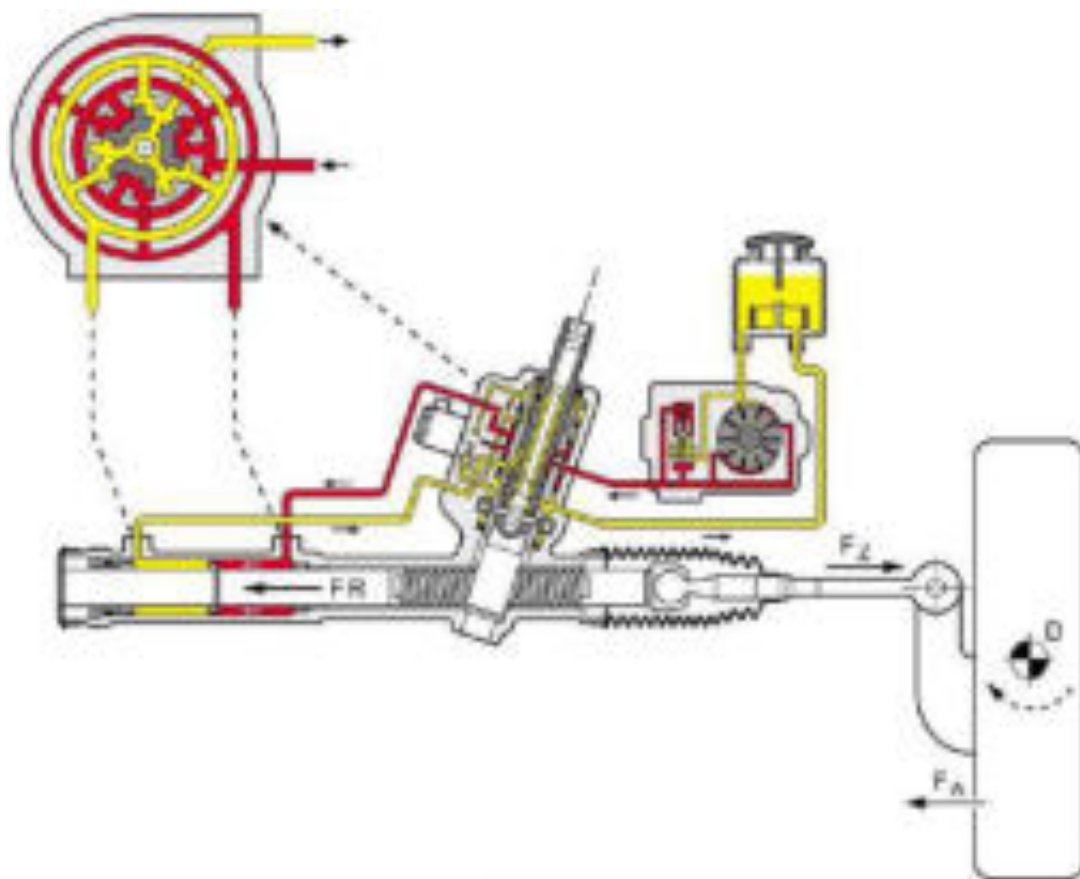


Рисунок 1.19 – Работа гидравлического усилителя при повороте руля влево (красным цветом отмечено высокое давление масла, желтым – низкое давление).

Если водитель прекратит вращение рулевого колеса, удерживая его в каком-либо промежуточном положении, давление масла будет продолжать перемещать рейку рулевого механизма, пока на торсионном валу не исчезнет упругая деформация кручения. При этом золотник займет относительно втулки нейтральное положение (см. рисунок 1.18), при котором масло от насоса через гидравлический распределитель будет свободно перетекать в бачок.

При воздействии на рулевой механизм возмущающей силы, стремящейся повернуть управляемое колесо, например, в результате наезда боковины колеса на неровность, усилитель действует как демпфер. На рисунке 1.20 изображена схема действия рулевого усилителя при возникновении возмущающей силы от неровности дороги. При наезде на неровность торсионный вал

закручивается под действием усилия, передаваемого на него через рейку и ведущую шестерню. При этом втулка поворачивается относительно золотника распределителя. Открываются соответствующие окна, и в результате этого рабочая жидкость поступает под давлением в ту полость силового цилиндра, которая создает противодействие движению рейки.



D – ось поворота управляемого колеса; F_A – возмущающая сила от неровностей дороги; F_Z – возмущающее усилие на рулевой тяге; FR – сила реакции рулевого усилителя.

Рисунок 1.20 – Демпфирующее действие рулевого усилителя при движении по неровностям дороги.

Например, при переезде колесо автомобиля на неровность, на колесо действует сила (F_A), которая стремится его повернуть вокруг точки (D) (допустим, по часовой стрелке). При этом на рейку передается сила (F_Z), которая поворачивает шестерню и закручивает торсионный вал. В результате открывается проход рабочей жидкости под давлением в правую полость силового цилиндра, а левая полость сообщается со сливом. Действующая на поршень и

рейку реактивная сила (F_R) уравнивает силу (F_Z) и тем самым, оказывая противодействие повороту колес автомобиля.

1.4 Электрогидравлические и электрические усилители рулевого управления легковых автомобилей

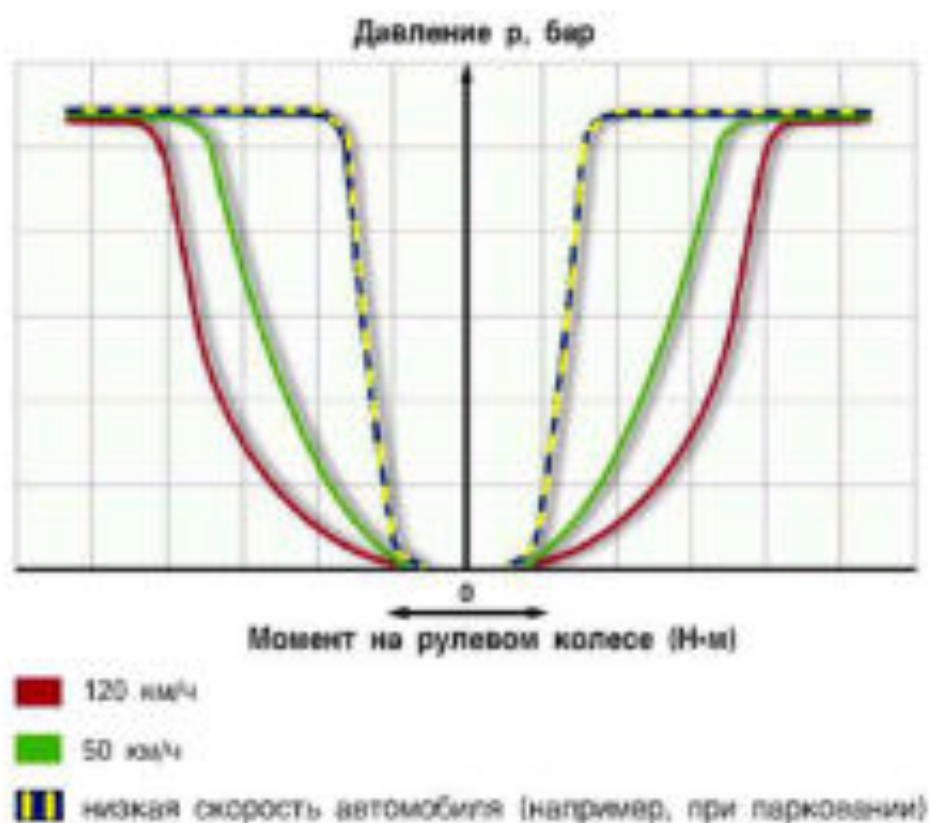


Рисунок 1.21 – Зависимость рабочего давления гидравлического усилителя от момента на рулевом колесе от скорости движения автомобиля.

Чем выше скорость автомобиля, тем меньшие усилия должен прилагать водитель к рулевому колесу, чтобы изменять направление движения автомобиля. Эта принципиальная закономерность должна выполняться всеми системами рулевого управления с постоянным или переменным передаточным отношением. При конструировании рулевого управления приходится принимать компромиссные решения, которые заключаются в следующем: рулевое управление не должно быть слишком легким при высоких скоростях движения. Однако на низких скоростях движения тот же поворот рулевого колеса должно

происходить с незначительными энергозатратами, чтобы не утомлять водителя при сложном маневрировании. На рисунке 1.21 приведен график зависимости усилия, прилагаемого водителем к рулевому колесу в зависимости от скорости движения автомобиля. Рассматривая график, мы видим, что при малой скорости движения автомобиля давление в гидравлическом усилителе должно достигать максимума даже при незначительно усилении, прилагаемом водителем к рулевому колесу. При высоких скоростях движения давления в гидравлическом усилителе достигает своего максимума только при значительном усилении, прилагаемом водителем к рулевому колесу.

В этом параграфе мы рассмотрим конструкции современных электрогидравлических и электрических систем рулевого управления, реализующих эту зависимость, большинство из которых управляется электроникой.

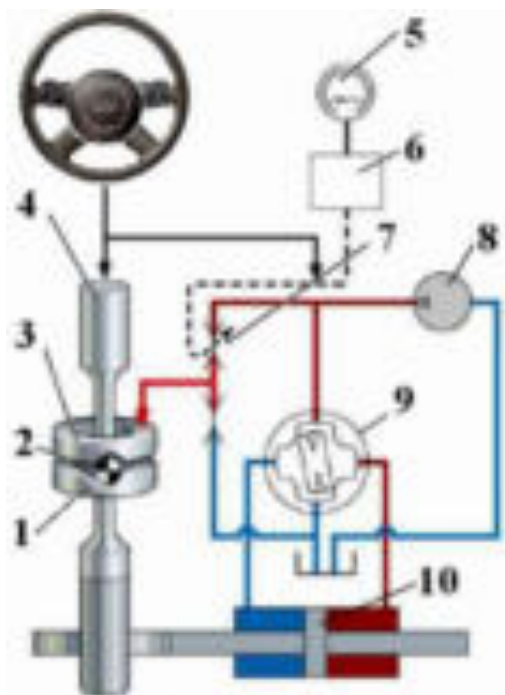
1.4.1 Принцип работы электрогидравлической системы усиления рулевого управления Servotronic

Противоречивую задачу подбора управляющего усилия решает система Servotronic. Система подбирает необходимое усилие на рулевом колесе в зависимости от скорости движения автомобиля, при этом максимальное усиление управления имеет место при неподвижном автомобиле или при движении с малой скоростью (например, при парковании).

Рассмотрим принцип работы электрогидравлического усилителя, схематически изображенного на рисунке 1.22. На автомобиле Audi года применена улучшенная модификация системы регулирования усилителя руля, получившая название Servotronic II. Эта система использует принцип активного гидравлического противодействия.

Выше втулки распределителя расположен реактивный поршень 3 (см. рис 1.22.). Он соединен с золотником 7 и торсионным валом, и опирается через шарики 2 на связанный с втулкой распределителя центрирующий диск 1. При отсутствии усилий на рулевом колесе и свободном состоянии торсионного

вала шарики 2 находятся в углублениях центрирующего диска 1. Полость над реактивным поршнем 3 заполнена рабочей жидкостью под давлением. В зависимости от величины этого давления изменяется усилие, передаваемое поршнем на шарики 2 и далее на втулку распределителя. Чем выше давление рабочей жидкости, тем большие усилия создаются усилителем и тем большие усилия вынужден прилагать водитель к рулевому колесу. При этом система Servotronic дополнительно регулирует давление посредством электромагнитного клапана 7.



1 – центрирующий диск; 2 – шарик; 3 – реактивный поршень; 4 – торсионный вал; 5 – датчик скорости автомобиля; 6 – электронный блок управления усилителем; 7 – управляющий клапан; 8 – гидравлический насос; 9 – клапан-распределитель; 10 – гидравлический цилиндр, управляющий рулевой рейкой.

Рисунок 1.22 – Электромеханическая система усилителя рулевого управления автомобиля Audi A8 модели 2003 года.

Управление клапаном 7 производится электронным блоком управления 6 по сигналам датчика скорости автомобиля 5, поступающим с блока управления системой управления двигателем. Чем больше проходное сечение, обеспеченное управляющим клапаном 7, тем меньший перепад давления на нем, и тем большая величина давления действует на реактивный поршень 3 сверху. Таким способом через управляющее давление, определенное проходным сечением клапана 7 и воздействующее на поршень 3 сверху, реализуется идея изменения крутящего момента, прилагаемого водителем к рулевому колесу в зависимости от скорости движения автомобиля.

1.4.2 Электромеханический усилитель рулевого управления



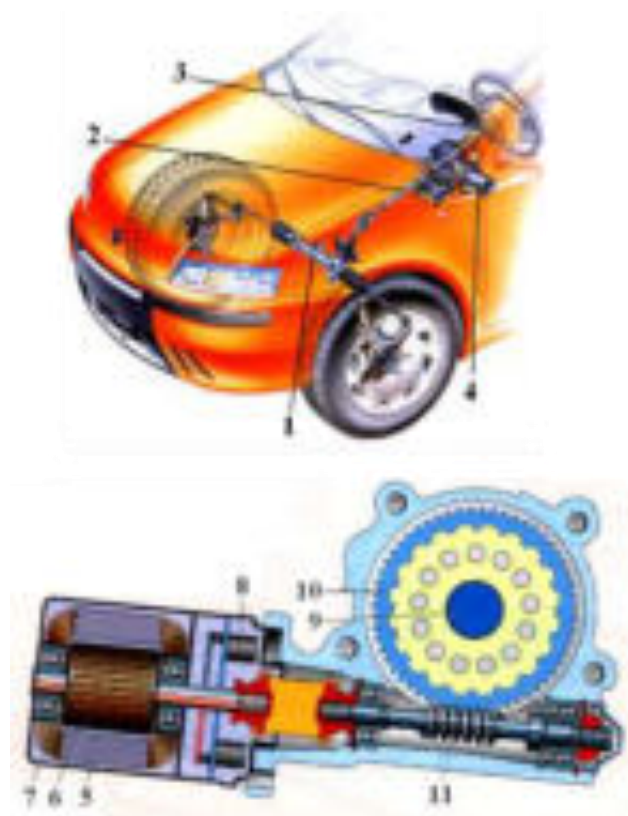
1 – датчик-измеритель величины крутящего момента, создаваемого водителем, прилагающим усилие к рулевому колесу; 2 – замок зажигания (от замка зажигания осуществляется питание как самого электронного блока управления, так и через него подводится питание к датчикам и исполнительным устройствам системы управления); 3 – в блок подрулевых переключателей вмонтированы датчики угла поворота рулевого колеса и датчик скорости вращения рулевого колеса (эта информация используется не только электромеханическим усилителем рулевого управления, но и системой стабилизации траектории движения автомобиля); 4 – электронный блок управления электромеханического усилителя; 5 – блок управления с индикатором в комбинации приборов; 6 – контрольная лампа неисправности электронной системы управления электромеханическим усилителем руля; 7 – двигатель электромеханического усилителя руля со встроенным датчиком скорости вращения ротора электродвигателя; 8 – блок управления системы стабилизации траектории движения ESP; 9 – блок управления двигателем.

Рисунок 1.23 – Электронная система управления усилителем руля.

На рисунке 1.23 изображен электромеханический усилитель рулевого управления автомобиля Фиат. Работа электромеханического усилителя с одним электрическим двигателем, установленным в качестве вспомогательного

элемента на рулевом валу рулевого привода, основана на следующем:

Поворот управляемых колес автомобиля сопровождается приложением определенного усилия к рулевому колесу. Величину момента, прилагаемого к рулевому колесу, а также угол поворота рулевого колеса измеряются датчиками 1, установленными на рулевой колонке, в частности в корпусе подрулевого переключателя 3 (см рисунок 1.23). Полученная информация перерабатывается электронным блоком управления 4 и подается электрическое напряжение на исполнительный механизм – электрический мотор усилителя рулевого управления 7. В мотор электрического усилителя вмонтирован датчик, определяющий скорость вращения ротора электрического двигателя. Эта информация используется для вычисления величины силы тока, следовательно, и величины крутящего момента, создаваемого электродвигателем.



1 – рулевой реечный механизм; 2 – рулевая колонка; 3 – рулевое колесо; 4 – электромеханический усилитель; 5 – электрический трехфазный двигатель; 6 – ротор электродвигателя; 7 – статор электродвигателя; 8 – датчик частоты вращения ротора электродвигателя; 9 – рулевой вал; 10 – зубчатое колесо; 11 – эвольвентный червяк.

Рисунок 1.24 – Электромеханический усилитель рулевого управления автомобиля Fiat.

Поворот рулевого колеса 3 (см. рисунок 1.24) вызывает вращение рулевого вала 9, связанного с зубчатым колесом червячного механизма электрического усилителя. Датчик поворота рулевого колеса 3 (см. рисунок 1.23) подает

сигнал на электронный блок управления, который немедленно включает напряжение, поступающее на электродвигатель 7 усилителя. Полярность напряжения, подаваемого на электродвигатель, зависит от направления вращения рулевого колеса, а сила тока – от момента, прилагаемого водителем к рулевому колесу. Величину крутящего момента определяет датчик 1.

Асинхронный электродвигатель (см. рисунок 1.24), состоящий из обмотки статора 7, полюсных башмаков 5 и ротора 6, связанного через эластичный элемент с червячным валом 11. При постоянной величине напряжения, поступающего на обмотку статора 7, крутящий момент, снимаемый с ротора 6 зависит от силы тока, величину которого выбирает электронный блок управления, опираясь на многопараметровую характеристику крутящего момента, создаваемого электродвигателем усилителя, заложенную в постоянную память блока управления.

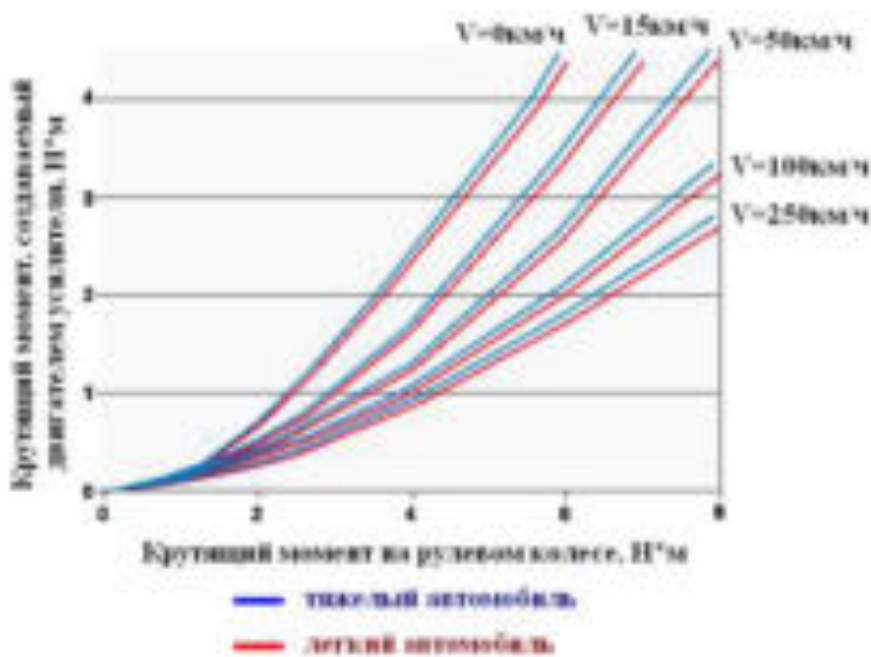


Рисунок 1.25 – Многопараметровая характеристика крутящего момента, создаваемого электрическим двигателем рулевого усилителя при различных скоростях движения.

Многопараметровая характеристика (см. рисунок 1.25) определяет зависимость крутящего момента, создаваемого электродвигателем усилителя в зависимости от величины крутящего момента, прилагаемого водителем к рулевому колесу. Кроме того, учитывается скорость движения автомобиля и его

масса. Информация о скорости движения автомобиля поступает в результате обмена с информацией системы управления двигателем. Масса автомобиля определяется расчетом, опираясь на динамические свойства автомобиля, то есть значение ускорения при его разгоне.

1.4.3 Преимущества электромеханического усилителя.

Основные преимущества электромеханического усилителя по сравнению с гидравлическим объясняются самим отсутствием гидравлической системы и присущим её компонентам недостаткам. Эти преимущества выражаются в следующем:

- исключены обычные для гидравлических систем компоненты, как насос, шланги, бачок для гидравлической жидкости и фильтр;
- не применяется гидравлическая жидкость, являющаяся опасной с экологической точки зрения;
- система занимает значительно меньшее подкапотное пространство;
- снижена шумность работы системы;
- уменьшены затраты энергии на привод;
- отсутствует сложная система шлангов и кабелей.

Все силовые компоненты усилителя расположены на рулевом механизме и действуют непосредственно на его детали. Затраты энергии на привод электромеханического усилителя существенно ниже, чем на привод гидравлического усилителя. Это объясняется его включением только по потребности, в то время как гидравлический усилитель требует постоянной прокачки рабочей жидкости. Поэтому электромеханический усилитель позволяет снизить расход топлива.

Высокая информативность рулевого управления при различных условиях движения достигается в результате:

- активной самоустановки управляемых колес в среднее положение;
- непосредственной, но плавной реакции усилителя на действия водителя;

- существенного ослабления усилий, передаваемых на рулевое колесо при движении по неровностям дороги.

1.4.4 Принцип работы электромеханического усилителя с двумя приводными шестернями

Для примера предлагается к рассмотрению устройство электромеханического усилителя автомобиля Golf 2004 модельного года. Эта система управляется электроникой, а это значит, в её состав входят датчики (сенсоры) и активаторы (исполнительные устройства). Сейчас, не вдаваясь в описание процессов, происходящих как в сенсорах, так и в активаторах, а тем более в электронном блоке управления попробуем разобраться, как же это все работает.

1.4.5 Многопараметровая характеристика

Управление усилителем производится в соответствии с многопараметровой характеристикой, сохраняемой в постоянной памяти блока управления. В качестве примера (см. рисунок 1.25) на графике приведены характеристики усилителя как для относительно тяжелого, так и легкого автомобиля, выбранные их 8 характеристик для автомобиля Golf модели 2004 года.

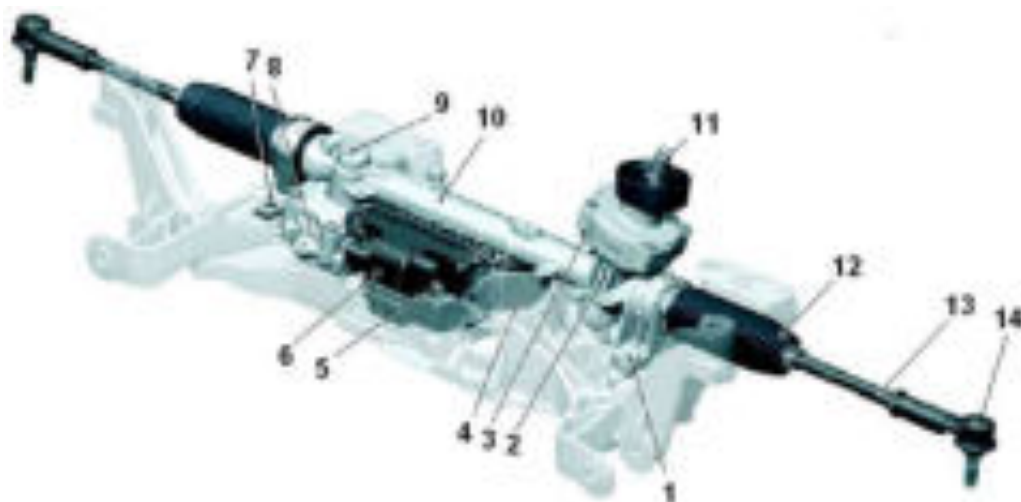
Активизация той или иной характеристики производится на заводе. Однако, активизацию конкретной характеристики можно производить также посредством измерительно-диагностического комплекса VAG 5051 (5052), KTS XXX или «ESI[tronic]», используя функцию «Согласование» и выбрав пункт меню "Канал 1". Эта операция проводится, например, при замене блока управления усилителем или всего рулевого механизма.

Эти же функции доступны, если ваши мастерские оснащены отечественным комплексом автомобильной диагностики, например КАД-400, «Автомастер – 1» или другим аналогичным комплексом.

Функция «Базовые настройки» позволит произвести необходимые изме-

нения в программе электронного управления, однако, изменение этих функций может нанести ущерб управляемости автомобиля, поэтому требуется высокая ответственность и четкое понимание выполняемой задачи.

1.4.6 Компоновка рулевого механизма с двумя приводными шестернями



1 – жесткое крепление рулевого механизма к кузову автомобиля; 2 – шестерня рулевого механизма; 3 – датчик крутящего момента, прилагаемого к рулевому колесу; 4 – электродвигатель усилителя рулевого управления, управляемый электроникой; 5 – штекерное соединение (коннектор); 6 – электронный блок управления усилителем рулевого управления; 7 – эластичное крепление рулевого механизма к кузову автомобиля; 8 – редуктор с червячной передачей; 9 – шестерня привода рулевого усилителя; 10 – рулевая рейка; 11 – шлицевая часть рулевого механизма, к которому присоединяется рулевой вал; 12 – гофрированный чехол-пыльник; 13 – рулевая тяга; 14 – рулевой наконечник.

Рисунок 1.26 – Компоновка рулевого усилителя с двумя приводными шестернями.

На рисунке 1.26 приведена компоновка рулевого механизма автомобиля Golf-IV, укомплектованного электрическим усилителем. В рассмотренной ранее конструкции электрический мотор усилителя рулевого управления располагался на рулевой колонке. В представленной конструкции электрический

мотор расположен на рулевом реечном механизме, причем, электромотор приводит в движение отдельную шестерню 9, которая находится в зацеплении с зубьями рулевой рейки 10 и вращается посредством редуктора с червячной передачей. Рулевой вал присоединен к шлицевой части 11 торсионного вала привода шестерни 2, в картере которого установлен датчик крутящего момента 3, прикладываемого водителем к рулевому колесу. Электронный блок управления 6 расположен на корпусе электромотора усилителя.

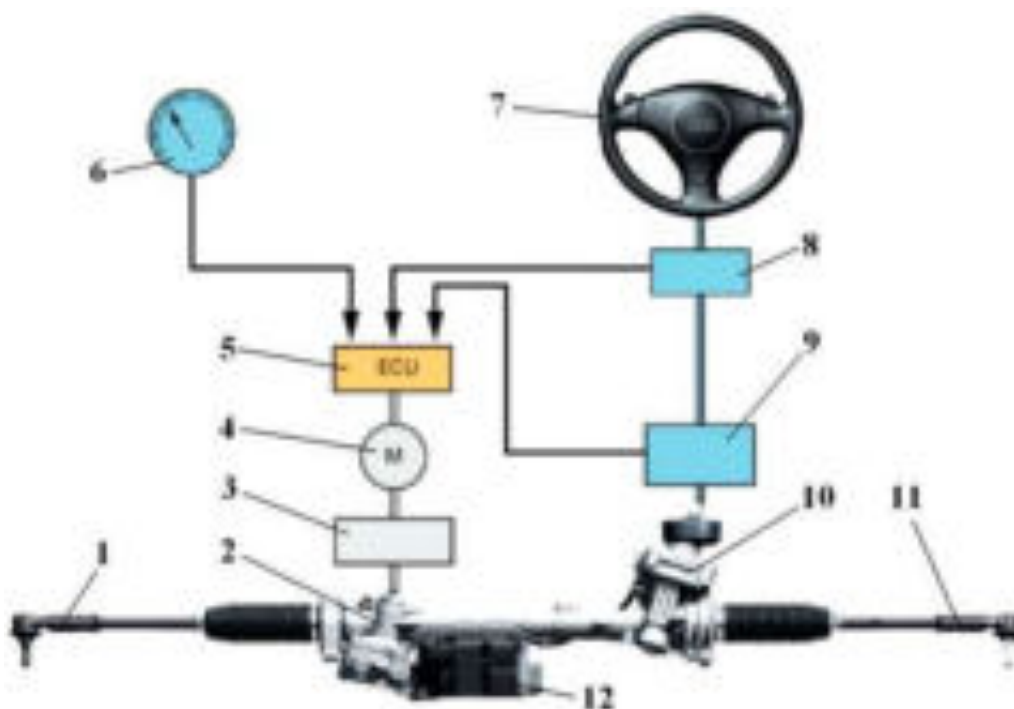
К обоим концам рулевой рейки привернуты рулевые тяги 13, снабженные неразборными рулевыми наконечниками 14. Рулевой механизм снабжен гофрированными чехлами-пыльниками, предохраняющими картер реечного механизма от проникновения пыли и влаги.

1.4.7 Действие усилителя при повороте рулевого колеса

Порядок действий усилителя при повороте рулевого колеса:

1. Усилитель начинает действовать с того момента, когда водитель приложит усилие к рулевому колесу;
2. Рулевой вал закручивает торсион, расположенный между ним и приводной шестерней. Величина упругой деформации определяется датчиком 9 (см. рисунок 1.27), расположенным на приводе шестерни. Сигнал о величине упругой деформации закручивания торсионного вала поступает на электронный блок управления усилителем 5;
3. Текущий угол поворота рулевого колеса определяется датчиком 8, установленным на рулевой колонке, а скорость поворота рулевого колеса определяется с помощью датчика, установленного непосредственно на электрическом двигателе 12, приводящем в движение шестерню усилителя;
4. Электронный блок управления усилителем 5 определяет необходимый крутящий момент, который должен приложить электрический двигатель усилителя к приводной шестерне, учитывая значение крутящего момента, при-

лагаемого к рулевому колесу. Кроме того, производится согласование расчетного значения крутящего момента со скоростью движения автомобиля, а также со скоростью вращения рулевого колеса. При этом в расчет принимаются все параметры настройки, введенные в память электронного блока управления в качестве «Базовых настроек»;



1 – правая рулевая тяга с наконечником; 2 – шестерня усилителя рулевого управления; 3 – червячная передача электромеханического усилителя; 4 – асинхронный электрический двигатель усилителя; 5 – электронный блок управления; 6 – датчик скорости движения автомобиля; 7 – рулевое колесо; 8 – датчик угла поворота рулевого колеса, датчик угла поворота рулевого вала и скорости его поворота; 9 – датчик прилагаемого момента к рулевому колесу; 10 – шестерня рулевого механизма; 11 – левая рулевая тяга с наконечником; 12 – электрический двигатель рулевого усилителя.

Рисунок 1.27 – Основные компоненты рулевого управления с электронным усилением.

5. Создаваемый электрическим двигателем крутящий момент через червячный редуктор 2 передается на шестерню электромеханического усилителя, работающую параллельно с шестерней рулевого механизма;

6. Таким образом, поворот управляемых колес производится в результате суммарного крутящего момента, создаваемого водителем, прилагающем усилие к рулевому колесу 7, и крутящего момента, создаваемого электромеханическим усилителем 12.

1.4.8 Действие усилителя при движении со сверхнизкими скоростями (парковке)

Особенность такого режима движения связана с необходимостью быстрого вращения руля при невысоких скоростях движения. Например, при маневрировании на ограниченном участке при выполнении разворота с применением заднего хода или въезде в гараж, на место парковки. Пояснения, расположенные ниже соотносите с рисунком 1.28.

1. При парковании водитель вынужден поворачивать рулевое колесо 1 на относительно большие углы;

2. Упругая деформация кручения торсионного вала измеряется датчиком крутящего момента 2. Передаваемые в блок управления 3 сигналы датчика свидетельствуют об относительно больших значениях крутящего момента на рулевом колесе;

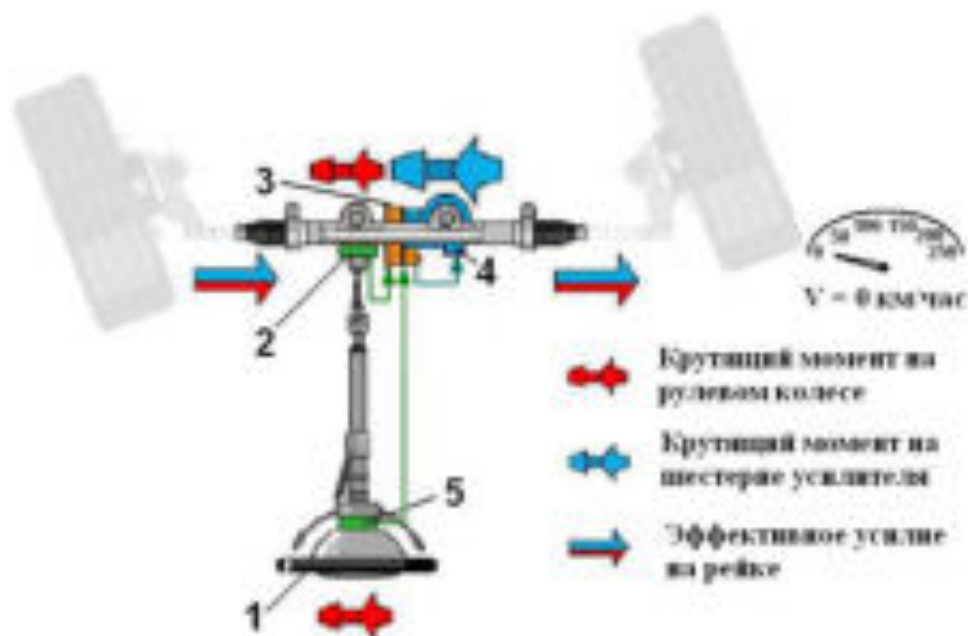
3. Угол поворота рулевого колеса измеряется датчиком 5, а скорость его вращения определяется по частоте вращения ротора двигателя усилителя 4;

4. Ввиду относительно большого момента на рулевом колесе и нулевой (или близкой к нулю) скорости автомобиля, блок управления определяет необходимость в значительном усилении рулевого управления. При этом учитывается частота вращения коленчатого вала, угол и скорость поворота рулевого колеса, а также сохраняемую в памяти прибора характеристику усилителя для скорости автомобиля $V=0$ км/ч. Соответственно этим расчетам устанавливается величина крутящего момента, создаваемого двигателем усилителя;

5. Следовательно, при парковании на рейку действуют максимальные усилия 6, передаваемые через шестерню рулевого механизма, но в большей

мере через шестерню электромеханического усилителя;

6. Перемещение рейки происходит под действием суммы усилий, создаваемых в результате преобразования крутящего момента двигателя усилителя и крутящего момента, передаваемого с рулевого колеса.



1 – рулевое колесо; 2 – датчик крутящего момента на рулевом колесе; 3 – электронный блок управления усилителем; 4 – электромотор усилителя; 5 – датчик угла поворота рулевого колеса.

Рисунок 1.28 – Действие рулевого усилителя при парковке и движении с малыми скоростями.

1.4.9 Работа усилителя при относительно небольших скоростях движения

Режим движения в городе весьма переменчив, то автомобиль двигателя по прямой, не совершая резких маневров, то происходит перестроение с относительно небольшим поворотом руля, то объезд стоящего транспорта, при котором на низких скоростях движения происходит интенсивное руление.

Движение в городе связано с частой и довольно резкой сменой направления движения на скорости движения 30...50 км/час. Все это создает определенные трудности при создании управляющей программы, которая учитывала

бы все изменения режимов движения. Поэтому, при составлении программы работы электромеханического усилителя рулевого управления за основу взята реальная скорость движения автомобиля.

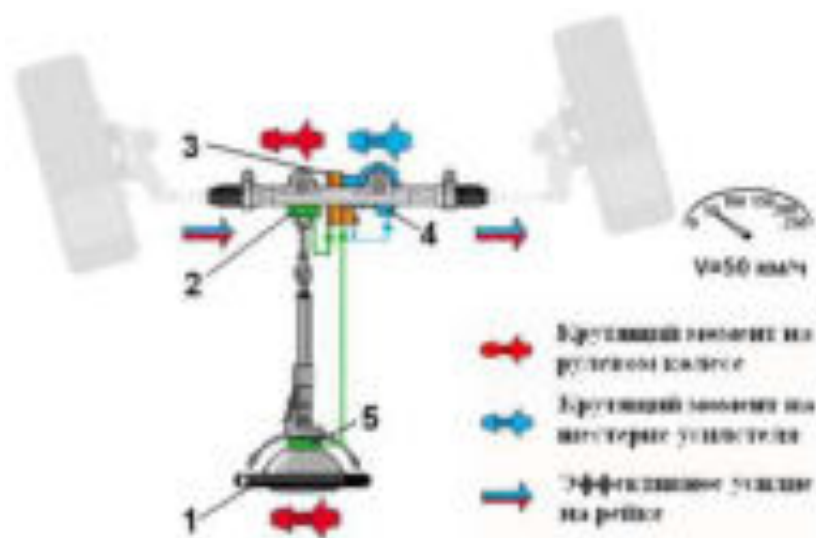


Рисунок 1.29 – Действие рулевого усилителя при маневрировании в городском движении.

1. При движении в городе водителю довольно часто приходится интенсивно вращать рулевое колесо 1 (см. рисунок 1.29), совершая повороты.

2. Действующий на рулевое колесо крутящий момент передается на рулевой механизм через торсионный вал, закрутка которого в данном случае не превышает средних значений. Измеряющий деформацию кручения торсионного вала датчик 2 передает соответствующий ей сигнал в блок управления усилителем 3.

3. Текущий угол поворота рулевого колеса измеряется датчиком 5, а скорость его вращения определяется по частоте вращения ротора двигателя усилителя 4, измеряемой посредством установленного на этом двигателе датчика.

4. Ввиду умеренных значений крутящего момента на рулевом колесе и близкой к 50 км/ч скорости движения автомобиля блок управления определяет необходимость в относительно небольшом усилении рулевого управления. При этом учитывается частота вращения коленчатого вала, угол и скорость

поворота рулевого колеса, а также сохраняемая в памяти прибора характеристика усилителя для скорости автомобиля $V=50$ км/ч. Соответственно этому устанавливается крутящий момент двигателя усилителя.

5. Таким образом, при движении в поворотах на рейку действуют умеренные усилия, передаваемые через вторую, параллельно действующую шестерню, приводимую в движения электрическим мотором усилителя, однако при объезде стоящего автомобиля при смене полосы в «пробках» возможен переход на программу, соответствующую нулевой скорости движения.

6. В случае городского движения с умеренными скоростями перемещение рейки происходит под действием суммы усилий, создаваемых в результате преобразования крутящего момента двигателя усилителя и крутящего момента, передаваемого с рулевого колеса.

1.4.10 Действие электромеханического усилителя при движении вне населенных пунктов или по автомагистрали

Этот режим движения связан с совершением плавных маневров при относительно высоких скоростях движения. Даже совершение перестроений при высоких скоростях движения не требует интенсивного руления, то есть водитель заблаговременно намечает траекторию движения автомобиля и вписывается в выбранную траекторию плавным поворотом руля на небольшой угол. Описание режима управления соотносите с рисунком 1.30.

1. При смене полосы движения вне населенного пункта или на автомагистрали водитель поворачивает рулевое колесо 1 на относительно небольшой угол.

2. Действующий на рулевое колесо крутящий момент передается на рулевой механизм через торсионный вал, закрутка которого в данном случае невелика. Измеряющий упругую деформацию торсионного вала датчик 2 передает соответствующий этой закрутки сигнал в блок управления усилителем 3.

3. Текущий угол поворота рулевого колеса измеряется датчиком 5, а

скорость поворота рулевого колеса определяется по частоте вращения ротора двигателя 4 усилителя, измеряемой посредством установленного на этом двигателе датчика.

4. Ввиду малых значений крутящего момента на рулевом колесе и близкой к 100 км/ч скорости движения автомобиля блок управления 4 определяет необходимость в очень небольшом усилении рулевого управления. При этом учитывается частота вращения коленчатого вала, угол и скорость поворота рулевого колеса, а также сохраняемая в памяти прибора характеристика усилителя для скорости автомобиля $V=100$ км/ч. Соответственно этим параметрам рассчитывается крутящий момент двигателя 4 усилителя.

5. Следовательно, при движении вне населенных пунктов (по автомагистрали) на рейку действуют небольшие или близкие к нулю усилия, передаваемые через вторую, параллельно действующую шестерню, приводимую в движение электромотором 4 усилителя.

6. Перемещение рейки происходит в этом случае под действием суммы усилий, создаваемых в результате преобразования крутящего момента двигателя усилителя, но в большей мере крутящего момента, передаваемого с рулевого колеса.



Рисунок 1.30 – Действие рулевого усилителя при плавном маневрировании при движении вне населенных пунктов.

1.4.11 Активный возврат управляемых колес автомобиля в среднее положение

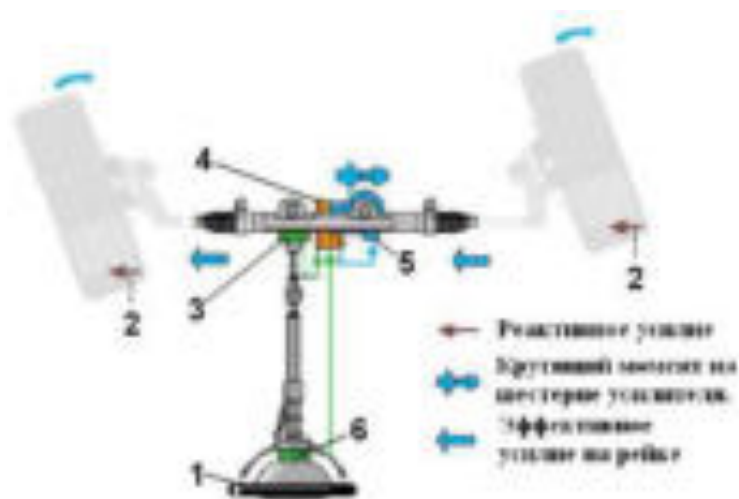
1. Если при движении автомобиля в повороте водитель снижает усилия, прилагаемые к рулевому колесу 1 (см. рисунок 1.31), торсионный вал 3, освобождаясь от прилагаемого со стороны водителя усилия, раскручивается.

2. Блок управления 4 рассчитывает необходимую скорость возврата колес автомобиля в среднее положение в зависимости от изменения момента на рулевом колесе 1, угла поворота рулевого колеса и скорости его поворота. Расчетное значение сравнивается с фактическим значением скорости возврата управляемых колес в нейтральное положение, а результат сравнения служит основанием для определения момента, необходимого для поворота колес в среднее положение при помощи электромотора усилителя.

3. Геометрия подвески управляемых колес автомобиля обычно такова, что при повороте управляемых колес автомобиля возникают реактивные усилия 2, которые стремятся вернуть их в исходное положение, соответствующее прямолинейному движению. Однако, эти усилия обычно настолько малы, что не могут преодолеть силы трения в рулевом приводе и в подвеске. Поэтому самоустановка управляемых колес в среднее положение или не происходит, или происходит с нежелательным запаздыванием.

4. Блок управления усилителем рассчитывает необходимый для возврата колес крутящий момент двигателя усилителя по величинам момента на рулевом колесе, скорости автомобиля, частоты вращения коленчатого вала, угла и скорости поворота рулевого колеса. При этом учитываются сохраняемые в памяти управляющего блока характеристики. По результатам расчета блок управления подбирает соответствующий условиям крутящий момент электрического двигателя усилителя.

5. В результате электрический двигатель 5 усилителя обеспечивает возврат управляемых колес в среднее положение с заданной скоростью.



1 – рулевое колесо; 2 – реактивное усилие на управляемых колесах; 3 – торсионный вал рулевого управления; 4 – электронный блок управления усилителем; 5 – электромотор усилителя; 6 – датчик угла поворота рулевого колеса.

Рисунок 1.31 – Активный возврат управляемых колес в положение, соответствующее движению прямо.

1.4.12 Коррекция среднего положения управляемых колес

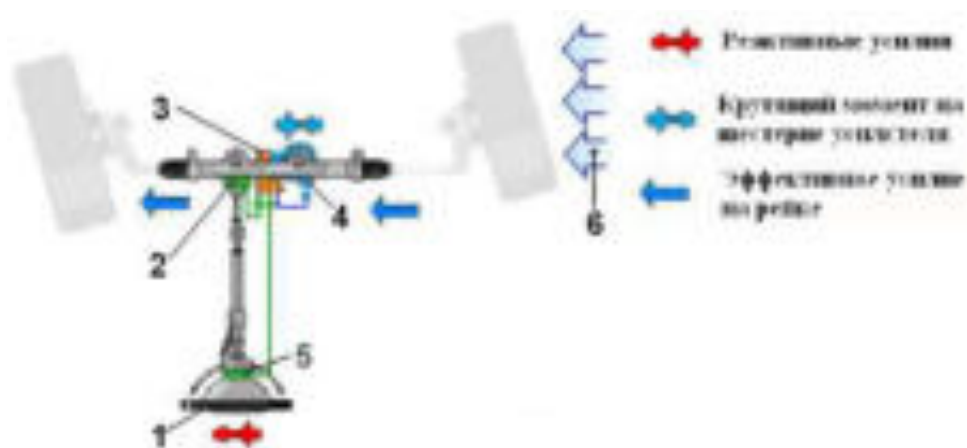
Коррекция положения управляемых колес – это функция, которая реализуется благодаря способности рулевого управления к активной самоустановке. Усилитель создает крутящий момент, необходимый для удерживания колес автомобиля в положении, при котором автомобиль сохраняет прямолинейное движение. Различают режимы кратковременной и долговременной коррекции среднего положения управляемых колес.

1.4.13 Режим долговременной коррекции

Усилитель работает в режиме долговременной коррекции, если необходимо постоянно устранять отклонение автомобиля от прямолинейного курса, например, после замены летних шин бывшими в употреблении зимними шинами, или наоборот.

1.4.14 Режим кратковременной коррекции

При работе в этом режиме усилитель позволяет удерживать автомобиль на прямолинейном курсе при кратковременном воздействии на автомобиль внешних сил. Благодаря этому облегчается управление автомобилем, например, при действии на него бокового ветра или движении по косоугру.



1 – рулевое колесо; 2 – датчик крутящего момента на рулевом колесе; 3 – электронный блок управления; 4 – электродвигатель усилителя; 5 – датчик угла поворота рулевого колеса; 6 – возмущающее усилие.

Рисунок 1.32 – Работа рулевого усилителя при кратковременной возмущающей силе, действующей на управляемое колесо автомобиля.

Представим, что на автомобиль действует постоянная внешняя сила 6 (см. рисунок 1.32), вызываемая, например, боковым ветром или поперечным уклоном дороги. При возникновении этой боковой силы автомобиль как бы «сползает» в сторону уклона дороги или его «уводит» под действием бокового ветра;

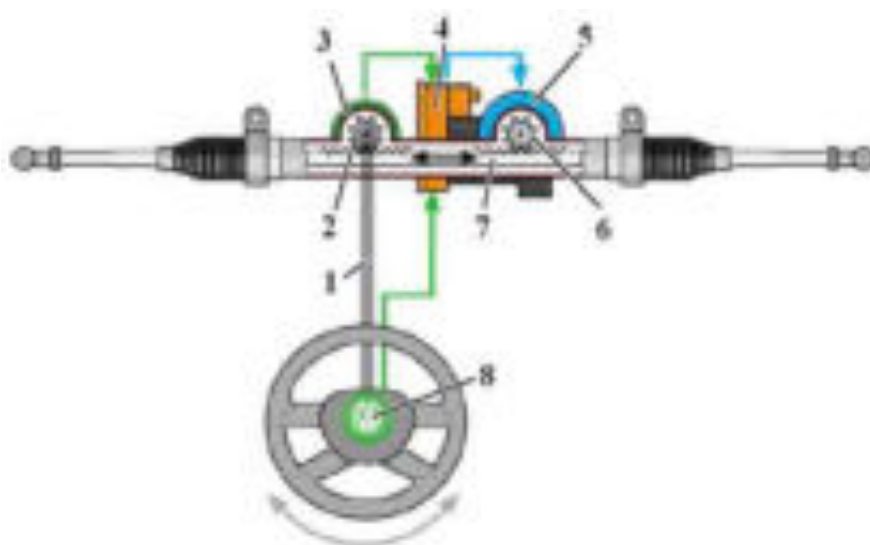
1. Чтобы удержать автомобиль на прямолинейном курсе, водитель вынужден периодически поворачивать рулевое колесо 1, выводя его из среднего положения, то есть «подруливать».

2. Блок управления усилителем 3 рассчитывает крутящий момент, создаваемый электрическим двигателем 4 усилителя, необходимый для удержания автомобиля на прямолинейном курсе. Расчет производится по величинам момента, возникающего на рулевом колесе 1 при удержании его в положении

прямолинейного движения, скорости автомобиля, частоты вращения коленчатого вала двигателя, а также угла и скорости поворота рулевого колеса. При расчете величины крутящего момента, создаваемого двигателем усилителя, учитываются сохраняемые в памяти электронного блока управления 3 характеристики (базовые установки).

3. В результате двигатель 4 усилителя помогает вернуть автомобиль на прямолинейный курс. При этом водитель может и не "подруливать", так как за него все сделает электроника.

1.4.15 Датчики и исполнительные устройства электронной системы управления усилителем с двумя приводными шестернями



1 – рулевой вал; 2 – приводная шестерня рулевого вала; 3 – картер рулевого механизма; 4 – электронный блок управления усилителем; 5 – электродвигатель усилителя; 6 – приводная шестерня электрического усилителя; 7 – рулевая рейка; 8 – датчик крутящего момента на рулевом колесе.

Рисунок 1.33 – Рулевой механизм с двумя приводными шестернями и электрическим усилителем.

У рулевого механизма с электромеханическим усилителем и двумя приводными шестернями (см. рисунок 1.33) необходимое для поворота колес ав-

томобилia усилие суммируется из усилий, передаваемых на рейку обеими шестернями. При этом на одну шестерню передается крутящий момент, создаваемый водителем на рулевом колесе, а на другую – крутящий момент электродвигателя усилителя после преобразования его в червячной передаче. Рулевой механизм содержит датчик крутящего момента 8 на рулевом колесе, торсион, приводные шестерни усилителя 6 и вала рулевого управления 2, червячную передачу и электродвигатель 5 с блоком управления 4. Основной деталью рулевого механизма с электромеханическим усилителем является рейка 7 с зубьями на двух участках.

Оснащенный блоком управления и датчиком электродвигатель 5 усилителя связан с отдельной шестерней 6 рулевого механизма, в то время как другая шестерня 2 обеспечивает механическую связь посредством вала 1 рулевого колеса с рейкой 7. Благодаря этому рулевое управление полностью сохраняет работоспособность при выходе из строя электродвигателя усилителя.

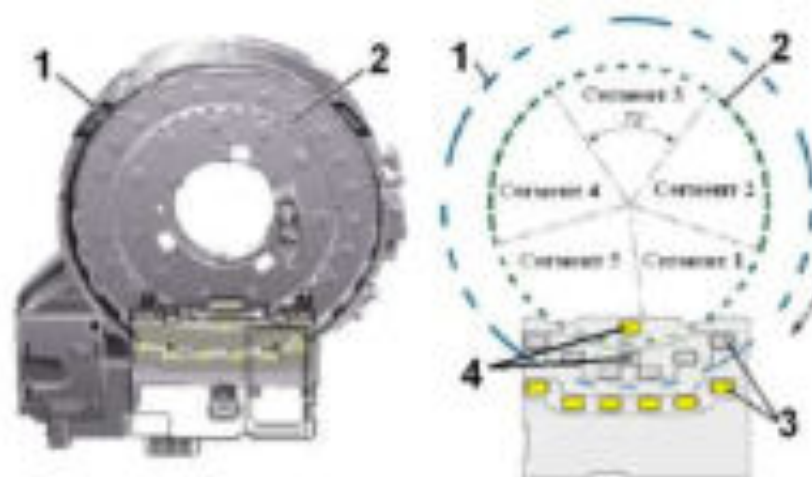
1.4.15.1 Датчик угла поворота рулевого колеса

Основными деталями датчика угла поворота рулевого колеса, изображенного на рисунке 1.34, являются: кодирующий диск с двумя кольцами 1 и 2 и фотоэлектрические пары 3, каждая из которых содержит источник света и фотоэлемент. Внешнее кольцо 1 кодирующего диска служит для определения абсолютных значений угла поворота рулевого колеса, а внутреннее кольцо 2 – для определения приращений этого угла.

Кольцо приращений 2 разделено на пять равных сегментов величиной 72° , и снабжено одной фотоэлектрической парой 4. В пределах каждого из сегментов кольцо имеет несколько вырезов. Чередование выступов и вырезов в пределах одного сегмента не изменяется, а в соседних сегментах чередование претерпевает изменение. Благодаря этому осуществляется распознавание электронным блоком управления каждого из сегментов.

Внешнее кольцо 1 служит для определения абсолютных значений угла

поворота рулевого колеса. Он используется в сочетании с шестью фотоэлектрическими парами 3.



1 – кольцо абсолютных значений; 2 – кольцо приращений; 3 – шесть фотоэлектрических пар, определяющих угол поворота колеса; 4 – одна фотоэлектрическая пара, определяющая значение приращения угла поворота рулевого колеса.

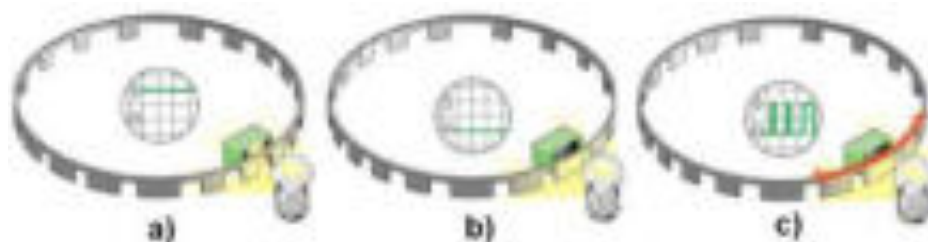
Рисунок 1.34 – Фотоэлектрический датчик угла поворота рулевого колеса.

Датчик угла поворота рулевого колеса позволяет отсчитывать его поворот в пределах до 1044° . Отсчет угла производится путем суммирования числа градусов. При переходе через метку, соответствующую 360° , датчик регистрирует завершение поворота на один полный оборот. Конструкцией рулевого механизма предусматривает возможность поворота рулевого колеса из одного крайнего положения в другое на величину 2,76 оборота.

Измерение угла поворота производится по сигналам фотоэлектрического датчика, взаимодействующего с подвижным экраном.

Если для упрощения рассмотреть только кольцо приращений (см. рисунок 1.35), можно увидеть источник света с одной его стороны и фотоэлемент с другой. Последовательность импульсов возникает также на каждой фотоэлектрической паре, взаимодействующей с кольцом абсолютных значений. Все последовательности электрических импульсов, поступающих с каждого

фотоэлемента, обрабатываются в блоке управления. Сравнение сигналов позволяет определить продвижение колец от начала отсчета, которое определяется по базовому сигналу, поступающему с кольца абсолютных значений.



а – вырез на кольце позволяет лучу света достичь фотоэлемента (на осциллограмме видно наличие напряжения на датчике); б – выступ на кольце не позволяет лучу света достичь фотоэлемента (на осциллограмме видно отсутствие напряжения на датчике); в – чередование вырезов и выступов на кольце вызывает переменный сигнал (на осциллограмме виден переменный сигнал).

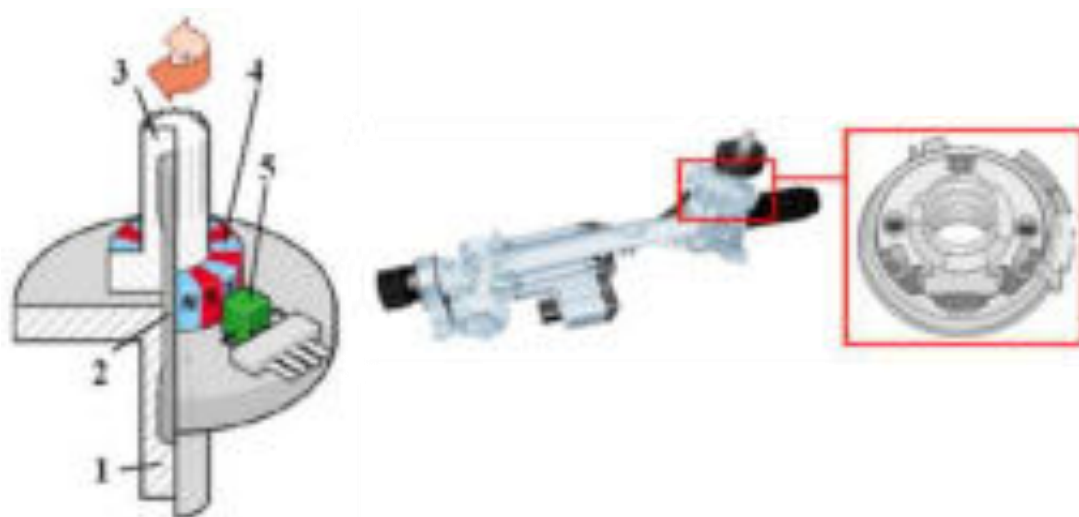
Рисунок 1.35 – Принцип работы фотоэлектрического датчика угла поворота рулевого колеса.

При прохождении луча света через вырез (см. рисунок 1.35а) на кольце на выводах фотоэлемента возникает напряжение. Если этот луч прерывается выступом кольца (см. рисунок 1.35б), напряжение исчезает. При перемещении кольца возникает определенная последовательность импульсов напряжения, показанная на рисунке 1.35в.

1.4.15.2 Датчик крутящего момента на рулевом колесе

Крутящий момент на рулевом колесе измеряется датчиком 5 (см. рисунок 1.36), установленным непосредственно на хвостовике шестерни вала рулевого управления. Принцип работы датчика основан на магниторезистивном эффекте. Чтобы обеспечить необходимую надежность датчика, он выполнен по дуплексной схеме (с дублирующими чувствительными элементами). Датчик крутящего момента 5 расположен на диске, соединенном с шестерней привода рулевого механизма. Вал рулевого управления через шлицевую часть

привода 3 соединяется с валом привода шестерни рулевого механизма 1 посредством торсиона 2. На конце шлицевого наконечника 3 вала рулевого управления установлен магнитный диск 4, по окружности которого расположены 24 сектора с чередующейся магнитной полярностью. При измерении крутящего момента в поле обзора датчика 5 находится только одна пара полюсов магнитного диска 4.



1 – вал привода шестерни рулевого механизма; 2 – торсионный вал; 3 – шлицевой наконечник, соединяемый с рулевым валом; 4 – магнитный задающий диск; 5 – активный индукционный датчик.

Датчик крутящего момента на рулевом колесе и его размещение на картере рулевого механизма. С магнитным диском взаимодействует магниторезистивный чувствительный элемент (датчик) 5, установленный на диске вала привода шестерни рулевого механизма. При воздействии на рулевое колесо конец рулевого вала, соединенного через шлицы с наконечником, поворачивается относительно диска вала привода шестерни рулевого управления с закрепленным на нем датчиком 5 в соответствии с величиной передаваемого от рулевого колеса на приводную шестерню крутящего момента. При этом магнитный диск 4 поворачивается относительно чувствительного элемента датчика 5 на угол, пропорциональный величине прикладываемого к рулевому колесу крутящего момента. При закрутке торсиона датчиком 5 фиксируется изменение направления магнитных силовых линий, которые, как вы помните, имеют направление от северного полюса к южному. По количеству этих изменений

блок управления вычисляет крутящий момент.

При неисправности датчика крутящего момента необходимо заменить рулевой механизм в сборе. Неисправность датчика влечет за собой отключение усилителя рулевого механизма. Однако усилитель отключается не мгновенно, а постепенно. Чтобы обеспечить «плавное» отключение усилителя, включается аварийная программа управления усилителем. Блок управления вырабатывает резервный сигнал, определяемый вычислением крутящего момента по сигналу угла поворота рулевого колеса и угла поворота ротора электродвигателя усилителя.

При неисправности датчика в комбинации приборов загорается красная контрольная лампа на панели приборов, сигнализирующая о неисправности рулевого усилителя.

1.4.15.3 Датчик частоты вращения ротора

Датчик частоты вращения ротора является составной частью электродвигателя усилителя (см. рисунок 1.37). Доступ к датчику возможен только после разборки электродвигателя.



Рисунок 1.37 – Электромотор рулевого усилителя автомобиля Audi, размещенный на картере реечного рулевого механизма с датчиком частоты вращения ротора электромотора, расположенным внутри корпуса электромотора.

Действие датчика частоты вращения ротора основано на магниторезистивном принципе, рассмотренном выше. Конструктивно он аналогичен датчику крутящего момента на рулевом колесе. Измерение частоты вращения

двигателя усилителя позволяет управлять величиной крутящего момента, создаваемого электромотором усилителя с высокой точностью.

При выходе из строя датчика скорости вращения ротора электромотора вместо его сигнала используется величина скорости поворота рулевого колеса. При этом действие усилителя ослабляется постепенно. Благодаря этому при выходе датчика из строя предотвращается внезапное прекращение поддерживающего усилия. О неисправности датчика водитель может узнать по красному свечению контрольной лампы на панели приборов.

1.4.15.4 Датчик скорости движения автомобиля

Сигнал, несущий информацию о скорости автомобиля, поступает с блока управления системой ABS (ESP).

При отсутствии сигнала скорости движения автомобиля электронным блоком управления усилителем запускается резервная программа. Действие усилителя сохраняется при этом в полной мере, но развиваемые им усилия не зависят от скорости автомобиля, т. е. функция Servotronic отсутствует. Водитель может узнать об отсутствии этого сигнала по желтому свечению контрольной лампы на панели приборов.

1.4.15.5 Электромотор усилителя рулевого управления

Электромотор усилителя (см. рисунок 1.37) бесщеточный, асинхронный. Он усиливает действие рулевого механизма, развивая крутящий момент до 4,1 Н·м. Асинхронные двигатели отличаются отсутствием постоянного магнитного поля и обмотки возбуждения. Их называют асинхронными, потому что частота вращения ротора не совпадает по величине с частотой вращения магнитного поля, создаваемого переменным током. Различие этих частот является признаком асинхронности. Асинхронные двигатели благодаря отсутствию щеток и токопринимающего коллектора отличаются простотой конструкции и

соответственно высокой надежностью. К преимуществам асинхронного двигателя относится возможность его свободной прокрутки от рулевого механизма при отсутствии напряжения на его клеммах.

Благодаря малой инерционности эти двигатели особенно пригодны для поддержки быстрых поворотов управляемых колес. Корпус электродвигателя изготовлен из алюминиевого сплава. Развиваемый двигателем крутящий момент преобразуется в червячном редукторе и передается на приводную шестерню усилителя, которая создает тяговое усилие на рейке рулевого механизма.

На свободном конце вала двигателя закреплен постоянный магнит, используемый для определения частоты вращения ротора. По сигналу датчика частоты вращения ротора блок управления определяет скорость поворота рулевого колеса. При выходе из строя электродвигателя действие усилителя прекращается. Управление автомобилем полностью сохраняется при незначительном увеличении сопротивлений в рулевом механизме. Даже при коротком замыкании в цепи двигателя его блокирование невозможно. О неисправности электродвигателя свидетельствует красное свечение контрольной лампы на панели приборов.

1.4.16 Электронный блок управления усилителем рулевого управления

Блок управления усилителем установлен непосредственно на электродвигателе, благодаря чему отпадает необходимость в сложной внешней электропроводке к агрегатам рулевого управления.

В блок управления поступают сигналы:

- с датчика угла поворота рулевого колеса,
- с датчика частоты вращения коленчатого вала,
- с датчиков крутящего момента на рулевом колесе и частоты вращения ротора двигателя;

- с электронного блока управления ABS данные о скорости автомобиля;
- о положении ключа зажигания с блока управления комбинацией приборов.

По этим сигналам блок управления усилителем определяет текущую потребность в поддержке рулевого управления, рассчитывает необходимую силу тока и непосредственно управляет электродвигателем. В блок управления встроены датчик температуры, который служит для определения теплового состояния усилителя. Если температура превышает 100°C, мощность усилителя постепенно снижается. При снижении мощности усилителя до 60% от расчетной величины контрольная лампа на панели приборов загорается желтым светом, а в оперативную память электронного блока управления усилителем вносится соответствующий код неисправности, который можно считать с помощью диагностического оборудования.

При неисправности блока управления усилителем его необходимо заменить в сборе. После замены блока управления следует активизировать многопараметровую характеристику, записанную в его постоянном запоминающем устройстве. Для этого используется измерительно-диагностический комплекс VAG 5051, KTS XXX или «ESI[tronic]», используя функцию «Согласование» и выбрав пункт меню "Канал 1", или соответствующая программа, установленная в комплексе автомобильной диагностики отечественного производства КАД-400 или «Автомастер-1».

1.4.17 Конструкция рулевого привода и возможные неисправности рулевого управления

К рулевому приводу предъявляются следующие требования:

- правильное соотношение углов поворота колес;
- отсутствие автоколебаний управляемых колес;
- самопроизвольного поворота колес при вертикальных колебаниях

кузова автомобиля на упругих элементах подвески.

Рулевой привод включает в себя рулевую трапецию, рычаги и тяги, связывающие рулевой механизм с рулевой трапецией.



1 – тяга левого поворотного кулака; 2 – регулировочный узел схождения левого колеса; 3 – левая поперечная тяга; 4 – рулевая сошка; 5 – средняя часть поперечной рулевой тяги; 6 – правая поперечная тяга; 7 – маятниковый рычаг рулевой трапеции; 8 – регулировочный узел схождения правого управляемого рычага; 9 – тяга правого поворотного кулака

Рисунок 1.38 – Рулевой привод управляемых колес автомобиля, снабженного червячным рулевым механизмом.

Рулевая трапеция в зависимости от компоновочных возможностей может располагаться перед передней осью (передняя рулевая трапеция), так и за ней (задняя рулевая трапеция).

Если на автомобиле управляемая ось неразрезная, и её подвеска к кузову автомобиля (к его раме) зависимая, применяется трапеция с цельной поперечной тягой. Если же в качестве управляемой оси применяется разрезной мост и подвеска управляющих колес независимая, то возможно применение только расчлененной поперечной тяги. Это необходимо для предотвращения самопроизвольного поворота управляемых колес при колебании автомобиля на подвеске.

На рисунке 1.38 представлена рулевая трапеция автомобиля, имеющего независимую подвеску управляемых колес и червячно-роликовый рулевой ме-

ханизм. Рулевой механизм через сошку 4 и рулевой шарнир перемещает среднюю часть расчлененной поперечной тяги 5 влево или вправо. Свободный конец расчлененной рулевой тяги через соответствующий рулевой шарнир соединен с маятниковым рычагом 7. Рулевая тяга 1 левого управляемого колеса и рулевая тяга 9 правого управляемого колеса через рулевые наконечники соединены со средней частью поперечной рулевой тяги 5 соответственно левой 3 и правой 6 поперечными тягами. На левой и правой поперечной тяге имеются регулировочные узлы 2 и 8, с помощью которых возможна установка угла схождения колес.

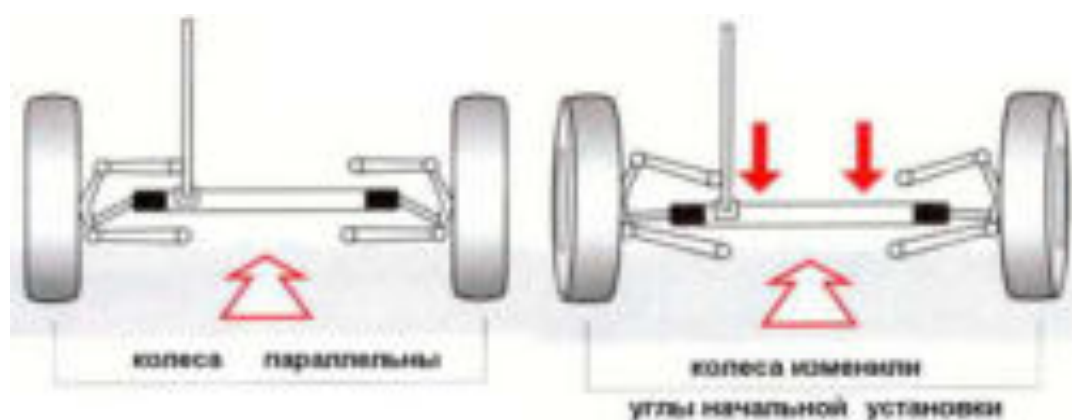
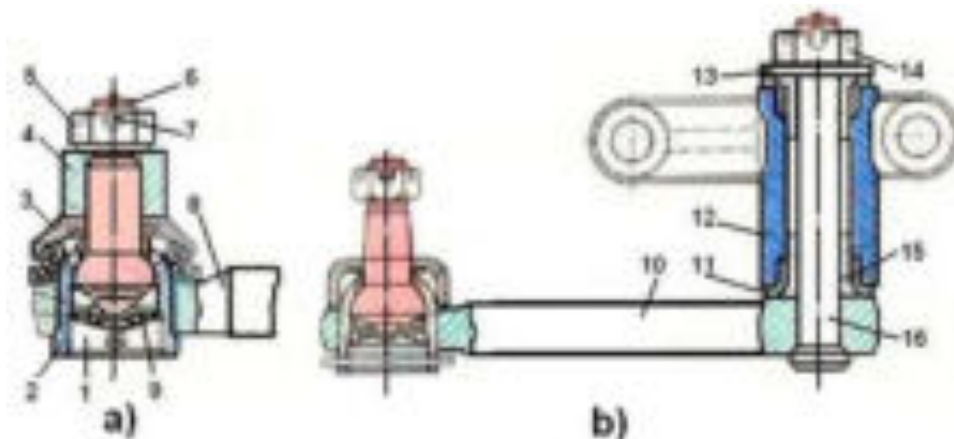


Рисунок 1.39 – Поворот управляемых колес автомобиля при изменении взаимного положения управляемой оси и кузова автомобиля.

Шарниры разрезной поперечной тяги должны располагаться так, чтобы вертикальные колебания корпуса автомобиля (см. рисунок 1.39) относительно дороги не вызывали поворота управляемых колес.

На рисунке 1.40 представлена конструкция рулевых шарниров расчлененной рулевой трапеции, применяемой с червячным рулевым механизмом. Позицией а отмечена конструкция рулевого шарнира, соединяющего рулевую тягу 4 управляемого колеса с поперечной тягой 8 рулевой трапеции. Для обеспечения вращения с возможностью наклона оси рулевого пальца 6 сферический корпус 2 рулевого шарнира имеет отверстие по своим размерам превосходящее диаметр рулевого пальца. Для снижения трения и предотвращения износа внутрь сферического корпуса 2 закладывается смазка. Вымывание

смазки и защиту от попадания абразивных частиц пыли и грязи в корпус шарнира предотвращает пыльник 3. Для удержания пальца 6 в прижатом к сферическому корпусу 2 состоянии в его нижней части установлена спиральная пружина 9, силу сжатия которой можно отрегулировать гайкой 1.



1 – регулировочная гайка; 2 – сферический корпус шарнира; 3 – пыльник; 4 – рулевая тяга управляемого колеса; 5 – контргайка; 6 – рулевой палец; 7 – контрольный шплинт; 8 – рулевая тяга; 9 – спиральная пружина; 10 – маятниковый рычаг; 11 – направляющая втулка; 12 – втулка маятникового рычага; 13 – шайба; 14 – гайка; 15 – резиновый сайлент-блок; 16 – ось маятникового рычага.

Рисунок 1.40 – Конструкция рулевого шарнира а и маятникового рычага б расчлененной рулевой трапеции с червячным рулевым механизмом.

Позицией б рисунка 1.40. отмечена конструкция маятникового рычага рулевой 10 трапеции. Ось 16 маятникового рычага запрессована в рычаг 10. и вставлена во втулку 12 кронштейна маятникового рычага. Для обеспечения качания рычага 10 во втулке 12 установлены упругие резиновые элементы 15, работающие на скручивание, и направляющие втулки 11. Гайкой 14 через шайбу 13 производится стягивание маятникового узла рычага с усилием, при котором качание рычага 10 во втулке 12 происходит без скольжения оси 16 относительно резиновых элементов 15, а только за счет упругой его деформации.

На концах поперечной тяги независимо от её конструктивных особенно-

стей установлены резьбовые наконечники, которые дают возможность регулировать сходжение колес. При зависимой подвеске, когда применяется неразрезная трапеция, регулирование сходжения производят поворотом поперечной тяги относительно наконечников. Так как резьба на правом и левом концах тяги имеет разное направление, то поворот тяги вызывает изменение расстояния между шарнирами поперечной тяги.



а – шаровой шарнир рулевой тяги; б – рулевой палец с винтовой соединительной частью; в – рулевой палец с разрезной соединительной гайкой.

Рисунок 1.41 – Конструкция рулевых шарниров расчлененной рулевой трапеции с реечным рулевым механизмом.

Рулевая тяга реечного рулевого механизма, показанная позицией а рисунка 1.41, имеет со стороны, обращенной к рулевой рейке, шаровой шарнир. Сферическая часть шарнира наворачивается на резьбовой конец рулевой рейки. На другом конце рулевой рейки установлен рулевой палец, который соединяется с рулевой тягой посредством винтовой части (позиция б), или разрезной гайки (позиция в).

Наличие люфта в шарнирах рулевых тяг недопустимо, поэтому эти шарниры являются объектом пристального внимания при сервисном обслуживании автомобилей. Появление износа в шарнирных соединениях рулевых тяг является сигналом к их замене. У рулевых тяг реечных рулевых трапеций больше изнашивается сферический шарнир, накрученный на резьбовую часть рулевой рейки.

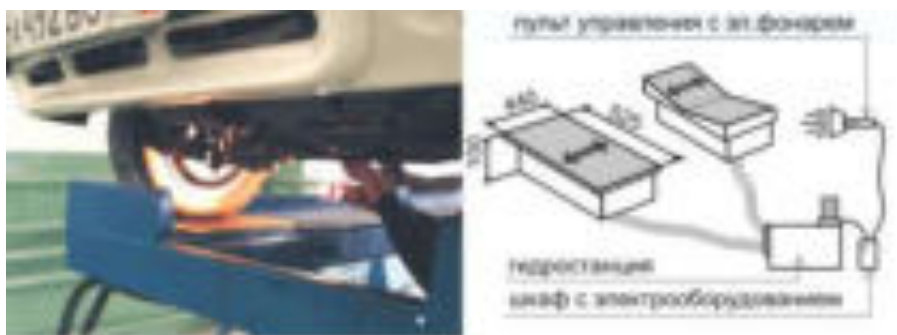


Рисунок 1.42 – Стенд для проверки люфта в рулевом управлении и шаровых шарнирных соединениях подвески колес автомобиля.

Проверку износа рулевых шарниров производят во время диагностики на специальном стенде, создающем продольное и поперечное принудительное перемещение управляемых колес (см. рисунок 1.42).

1.4.18 Собственные и вынужденные колебания управляемых колес

Установлено, что во время движения автомобиля управляемые колеса совершают колебания вокруг осей поворота (шкворней) и не только на неровной дороге, но и на довольно качественном ровном покрытии. Совместно с передним управляемым мостом колеса могут совершать колебательные движения в вертикальной плоскости, а совместно с рулевой трапецией – вокруг шкворней в горизонтальной плоскости.

Причин возникновения вынужденных колебаний много. Перечислим только некоторые из них:

- неодинаковое сопротивление качению левого и правого управляемых колес при движении одного или обоих колес по неровной дороге;
- неуравновешенность (несбалансированность) колес
- несогласованность колебаний рессор и рулевых тяг;
- гироскопическое действие вращающегося колеса.

Ось поворота колеса (ось шкворня) технически трудно совместить с плоскостью вращения колеса (см. рисунок 1.43), так как внутри колеса должен

располагаться тормозной механизм. Для сближения оси поворота управляемого колеса с плоскостью его вращения шкворню придан поперечный наклон, который оказывает положительное влияние на стабилизацию колес. Между точкой пересечения оси поворота колеса с поверхностью дороги и серединой пятна контакта шины с дорогой имеется расстояние, называемое плечом обката.

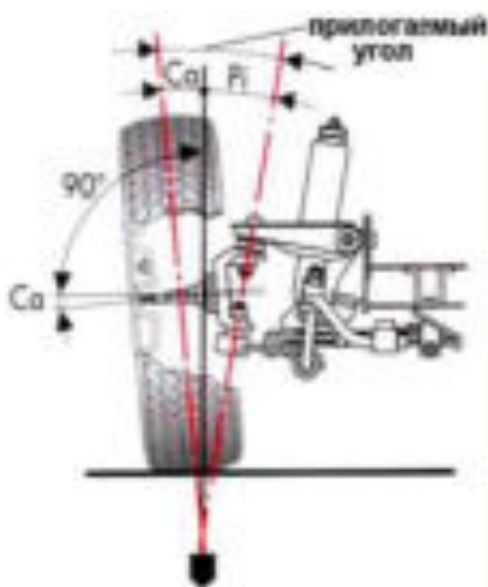


Рисунок 1.43 – Оптимальное соотношение плоскости вращения колеса с проекцией точки пересечения оси поворота управляемого колеса на поверхность дороги.

В точке контакта шины с поверхностью дороги приложена сила, создающая момент, который стремится повернуть колесо вокруг оси шкворня (см. рисунок 1.44). Но если оба колеса идут по дороге с одинаковым сопротивлением качению, то оба момента на колесах уравниваются, так как колеса соединены поперечной тягой.

Если же под одним из колес находится булыжная мостовая, выложенная, например, по трамвайным путям, а второе колесо будет катиться по асфальту, то сила сопротивления качению одного из колес возрастет, а моменты на колесах различных бортов станут различными по величине. Так как сцепление с неровной поверхностью дороги непостоянно, колесо, удерживаемое поперечной тягой, то слегка поворачивается под действием указанного момента, то возвращается в исходное положение, то есть возникают вращательные колебания вокруг оси поворота колеса.

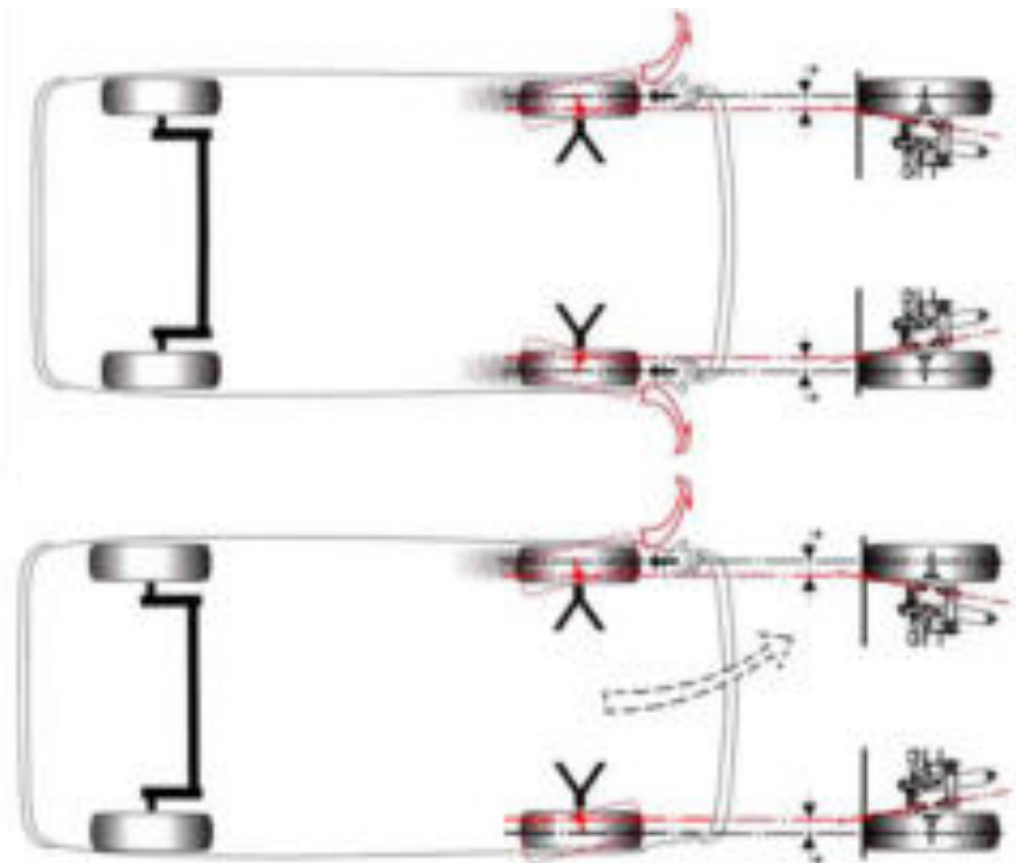


Рисунок 1.44 – Влияние углов установки колес автомобиля на его курсовую устойчивость.

Колеса автомобиля при их кажущейся идеальной округлости, и равномерном распределении массы по всей окружности колеса, на самом деле далеки от идеального состояния. Даже балансировка колес не в состоянии устранить все присущие реальным колесам автомобиля недостатки.

При движении автомобиля возможно положение, при котором неуравновешенные части двух управляемых колес окажутся по разные стороны, например, на левом впереди, а на правом позади оси вращения колес (см. рисунок 1.45). Центробежная сила колеса, вызванная его вращением, наиболее велика там, где сконцентрирована наиболее неуравновешенная масса. Эта сила создает момент вокруг оси поворота колеса (вокруг шкворня). В этом случае неуравновешенные массы порождают пару сил, стремящихся повернуть управляемые колеса вправо, а через пол-оборота – влево. Возникают «угловые колебания» колес.

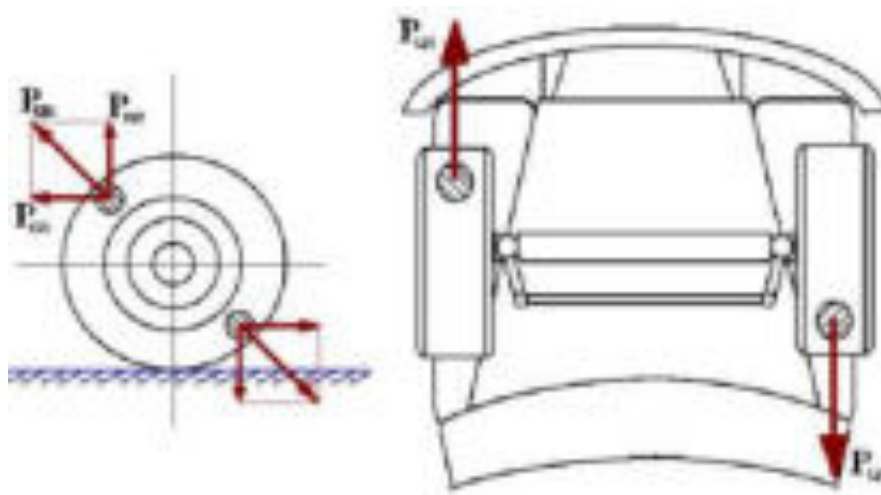


Рисунок 1.45 – Возникновение собственных колебаний при дисбалансе управляемых колес автомобиля.

Рассмотренные выше колебания управляемых колес называются «собственными колебаниями». Кроме собственных колебаний могут возникнуть и вынужденные колебания, вызванные периодически действующей возмущающей силой. Такая сила может возникнуть вследствие дисбаланса колес.

При вращении неуравновешенного колеса возникает центробежная сила $P_{цк}$, которую можно разложить на две составляющие – вертикальную силу $P_{цз}$ и горизонтальную силу $P_{цх}$. Под действием горизонтальной силы $P_{цх}$ колесо стремится повернуться относительно оси поворота колеса (шкворня), а под действием вертикальной силы $P_{цз}$ – переместиться в вертикальном направлении. Так как при качении колеса направления сил $P_{цх}$ и $P_{цз}$ изменяются по направлению, возникает явление виляния и подскока колес. Наиболее неблагоприятен случай, когда ода передних колеса имеют дисбаланс, и неуравновешенные участки расположены в одной проходящей через ось плоскости, но с разных сторон от оси вращения колес. В этом случае поворачивающие моменты, действующие на колеса, складываются, и угловые колебания становятся особенно сильными.

Колебания колес во время движения автомобиля могут быть вызваны неправильной регулировкой подшипникового узла ступицы колеса, деформацией диска, неуравновешенностью колеса, низким качеством шины, наличием чрезмерных люфтов в элементах подвески колес и рулевом приводе. Любая

причина колебаний колес должна быть немедленно устранена, так как детали ходовой части и рулевого управления получают значительные знакопеременные нагрузки, а колебания с большой амплитудой приводят к потере управляемости автомобиля.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всем известно выражение: «Лучшее лечение это - профилактика». Поэтому каждый раз, «общаясь» со своим автомобилем снизу (на смотровой яме или эстакаде), одним из первых дел следует проверить элементы рулевого привода и механизма. Все защитные резинки должны быть целы, гайки зашплинтованы, рычаги в шарнирах не должны болтаться, элементы рулевого управления не должны иметь механических повреждений и деформаций. Люфты в шарнирах привода легко определяются, когда помощник покачивает рулевое колесо, а вы на ощупь, по взаимному перемещению сочлененных деталей, находите неисправный узел.

Решающую роль в долговечности деталей и узлов автомобиля играют стиль вождения, состояние дорог и своевременное обслуживание. Все это влияет и на срок службы деталей рулевого управления. Когда водитель постоянно дергает руль, крутит его на месте, прыгает по ямам и устраивает гонки по бездорожью – происходит интенсивный износ всех шарнирных соединений привода и деталей рулевого механизма. Если после «жесткой» поездки ваш автомобиль при движении стало уводить в сторону, то в лучшем случае вы обойдетесь регулировкой углов установки передних колес, ну а в худшем – затраты будут более ощутимы, так как придется заменить поврежденные детали. После замены любой из деталей рулевого привода или при уводе автомобиля от прямолинейного движения необходимо отрегулировать «сход-развал» передних колес. Работы по этим регулировкам следует проводить на стенде автосервиса с использованием специального оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Головин С.И. Анализ диагностических информаторов / С.И. Головин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. 2003-2004 гг.. – Орел, 2005. С. 59-62.
2. Головин С.И. Анализ эксплуатации тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 119-126.
3. Головин С.И. Безразборные технологии увеличения эксплуатационного ресурса автотранспортной техники / С.И. Головин, Е.А. Ерохин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 78-83.
4. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля как средство оптимизации системы технического обслуживания: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007
5. Головин С.И. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / С.И. Головин. – Москва, 2007.
6. Головин С.И. Надежность и безотказность тракторов / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 126-134.
7. Головин С.И. Особенности государственного технического осмотра / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 47-51.
8. Головин С.И. Оценка состояния двигателя по показателям моторного

масла / С.И. Головин, А.А. Жосан // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2007. № 4. С. 52-53.

9. Головин С.И. Повышение качества моторных масел как способ достижения заявленного ресурса дизелей / С.И. Головин // Агротехника и энергообеспечение. – 2017. № 2 (15). – Орел, 2017. – С. 44-49.

10. Головин С.И. Проблема реализации ресурса двигателей / С.И. Головин, Е.В. Рябцев // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 139-142.

11. Головин С.И. Прогнозирование остаточного ресурса дизелей / С.И. Головин, Н.М. Деревягин // В сборнике: Сборник докладов молодых ученых факультета агротехники и энергообеспечения. – Орел, 2007. С. 111-114.

12. Головин С.И. Реализации назначенного ресурса дизеля / С.И. Головин // В сборнике: Особенности технического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов к Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. – Орел, 2012. С. 87-91.

13. Головин С.И. Структура и состав МТП в отечественном сельском хозяйстве / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Р. Михайлов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – Москва, 2008. № 6. С. 3.

14. Головин С.И. Тенденции развития тракторостроения / С.И. Головин, А.А. Жосан // В сборнике: Особенности технического и технологического оснащения современного сельскохозяйственного производства. / Сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орел, 2013. – С. 134-138.

15. Головин С.И. Техническое состояние АМТС как один из критериев, влияющих на безопасность дорожного движения / С.И. Головин, А.А. Жосан, А.Д. Полудницын // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2009. № 4 (27). С. 54-58.

16. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 1 Подвижной состав автомобильного транспорта / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 33 с.

17. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 2 Автомобильные колеса и шины / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 85 с.
18. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 3 Подвеска / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 118 с.
19. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 4 Тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 108 с.
20. Головин С.И. Устройство автомобиля. Часть 5 Пневматические тормозные системы / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 133 с.
21. Головин С.И. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Конструкция и эксплуатационные свойства автомобилей» / С.И. Головин, А.А. Жосан, М.М. Ревякин. – Орёл, 2017. – 123 с.
22. Жосан А.А. Анализ эксплуатации зарубежной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. Москва, 2009. № 4. С. 52-53.
23. Жосан А.А. Архитектурная топология системы самодиагностики / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – Курск, 2011. Т. 3. № 3. С. 72-73.
24. Жосан А.А. К вопросу о причинах изменения геометрии шатунов / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, Е.В. Яковлева // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2015) сборник статей VII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). – Курск, 2015. С. 52-64.
25. Жосан А.А. К вопросу об улучшении эксплуатационных свойств моторных масел / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, Д.С. Ершов // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2016. № 2 (11). С. 81-86.
26. Жосан А.А. К вопросу развития средств диагностирования / А.А. Жосан, С.Н. Куликов, М.М. Ревякин // Труды ГОСНИТИ. – Москва, 2009. Т. 103. № 1. С. 47-48.

27. Жосан А.А. К вопросу управления техническим состоянием дизеля / А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Механизация интенсивных технологий в АПК. – Орел, 2006. С. 134-137.
28. Жосан А.А. Методология определения продуктов износа в моторных маслах / А.А. Жосан, М.М. Ревякин, А.А. Титов // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2016. № 2 (11). С. 87-92.
29. Жосан А.А. Мониторинг изнашивания деталей дизеля, как средство оптимизации системы технического обслуживания / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2017. – 156 с.
30. Жосан А.А. Обеспечение ресурса двигателей тракторов агропромышленного комплекса путем контроля условий эксплуатации по химмотологическому параметру моторного масла / А.А. Жосан, С.И. Головин // Монография. – Орел, 2013. – 189 с.
31. Жосан А.А. Оценка способов формирования систем самодиагностики распределенного типа / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Энергосберегающие технологии и техника в сфере АПК Сборник материалов к Межрегиональной выставке-конференции. – Орел, 2011. С. 209-211.
32. Жосан А.А. Перспективы импорта сельскохозяйственной техники / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 35-38.
33. Жосан А.А. Пути улучшения технических, экономических и экологических показателей дизельных двигателей / А.А. Жосан, С.И. Головин, О.А. Кореньков // В сборнике: Ресурсосбережение - XXI век. Сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Орел, 2005. С. 46-48.
34. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК. / Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.

35. Жосан А.А. Система РИКОС как способ обеспечения и поддержания целевой динамичности мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин // В сборнике: Состояние и перспективы энерго- и ресурсосберегающих технологий в АПК Материалы Международной научно-практической конференции. – Орел, 2009. С. 52-57.
36. Жосан А.А. Современные системы самодиагностики мобильных энергетических средств / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Инновационные технологии и техника нового поколения - основа модернизации сельского хозяйства. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. Ответственный редактор: Лачуга Ю.Ф. – Москва, 2011. С. 81-86.
37. Жосан А.А. Топология построения систем самодиагностики: вариативность и оптимальность / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – Орел, 2011. Т. 29. № 2. С. 109-111.
38. Жосан А.А. Увеличение ресурса дизелей / А.А. Жосан, С.И. Головин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2006. № 12. С. 35.
39. Жосан А.А. Улучшение эксплуатационных свойств моторных масел применением ультразвука / А.А. Жосан, М.М. Ревякин // В сборнике: Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ-2016) сборник статей VIII Международной научно-технической конференции. Е.В. Агеев (отв. редактор). – Курск, 2016. С. 95-99.
40. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие для выполнения контрольной работы по дисциплине «Силовые агрегаты» и задания для контрольной работы для обучающихся по направлению подготовки 23.03.03 - «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» заочной формы обучения / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 77 с.
41. Жосан А.А. Учебно-методическое пособие по выполнению курсового проекта по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» / А.А. Жосан, С.И. Головин, М.М. Ревякин, А.В. Кондыков. – Орёл, 2017. – 129 с.

42. Жосан А.А. Эффективность эксплуатации зарубежной сельскохозяйственной техники в России / А.А. Жосан, М.Р. Михайлов, С.И. Головин // В сборнике: Обеспечение устойчивого развития АПК в условиях глобального экономического кризиса. / Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Орловский государственный аграрный университет. – Орел, 2009. С. 108-112.
43. Карелина М.Ю. Выпускная квалификационная работа бакалавра: учебное пособие / М.Ю. Карелина, М.М. Ревякин, А.А. Жосан, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, Е.В. Яковлева. – Орел, 2016. – 328 с.
44. Карелина М.Ю. Электронные системы управления работой дизельных двигателей: учебное пособие / М.Ю. Карелина, И.Н. Кравченко, А.В. Коломейченко, С.И. Головин, А.А. Жосан, М.Н. Ерофеев. – М. Инфра-М, 2017. – 160 с.
45. Куликов С.А. Повышение эксплуатационных характеристик надежности МТА при помощи систем телематического контроля / С.А. Куликов, М.М. Ревякин // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2008. С. 90-93.
46. Курочкин А.А. Подогрев рапсового масла как способ повышения эффективности использования его в качестве топлива / А.А. Курочкин, А.А. Жосан, Ю.Н. Рыжов, С.И. Головин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. – Орел, 2013. Т. 40. № 1. С. 209-212.
47. Михайлов М.Р. Оптимизация использования зерноуборочных комбайнов по параметрам надежности / М.Р. Михайлов, С.И. Головин, А.А. Жосан // Монография – Орел: Орловский ГАУ, 2018. – 144 с.
48. Пучин Е.А. Тенденции развития тракторостроения / Е.А. Пучин, А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Инновационные технологии механизации, автоматизации и технического обслуживания в АПК. / Материалы Международной научно-практической интернет-конференции. – Орел, 2008. С. 61-64.

49. Ревякин М.М. Вариативность надежности мобильных энергетических средств предприятий АПК / М.М. Ревякин, А.А. Жосан, А.В. Шуруев // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2014. № 1 (1). С. 137-140.
50. Ревякин М.М. Инновационные технологии в технической эксплуатации мобильных энергетических средств / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Известия Международной академии аграрного образования. – Санкт-Петербург, 2008. № 7. С. 35.
51. Ревякин М.М. Информационные технологии в технической эксплуатации мобильных энергосредств / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2010. № 1. С. 53-55.
52. Ревякин М.М. Основы логистики. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 149 с.
53. Ревякин М.М. Повышение надежности грузовых автомобилей путем применения системы эксплуатационной самодиагностики: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / М.М. Ревякин. – Государственный университет - учебно-научно-производственный комплекс. Орел, 2012.
54. Ревякин М.М. Применение системы эксплуатационной самодиагностики для обеспечения реализации заявленного ресурса дизелей / М.М. Ревякин // Технология колесных и гусеничных машин. – Москва, 2014. № 3. С. 35-43.
55. Ревякин М.М. Система технического обслуживания как средство обеспечения необходимого уровня надежности транспортных средств / М.М. Ревякин // Мир транспорта и технологических машин. – Орел, 2011. № 3. С. 35-38.
56. Ревякин М.М. Современный подход и реалии диагностирования / М.М. Ревякин, А.А. Жосан // Энерготехнологии и ресурсосбережение. 2008. Т. 2008. С. 193.
57. Ревякин М.М. Теория транспортных процессов и систем. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению

23.03.03 -Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 127 с.

58. Ревякин М.М. Транспортная логистика. Курс лекций для изучения дисциплины в рамках подготовки бакалавра по направлению 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / М.М. Ревякин, А.А. Жосан. – Орел, 2016. – 155 с.

59. Рыжов Ю.Н. Подогрев как способ повышения эффективности использования рапсового масла в качестве топлива / Ю.Н. Рыжов, А.А. Жосан, С.И. Головин, А.А. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2013. № 6. С. 5-7.

60. Рыжов Ю.Н. Подогреватель топлива / Ю.Н. Рыжов, А.А. Жосан, С.И. Головин, А.А. Курочкин // Тракторы и сельхозмашины. – Москва, 2013. № 9. С. 6-7.

61. Увеличение ресурса двигателя и ресурсосбережение / А.А. Жосан, С.И. Головин // В сборнике: Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. Сборник статей международного научно-практического семинара. – Орел, 2006. С. 17-19.

62. Фомичёв Е.В. Диагностирование как способ получения информации о техническом состоянии сельскохозяйственных машин и повышения их надежности / Е.В. Фомичёв, М.М. Ревякин // Агротехника и энергообеспечение. – Орел, 2014. № 1 (1). С. 356-361.