

УДК 62-514.5

И.В. Жигунов

асп. МАДИ,

e-mail: posttoigor@gmail.com

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕХАНИЗМА РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Аннотация. В статье рассматриваются основные направления модернизации системы управления автомобилем путем разработки и применения электрогидроусилителя руля. Дан анализ существующих конструкций, предложены пути их совершенствования.

Ключевые слова: механизм рулевого управления, электрогидроусилитель руля, рулевой механизм. Задача совершенствования механизма рулевого управления автомобиля, актуальна и значима для настоящего времени, поскольку призвана решить следующую проблему: облегчение управления автомобилем и уменьшение утомляемости водителя, повышение комфортности управления.

Введение

В настоящее время автомобиль представляет собой сложную интегрированную систему, оснащенную электронными и автоматическими устройствами, предназначенными для улучшения динамики автомобиля, его экологичности, стабильности движения, комфорта и безопасности водителя и пассажиров.

С целью повышения комфортности водителя, в том числе снижения усилий, прикладываемых водителем к рулевому колесу, на автомобилях устанавливают усилители рулевого привода, облегчающие поворот управляемых колес. Усилитель рулевого управления является следящим

приводом, обеспечивающим определенную зависимость угла поворота управляемых колес от угла поворота рулевого колеса. Сложность и разнообразие требований, предъявляемых к современным автомобилям, обусловили разнообразие конструкций рулевых усилителей, в основе которых лежат различные физические явления и закономерности (механические, пневматические, гидравлические, электрические и др.).

Усилители рулевого привода

Конструктивное отличие усилителей рулевого привода определяется не только размером и стоимостью, но и требованиями безопасности и надежности, а это, в свою очередь, приводит к тому, что усилитель создается для каждой модели автомобиля. Однако, несмотря на различие конструкций и принципов работы, рулевые усилители отечественного и зарубежного производства в своей основе имеют большое количество сложных узлов и деталей, что снижает их надежность. Кроме того, из-за постоянного воздействия усилителей на управляемые колеса, водитель не чувствует изменения поведения автомобиля на дороге при возникновении возмущающих воздействий, что снижает безопасность движения и может привести к аварии. Поэтому повышение чувствительности рулевого колеса к неблагоприятным факторам, действующим на колеса автомобиля в процессе движения, является одной из важных задач совершенствования усилителей рулевого привода. Особенно актуально решение этой задачи при создании усилителей для легковых автомобилей, отличающихся высокими скоростями движения, которые требуют практически мгновенной реакции водителя на изменение условий воздействия внешней среды.

Одним из наиболее перспективных с точки зрения повышения надежности управления автомобилем является электрогидравлический механизм усилителя руля (ЭГУР), которому в последнее время отдается

предпочтение по сравнению с гидравлическим усилителем руля (ГУР) и электроусилителем руля (ЭУР) практически всеми известными в мире производителями автомобилей.

Легкое и информативное рулевое управление является одним из важнейших требований безопасности и должно соответствовать любой дорожной ситуации. Система рулевого управления должна обеспечивать оптимальное усилие на руле при любых режимах работы, достаточное для его легкого вращения, но не избыточное, которое характеризуется отсутствием адекватной «обратной связи». Для повышения безопасности это условие должно работать даже если двигатель автомобиля заглохнет. Гидроусилитель с механическим приводом от ДВС не может обеспечить вращение насоса гидроусилителя при глушении двигателя на ходу, вследствие чего резко возрастает усилие на рулевом колесе. Система с электрогидроусилителем позволит избежать этого благодаря отсутствию ременной связи с ДВС.

Кроме того, при использовании электромотора для привода насоса исчезает радиальная нагрузка на насос, которая присуща стандартному ременному приводу, что положительно сказывается на долговечности насоса.

В системе ЭГУР усилие водителя на рулевом колесе также поддерживается за счет давления рабочей жидкости, но последнее создается шестеренным насосом, который приводится от электродвигателя, т.е. независимо от двигателя автомобиля [2].

Регулирование гидравлического контура аналогично ему у усилителей традиционной конструкции.

Новым является регулирование усилителя руля в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости движения автомобиля. Воздействие сильнее при низких скоростях, например при парковке автомобиля. На более высоких скоростях электронная система датчиков

постепенно уменьшает уровень усиления управления. Таким образом, водитель может управлять автомобилем еще более точно, чем с рулевым управлением со стандартным усилителем. ЭГУР используется многими автомобилестроителями, включая «Ауди», GeneralMotors, BMW, «Фольксваген», «Вольво», и «Порше» и т.д.

Назначение усилителя рулевого управления – повышение комфорта, уменьшение передаточного числа рулевого управления. Чем больше передаточное число, тем меньшее усилие нужно прилагать для поворота колес. Но количество оборотов руля от упора до упора при этом будет равным 4–5. Уменьшая передаточное число, можно довести количество оборотов руля до 2–3. Управляемость, маневренность и острота реакций автомобиля улучшается, что особенно важно в аварийной ситуации, когда может не хватить времени для вращения руля с перехватами. Кроме того, у ЭГУР есть еще несколько преимуществ в сравнении с традиционным усилителем руля, о которых будет сказано ниже.

Рассмотрим электрогидравлический усилитель руля (рулевое управление EPHS-Electrically Powered Hydraulic Steering).

В результате симбиоза механики и гидравлики появился электрогидравлический усилитель. Впервые его применили на автомобилях «Ауди» под названием «Servotronic». Управляет работой усилителя электронный блок на основании показаний датчиков скорости, поворота руля, оборотов коленчатого вала. Набор датчиков может меняться в зависимости от модели автомобиля.

Сохраняя наилучшие свойства традиционных гидроусилителей руля, ЭГУР обладает рядом преимуществ.

– Снижение энергетических затрат до 85%. Наибольшее снижение энергетических затрат электрогидравлический усилитель обеспечивает при движении по трассе с низкими скоростями поворота рулевого колеса и согласованной со скоростью автомобиля объемной подачей насоса.

Даже при движении в городе имеет место значительное снижение энергетических затрат (на диаграмме отображено преимущество электрогидравлического усилителя руля по отношению к традиционному ГУ). В трех основных режимах работы насоса, где видно, что потери на привод составляют приблизительно $800 \text{ Вт} = 0,8 \text{ кВт}$ (переведем в л.с. $\cdot 1,36 = 1,08 \text{ л.с.}$). Соответственно мощность двигателя возрастет на 1 л.с.

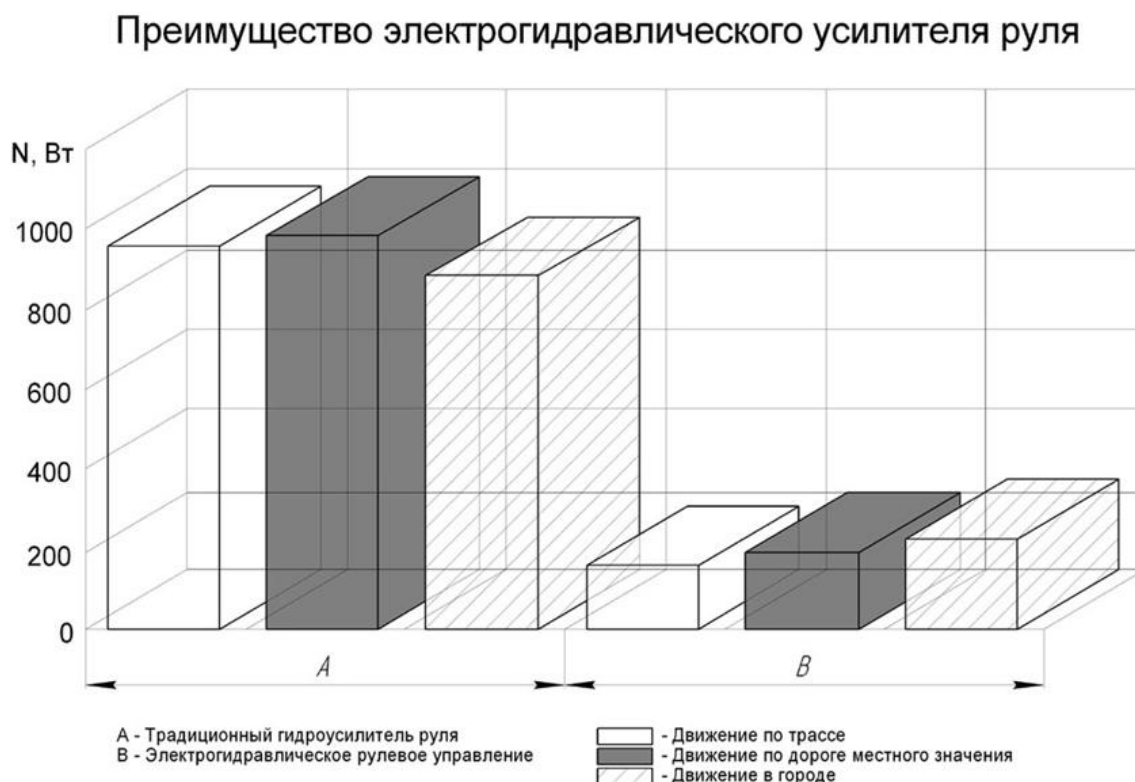
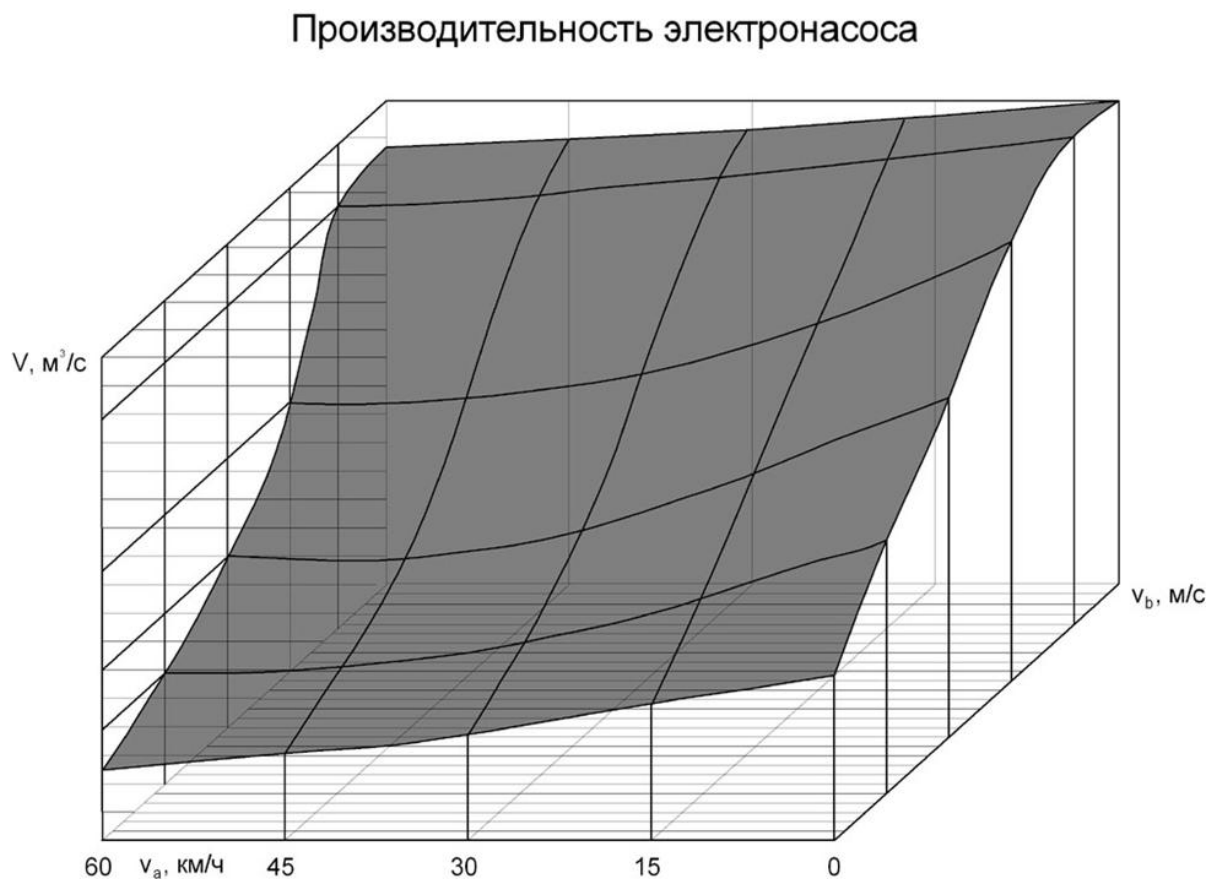


Рис. 1

– Конструкция с электронасосом, более совершенная. Гидронасос заменен электронасосом. На малых скоростях скорость вращения насоса максимальна, а на больших – ограничивается блоком управления. Поэтому, чем выше скорость движения – тем «тяжелее» становится руль.

В ЭГУР регулирование частоты вращения шестеренчатого насоса зависит от скорости поворота рулевого колеса и скорости движения

автомобиля. Как это видно из диаграммы, объемный расход жидкости максимален при минимальной скорости и максимальном вращении, и, наоборот, минимален при максимальной скорости и минимальном вращении руля.



V – объемный расход жидкости $\text{м}^3/\text{с}$.,

V_a – скорость автомобиля км/ч .,

V_b – скорость поворота рулевого колеса м/с

Рис. 2

Требуемая производительность насоса считается с многопараметровой характеристики, записанной в памяти блока управления усилителя руля.

– Замена гидронасоса электронасосом позволяет снизить расход топлива до 0,2 л на 100 км. При среднем пробеге 20 тыс. км, в год

экономия составит 40 л, и при средней стоимости 92 бензина 30 руб., выгода составит 1200 руб.

– Экологичность. Меньшее воздействие на среду обитания в результате снижения энергетических затрат и меньшего количества рабочей жидкости в гидравлической системе (1 л вместо 1,5).

Настраивая программу работы блока управления, можно адаптировать ЭГУР к различным моделям автомобилей.

Преимуществами электрогидравлического усилителя являются компактность, возможность функционирования на неработающем двигателе, экономичность за счет включения в нужный момент. В конструкции данного гидроусилителя предусмотрена возможность электронного регулирования коэффициента усиления. Поэтому, наряду с комфортностью управления усилитель может обеспечить легкость маневрирования на малых скоростях, что недоступно обычному гидроусилителю.

К перечисленным выше преимуществам можно добавить смягчение ударов, передаваемых на руль от неровностей дороги и более четкое удержание автомобиля на выбранной траектории. При наезде на препятствие колеса стремятся повернуться в сторону, это вызывает смещение рулевой рейки, ведущей шестерни и закручивание нижней части торсиона. Срабатывает золотниковый клапан, но «в обратную сторону», так как усилие пришло не от руля, а от колес. Поэтому система будет не способствовать повороту колес, а противодействовать ему. То же самое происходит и при внезапном проколе шины: ЭГУР повышает курсовую устойчивость автомобиля. Таким образом, усилитель повышает безопасность движения, а за счет повышения комфортности вождения снижает утомляемость водителя.

В качестве примера рассмотрим усовершенствование системы управления рулевого механизма автомобиля «Renault Logan» [3].

С целью обеспечения необходимого усилия на руле в различных условиях движения при использовании штатных элементов рулевого управления. Замена традиционного лопастного гидронасоса (привод которого осуществляется непосредственно от двигателя), на шестеренчатый насос (который приводится в действие от электродвигателя т.е. независимо от двигателя автомобиля).

В конструкцию платформы В0 заложен реечный рулевой механизм типа шестерня-рейка. Реечный рулевой механизм является самым распространенным типом механизма, устанавливаемым на легковые автомобили.

Работа реечного рулевого механизма осуществляется следующим образом. При вращении рулевого колеса рейка перемещается вправо или влево. При движении рейки перемещаются присоединенные к ней тяги рулевого привода и поворачивают управляемые колеса.

Реечный рулевой механизм отличается простотой конструкции, высокий КПД, а также высокая жесткость. Средние значения прямого (числитель) и обратного (знаменатель) КПД рулевого механизма шестерня-рейка равны: 0,87/0,82.

Вместе с тем, данный тип рулевого механизма чувствителен к ударным нагрузкам от дорожных неровностей, склонен к вибрациям. В силу своих конструктивных особенностей в реечный рулевой механизм устанавливается гидроусилитель для смягчения ударов, передаваемых на руль от неровностей дороги и более четкого удержания автомобиля на выбранной траектории.

Данный механизм имеет меньшее передаточное число по сравнению с другими рулевыми механизмами, что дает возможность быстро поворачивать управляемые колеса в требуемое положение. Полный поворот управляемых колес из одного крайнего положения в другое осуществляется за 3,2 оборота рулевого колеса.

Гидравлический узел управления объединен с рулевым механизмом, и шток поршня силового цилиндра является продолжением рейки рулевого механизма.

Большую часть продаваемых автомобилей комплектуют рулевым механизмом с гидроусилителем. Давление рабочей жидкости в гидроусилителе формируется насосом лопастного типа, который размещен на двигателе и приводится клиновым или поликлиновым ремнем (в зависимости от комплектации). Гидравлическая жидкость из бачка поступает в насос, а от него подается под высоким давлением к распределительному устройству, расположенному в отдельном корпусе на картере рулевого механизма и механически соединенному с валом рулевой колонки. На зубчатой рейке рулевого механизма закреплен поршень гидроцилиндра. При повороте рулевого колеса распределительное устройство соединяет одну из камер гидроцилиндра с нагнетательной магистралью насоса, а другую камеру – со сливом. При этом поршень гидроцилиндра из-за разности давлений рабочей жидкости перемещает рейку влево или вправо и через рулевые тяги и рычаги кулаков поворачивает управляемые колеса автомобиля. При отказе гидравлического усилителя возможность управления автомобилем сохраняется, но при этом увеличивается усилие на рулевом колесе [1]. Для контроля уровня жидкости в бачке на его полупрозрачном корпусе нанесены метки «MIN» и «MAX».

Картер рулевого устройства размещен на подрамнике и зафиксирован на нем двумя болтами.

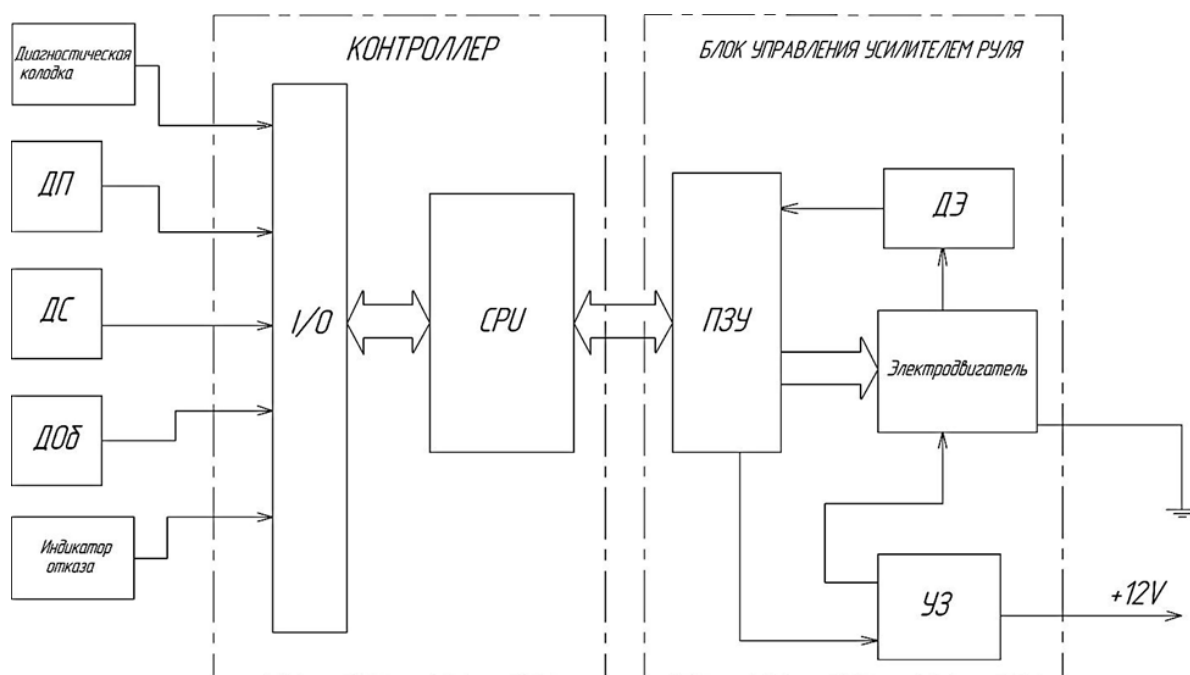
Рулевая колонка автомобиля «Renault Logan» оборудована энергопоглощающим устройством, повышающим пассивную безопасность автомобиля, и противоугонным устройством в замке зажигания, блокирующим от поворота вал рулевого колеса [4]. На рулевой колонке

также размещены органы управления светом фар, метками поворота, звуковым сигналом, омывателем и очистителем ветрового стекла.

Выводы

На наш взгляд, необходимо усовершенствовать конструкцию для решения поставленной задачи, а именно: использовать функциональную схему системы электрогидравлического механизма рулевого управления, которая состоит из следующих входных устройств:

- датчика угла поворота рулевого колеса фирмы KOYO;
- датчика оборотов электромотора фирмы TRW;
- датчика скорости автомобиля (штатный);
- датчика оборотов двигателя (штатный).



Входные устройства: ДП – датчик угла поворота руля,
ДС – датчик скорости автомобиля, ДОб – датчик оборотов двигателя.
Составные части блока управления: ПЗУ – постоянное запоминающее устройство,
ДЭ – датчик оборотов элетродвигателя,
УЗ – устройство защиты

Рис. 3

Датчик угла поворота рулевого колеса фирмы KOYO служит для измерения угла поворота рулевого колеса и скорости поворота. Работает на эффекте Холла, используя изменение сопротивления проводника под действием магнитного поля. Возможно использовать любую разновидность датчиков угла поворота, главным определяющим фактором является точность измерения и, конечно, цена. Сигнал этого датчика подается через шину данных CAN на вход блока управления усилителем рулевого механизма J500, который получает таким образом информацию о величине угла поворота рулевого колеса.

Блок управления встроен в насосный агрегат. Сигналы датчика обрабатываются в нем для регулирования частоты вращения шестеренного насоса в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости автомобиля. Требуемая производительность насоса считывается с многопараметровой характеристики, записанной в памяти блока управления усилителем рулевого механизма. Блок управления распознает неисправности, возникающие в процессе эксплуатации автомобиля, и регистрирует их в своей памяти. В блок управления встроены устройства защиты от повторного включения и от перегрева агрегата. Электронный блок управления усилителем J500 фирмы TRW входит в состав насосного агрегата.

Входящие сигналы:

- частота вращения вала двигателя автомобиля,
- скорость автомобиля,
- скорость поворота рулевого колеса.

Основные функции:

- блок управляет приводом шестеренного насоса в зависимости от скорости поворота рулевого колеса и скорости автомобиля.

Дополнительные функции:

- защита усилителя руля от перегрева,

– защита от повторного включения при неисправности.

Датчик угла поворота рулевого колеса и датчик оборотов электромотора выдают постоянное напряжение, зависящее от угла поворота. Для обработки информации от этих датчиков процессор системы преобразует аналоговые значения с этих датчиков в цифровые сигналы при помощи аналогового цифрового преобразователя.

Датчик скорости автомобиля предназначен для информирования электронного блока о скорости движения автомобиля. Сигнал, поступающий с датчика скорости, является частотным. На входы микроконтроллера должна поступать информация в виде цифровых кодов, поэтому сигнал с датчика преобразовывается в код с помощью преобразователя частота-код.

Датчик оборотов ДВС необходим для информирования контроллера о состоянии работы двигателя внутреннего сгорания. Датчик оборотов вырабатывает 2 импульса за один оборот коленчатого вала, информируя электронный блок о работе двигателя, поскольку при работе электродвигателя усилителя только от АКБ (без генератора) батарея быстро разряжается. Наличие данного сигнала разрешает работу системы. Амплитуда импульсов +5 В, максимальная частота – 250 Гц.

После успешного прохождения тестирования система находится в режиме определения скорости движения автомобиля, это определяющий работу системы параметр.

Если в процессе работы системы выявляется неисправность, система переходит в аварийный режим. Переход в этот режим возможен при включённом зажигании, если исправен датчик давления в гидросистеме, исправен электромотор и ДВС автомобиля находится в рабочем режиме. Если двигатель авто заглох, а автомобиль продолжает движение, то система в целях безопасности продолжает функционировать в течение 2-х минут, предупреждая сигнализатором на приборной панели о скором

отключении системы. Выключение системы (или переход к началу выполнения процедуры запуска) происходит при выключении зажигания.

Литература

1. Лозовецкий В.В. пневмосистемы транспортно-технологических машин. СПб.: Лань, 2010. 554 с.
2. Сосин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. М.: Высш. школа, 2005. 232 с.
3. Погребной С.Н., Шульгин А.Н. Renault Logan: Ремонт без проблем. М.: Третий Рим, 2004. 241 с.
4. Renault Logan с двигателями 1,4i, 1,6i. Устройство, эксплуатация, обслуживание, ремонт // За рулем. 2009.

References

1. Lozovetsky V.V. Hidro and pneumatic systems transport-technological machines, SPb, Fallow deer, 2010, 554 p.
- 2 . Sosin D.A., Yakovlev V.F. The latest automobile electronic Systems, Moscow, Vyssh. school, 2005, 232 p.
- 3 .Pogrebna S.N., Shulgin A.N. Renault Logan: Repair without problems, Moscow, The third Rome, 2004, 241 p.
- 4 .Renault Logan with engines 1,4i, 1,6i, The device, operation, service, repair, Moscow, At a wheel, 2009, 272 p.

I. Zhigunov

Means of development of the automobile steering mechanism

Abstract. The present article describes the main ways of modernization of the automobile driving system by developing and implementing an electro-

hydraulic amplifier of the steering wheel. There is an analysis of already existing constructions presented, as well as the ways of development of the latter.

Key words: steering mechanism, electro-hydraulic amplifier of the steering wheel, steering gear.