

УДК 629.113

DOI: 10.53297/18293387-2025.2-62

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЯХ КЛАССА LCV

Л.С. Рочев, М.Г. Корчажкин

*Нижегородский государственный технический университет
им. Р.Е. Алексеева*

Проведен анализ работы гидроусилителя рулевого управления (ГРУ) на легком коммерческом автомобиле с реечным рулевым механизмом. Предложен вариант модернизации усилителя рулевого управления и приведены преимущества модернизированной системы в сравнении как с типовым решением, так и с современным электрогидравлическим усилителем. Для подтверждения гипотезы собрана экспериментальная установка для испытаний насосов ГУР и проведены испытания двух насосов с разной производительностью (различным расходом рабочей жидкости). После чего оба насоса ГУР были установлены на подопытный грузовой автомобиль для проведения лабораторных экспериментальных работ в составе автомобиля, имитирующих изменение расхода жидкости через клапан расхода в рулевом гидроусилителе. По итогам работы был проведен анализ результатов проверки, на основе которых сделан вывод о влиянии расхода рабочей жидкости на показатели работы гидроусилителя рулевого управления.

Даются рекомендации по исследованию и реализации прототипа системы рулевого управления с гидроусилителем низкой производительности, а также рекомендации по проведению испытаний аналогичного автомобиля класса LCV, оснащённого электрогидравлическим приводом рулевого управления, и их сравнению с результатами рулевого управления.

Ключевые слова: гидроусилитель рулевого управления, гидравлика, насос ГУРа, рулевой механизм, модернизация.

Введение и актуальность темы. Рулевое управление является одной из важнейших систем автомобиля, которое напрямую влияет в том числе и на потребительские качества автомобиля. Так, например, информативность и усилие на рулевом колесе многими водителями рассматриваются как одни из основополагающих свойств управляемости автомобиля. И если современные автомобили, оснащенные электроусилителем рулевого управления (ЭУР) и электрогидравлическим усилителем рулевого управления (ЭГУР), имеют огромное поле для настроек рулевого управления (на большинстве современных автомобилей есть несколько вариантов работы усилителя руля

на выбор), то коммерческий транспорт, до сих пор часто оснащаемый ГУР, как правило, имеет лишь один вариант настройки, который был выбран на заводе-изготовителе в качестве оптимального. Но субъективные предпочтения водителей могут радикально отличаться! Например, один из авторов этой статьи предпочитает высокое усилие на руле, в то время как многие водители грузовых автомобилей, напротив, предпочитают слабое усилие на руле, что в случае с ГУРом зачастую может снижать информативность при небольших отклонениях руля [1,2].

Авторами статьи предлагается внедрить на автомобиле класса LCV, оснащенном простым ГУРом, систему, похожую на ту, которой оснащались премиальные американские и японские автомобили 1970-1980-х гг., выпускавшиеся до массового внедрения электроусилителей руля (которые появились только в середине 1980-х гг. на автомобилях Suzuki и Honda). Система была достаточно простой – в рулевой рейке находился клапан с электроприводом, который при открывании перепускал часть рабочей жидкости сразу на слив, минуя гидроцилиндр в рейке. Клапан мог открываться и закрываться (и к тому же имел промежуточные положения в зависимости от скорости), но в данной статье предлагается рассмотреть наиболее примитивный вариант системы – с двумя положениями «вкл» и «выкл» [3].

Фактически система увеличивает усилие на рулевом колесе следующим образом – снижается расход жидкости в нагнетательной магистрали (т.к. часть рабочей жидкости уходит в обход гидроцилиндра), соответственно возрастает усилие, необходимое для вращения руля, но, кроме того, снижается запас по скорости вращения руля до значительного возрастания момента (жидкость может не успевать поступать в гидроцилиндр в достаточном объеме при очень большой угловой скорости вращения). Таким образом, на стоящем автомобиле, вне зависимости от выбранного водителем режима работы ГУРа, клапан нужно держать в закрытом (или близком к этому) положении.

Такая система повышает потребительские качества автомобиля, и при этом его стоимость ниже, чем у ЭГУР, который также имеет огромное поле для настройки (производительность электронасоса может изменяться в любых диапазонах прямо во время движения).

Постановка задачи и обоснование методики. Для подтверждения выдвинутой гипотезы необходимо провести испытания. Для снижения усилия на руле в ряде режимов достаточно снизить расход жидкости в нагнетательной магистрали на 0,5...1 л/мин. В связи со сложностью и стоимостью изготовления оснастки для подтверждения теории испытания проводились с двумя насосами разной производительности. В перспективе результаты испытаний можно будет сравнить с результатами испытаний аналогичного автомобиля, оснащенного ЭГУР [4].

Первоначально были проведены испытания насосов с "нормальной" и сниженной производительностью на стенде для испытаний ГУР. Схема стенда представлена на рис.1.

Во время эксперимента насос был установлен на стенд для проверки компонентов ГУР. В состав стенда входят бачок, стойка для крепления насоса, электродвигатель, приводящий насос в действие (с тахометром и возможностью регулировать частоту вращения), и соединительные шланги.

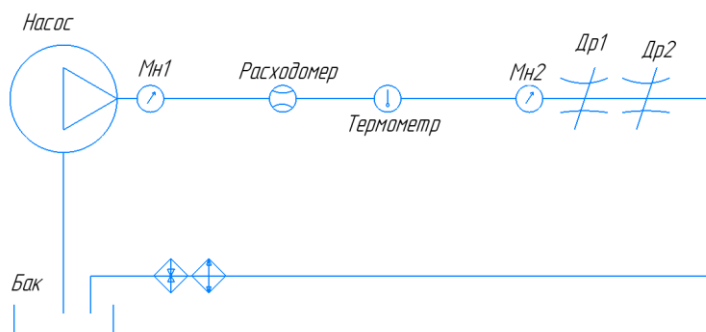


Рис.1. Схематическое изображение стенда для испытания ГУР

Подключение насоса к гидросистеме стенда аналогично подключению на автомобиле. Из измерительного оборудования на стенде имелись расходомер, манометр, электронный датчик давления и датчик температуры масла. Все измерительные приборы устанавливались в нагнетательной магистрали стенда (датчик давления – прямо на выходе из насоса, а манометр – перед первым дросселем). Два дросселя в нагнетательной магистрали отвечают за создание давления – они уменьшают проходное сечение и имитируют работу распределителя в гидроусилителе. Также для поддержания заданной температуры на стенде имеются нагреватель масла и маслоохладитель [5,6].

Все лабораторные испытания на стоящем автомобиле проводились во время работы двигателя автомобиля на холостом ходу. Во время проведения испытаний автомобиль стоял на чистом сухом бетонном полу в лаборатории.

При проведении лабораторных работ на автомобиль вместо рулевого колеса было установлено устройство для измерения угла и момента на рулевом колесе, а на насос был установлен датчик давления масла в разрез нагнетательной магистрали.

Результаты испытаний. В табл. 1 приведены показатели работы насоса со сниженной производительностью.

Таблица 1

<i>Показатели работы насоса со сниженной производительностью</i>						
Температура, °C	Объемная подача (л/мин) при давлении (бар)					Максимальное давление – 125 бар
	10 бар	30 бар	60 бар	90 бар	120 бар	
50	7,7	7,6	7,1	6,4	4,7	
80	7,4	7,3	6,4	5,9	3,9	
100	7,3	7,1	6,7	5,6	3,3	

Как видно из таблицы, объемная подача снижена во всем диапазоне работы насоса, но при большом давлении и высокой температуре расход рабочей жидкости становится чрезмерно низким. Для компенсации низкой производительности при вращении на месте в сложных условиях максимальное давление повышено до 125 бар: это должно помочь снизить усилие на рулевом колесе при сложных условиях, но только при сравнительно небольшой угловой скорости.

В табл. 2 приведены показатели работы насоса без снижения производительности.

Таблица 2

<i>Показатели работы насоса без снижения производительности</i>					
Температура, °C	Объемная подача (л/мин) при давлении (бар)				Максимальное давление, бар
	10 бар	30 бар	60 бар	90 бар	
50	8,4	8,5	8,3	7,4	120
80	7,5	7,7	6,5	6	120
100	8,3	7,4	6,2	5	115

Как видно из таблицы, производительность насоса значительно выше, чем у насоса из табл.1, разница особенно заметна при низкой температуре рабочей жидкости ГУРа (50 °C).

В табл. 3 приведены показатели момента на руле с насосами разной производительности.

Таблица 3

Момент на руле с насосами разной производительности.

Момент на рулевом колесе при условиях:				
Тип насоса	С «обычной» скоростью вращения, Hm	С нажатой педалью тормоза, Hm	С «быстрой» скоростью вращения, Hm	С «медленной» скоростью вращения, Hm
Насос со сниженной производительностью	5,5... 6,0	6,0...6,5	6,0...7,0	5,0...5,5
Насос без снижения производительности	5,0... 5,5	5,5...6,0	5,0...6,0	4,5...5,0

Как видно из таблицы, при установке насоса со сниженной производительностью момент на рулевом колесе возрастает по сравнению с насосом без снижения производительности. Большая разница момента особенно заметна при большой скорости вращения руля.

Результаты проверки на отсутствие подклинивания при быстром вращении рулевого колеса показали: максимальная угловая скорость вращения руля составляет примерно 620 град/с с насосом со сниженной производительностью и приблизительно 650 град/с с насосом без снижения производительности, что соответствует рекомендациям фирм-изготовителей компонентов рулевых управлений - угловая скорость не должна быть ниже 560 град/с . Температура масла ГУР в момент проведения испытаний поддерживалась выше 60°C .

Во время проверки не было отмечено появления каких-либо шумов и вибраций управляемых колес при работе ГУРа, также не было замечено различий в данных показателях между разными насосами.

Выводы

1. Гипотеза, что снижение расхода жидкости в гидросистеме ГУР значительно влияет на усилие на рулевом колесе, информативность, а также на другие показатели функционирования рулевого управления, подтвердилась.
2. Рекомендуется продолжить изыскания и реализовать прототип системы с ГУР с изменяемой производительностью.
3. Рекомендуется провести испытания аналогичного автомобиля, оснащенного ЭГУР, и сравнить результаты проверки рулевого управления.
4. Подробные результаты замеров приведены на графиках рис. 2-7.

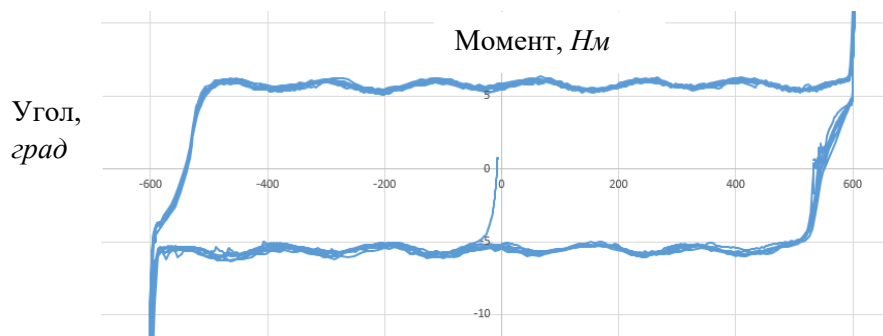


Рис. 2. Вращение руля с нажатой педалью тормоза; рулевое с насосом со сниженной производительностью. Температура масла в гидросистеме - около 80°C

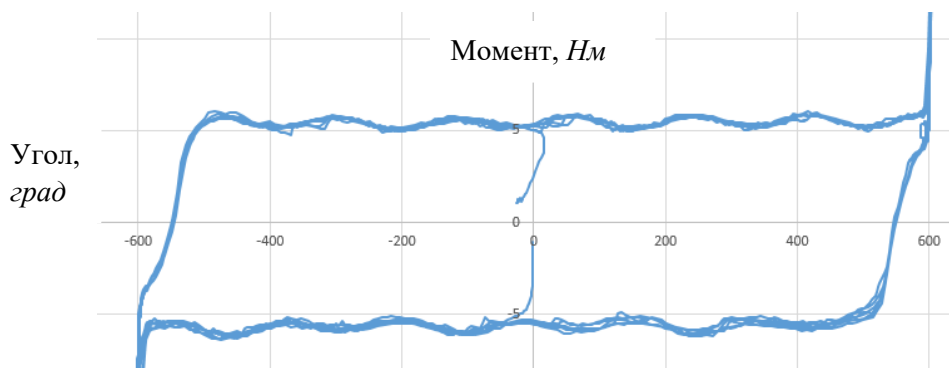


Рис. 3. Вращение руля с нажатой педалью тормоза; рулевое с насосом с обычной производительностью. Температура масла в гидросистеме - около 80 °C

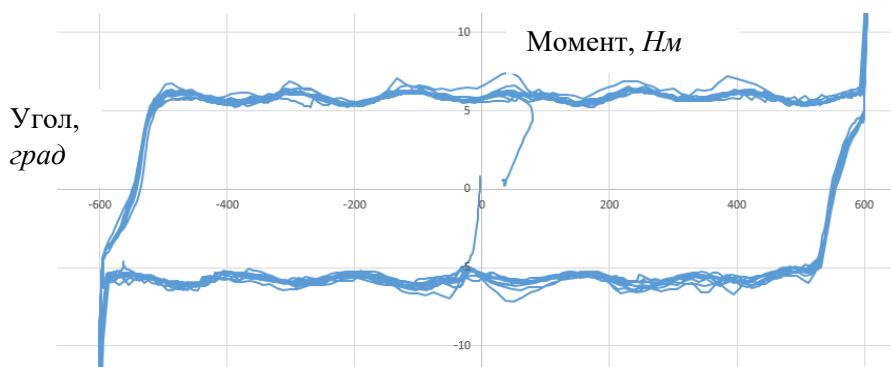


Рис. 4. Вращение руля с «большой» (370...440 град/с) угловой скоростью; рулевое с насосом со сниженной производительностью. Температура масла в гидросистеме - около 80 °C

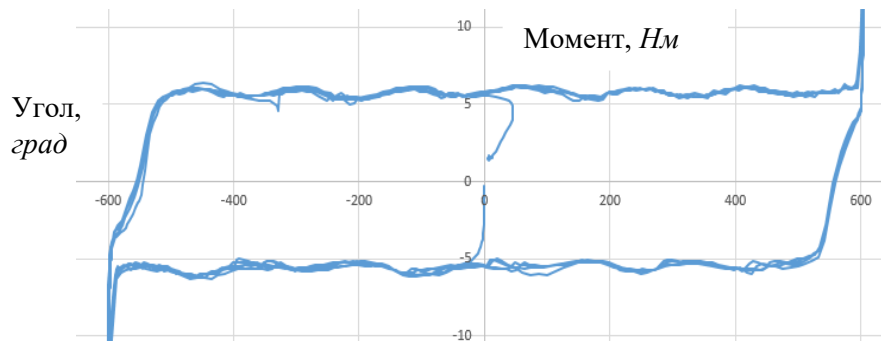


Рис. 5. Вращение руля с «большой» (370...440град/с) угловой скоростью; рулевое с насосом со стандартной производительностью. Температура масла в гидросистеме- около 80 °С

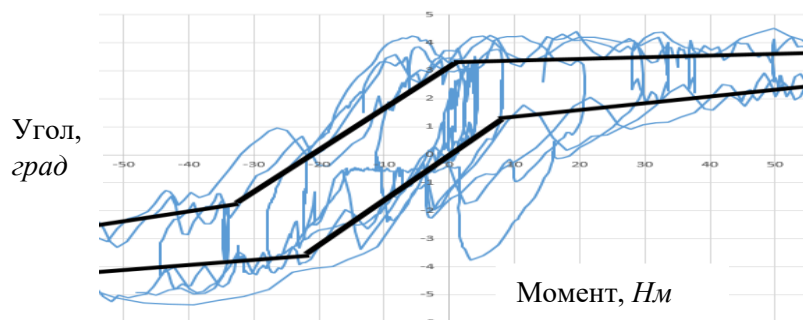


Рис. 6. Информативность на рулевом колесе (момент на руле в зависимости от угла) с насосом со сниженной производительностью при перестроениях из полосы в полосу

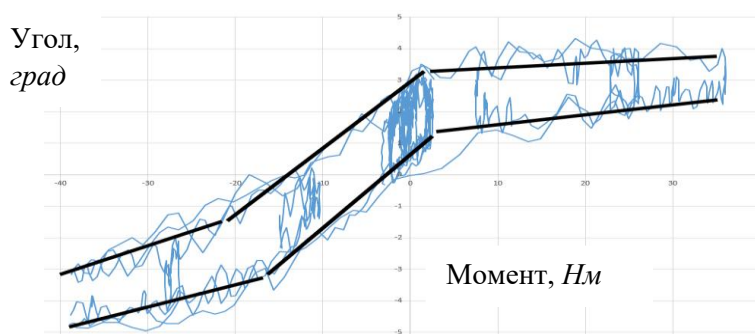


Рис. 7. Информативность на рулевом колесе (момент на руле в зависимости от угла) с насосом с обычной производительностью

Литература

1. **Хусаинов А.Ш., Селифонов В.В.** Теория автомобиля. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 123 с.
2. **Хусаинов А.Ш.** Эксплуатационные свойства автомобиля. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 115 с.
3. **Кравец В.Н.** Теория автомобиля: Учебник. -Н. Новгород: НГТУ, 2013. -413 с.
4. **ГОСТ Р 52453-2005** «Автомобильные транспортные средства. Механизмы рулевые с гидравлическим усилителем и рулевые гидроусилители. Технические требования и методы испытаний». – Москва: ФГУП «Стандартинформ», 2006. – 30 с.
5. **Раймпель Йозеф.** Шасси автомобиля: Рулевое управление (Fahrwerktechnik: Lenkung). Производственное издание / Перевод с немецкого В.Н. Пальянова; Под редакцией А. Гальбрейха. – М.: Машиностроение, 1987. – 229 с.
6. **Yasuo Shimizu, Toshitake Kawai** // JOURNAL OF PASSENGER CARS. - Warrendale, Pennsylvania, 1991. - 100p.

Поступила в редакцию 05.01.2026.

Отправлена на рецензию 14.01.2026.

Принята к опубликованию 17.04.2026.

LCV ԴԱՍԻ ԱՎՏՈՄՈԲԻԼՆԵՐԻ ՂԵԿԱՅԻՆ ՎԱՐՄԱՆ ՀԻՂՐՈՈԹԵՂԱՐԱՐԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Լ.Ս. Ռոչև, Մ.Գ. Կորչաժկին

Իրականացվել է քանոնային ղեկային մեխանիզմով թեթև կոմերցիոն ավտոմոբիլի ղեկային վարման հիդրոոժեղարարի աշխատանքի վերլուծություն, առաջարկվել է ղեկային վարման ուժեղարարի մոդեռնացման տարբերակ, ներկայացվել են տիպային լուծման և ժամանակակից էլեկտրահիդրավիկական ուժեղարարի հետ մոդեռնացված տարբերակի առավելությունները: Առաջարկված հիպոթեզի հաստատման համար հավաքվել է փորձարարական տեղակայանք՝ հիդրավիկական ուժեղարարի պոմպի փորձարկման համար, և իրականացվել են տարբեր արտադրողականություններով (աշխատանքային հեղուկի տարբեր ծախսերով) երկու պոմպերի փորձարկումներ: Այնուհետև ղեկային հիդրոոժեղարարի երկու պոմպերն էլ տեղակայվել են բեռնատար ավտոմոբիլի վրա՝ լաբորատոր փորձարկումների իրականացման համար ավտոմոբիլի կազմում, որը նմանարկում է հեղուկի ծախսի փոփոխությունը ղեկային հիդրոոժեղարարի թողունակ փականի միջոցով: Իրականացված աշխատանքի արդյունքներով վերլուծվել են ստուգումների արդյունքները, որոնց համաձայն կատարվել է ղեկային վարման

հիդրոուժեղարարի աշխատանքի ցուցանիշների վրա աշխատանքային հեղուկի ծախսի ազդեցության եզրակացություն:

Տրվում են առաջարկություններ համակարգի նախատիպի ուսումնասիրության և իրականացման վերաբերյալ, որն ունի ցածր արտադրողականությամբ ղեկային հիդրոարագացուցիչ, ինչպես նաև առաջարկություններ՝ LCV դասի համանման ավտոմեքենայի փորձարկումներ անցկացնելու վերաբերյալ, որը հագեցած է ղեկի էլեկտրահիդրավլիկ շարժիչով, և դրանց համեմատությունը ղեկավարման արդյունքների հետ:

Առանցքային բառեր. ղեկային վարման հիդրոուժեղարար, հիդրավլիկա, հիդրոուժեղարարի պոմպ, ղեկային մեխանիզմ, մոդեռնացում:

STUDY OF THE PARAMETERS OF THE STEERING POWER ASSISTANCE SYSTEM IN LCV CLASS VEHICLES

L.S. Rochev, M.G. Korchazhkin

This paper analyzes the performance of a power steering system on a light commercial vehicle with a rack-and-pinion steering gear. A power steering upgrade is proposed, and the advantages of the upgraded system are presented in comparison to both a standard solution and a modern electrohydraulic power steering system. To confirm this hypothesis, an experimental setup for testing power steering pumps was assembled, and two pumps with different performance levels (different flow rates) were tested. Both power steering pumps were then installed on a test truck for laboratory experiments simulating changes in fluid flow through the flow valve in the power steering system. Based on these results, a conclusion was drawn regarding the impact of fluid flow on power steering performance.

Recommendations are given on investigation and realization of the prototype of the system with a steering hydroaccelerator with a low productivity, as well as recommendations on carrying out tests of an analogous automobile of the class LCV equipped with an electrohydraulic engine of steering, and their comparison with the results of steering.

Keywords: power steering, hydraulics, power steering pump, steering gear, modernization.