

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 629.3.001.4

МРОЧЕК Татьяна Владимировна

**УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ РУЛЕВОГО
УПРАВЛЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ ПУТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ
ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ**

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

по специальности 05.05.03 – «Колесные и гусеничные машины»

Могилев 2009

Работа выполнена в Государственном учреждении высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет»

Научный руководитель **Тарасик Владимир Петрович**,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Автомобили»
Белорусско-Российского университета,
г. Могилев

Официальные оппоненты: **Котиев Георгий Олегович**,
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Колесные машины»
Московского государственного технического
университета им. Н.Э. Баумана, г. Москва

Автушко Валентин Петрович,
кандидат технических наук, профессор,
профессор кафедры «Гидропневмоавтоматика и
гидропневмопривод»
Белорусского национального технического
университета, г. Минск

Оппонирующая организация РУП «Минский автомобильный завод»

Защита состоится «01» июля 2009 г. в 12⁰⁰ на заседании совета по защите диссертаций К 02.18.02 в ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» по адресу: 212000, г. Могилев, пр. Мира, 43, телефон ученого секретаря 80296875121, e-mail: lustenkov@yandex.ru.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет».

Автореферат разослан «29» мая 2009 г.

Ученый секретарь
совета по защите диссертаций,
кандидат технических наук, доцент

М.Е. Лустенков

ВВЕДЕНИЕ

Для пассажирских машин, в том числе троллейбусов, эксплуатация которых осуществляется в городских условиях, отличающихся высокой напряженностью работы водителя по управлению движением машины, важно обеспечить хорошую управляемость, безопасность движения и облегчить условия труда водителя. Применение гидроусилителя в системе рулевого управления в значительной мере решает эти вопросы. Однако опыт эксплуатации показывает, что гидроусилитель, являясь наиболее дорогостоящим элементом системы, имеет наименьший срок службы среди всех механизмов рулевого управления, а выход его из строя может приводить к возникновению аварийных ситуаций. Улучшение функциональных свойств рулевого управления, повышение надежности и эффективности функционирования гидроусилителя является актуальной задачей.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с крупными научными программами, темами

Тема диссертационной работы соответствует приоритетному направлению научно-технической деятельности в Республике Беларусь на 2006–2010 годы «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии производства конкурентоспособной продукции» (обеспечение технического уровня и надежности конструкции автомобильной техники; разработка алгоритмов и программ расчета надежности гидроприводов машин и гидrorаспределительных систем), утвержденному Указом Президента № 315 от 6 июля 2005 г.

Работа выполнялась в соответствии с госбюджетными и хоздоговорными темами научных исследований: ГБ–0141 – № ГР 20011084; ХД № 9825 – № ГР 19981714; ХД № 9920 – № ГР 19991584; ХД № 0454; ХД № 06218.

Цель и задачи исследования

Цель исследований – на основе совершенствования методик теоретических и экспериментальных исследований улучшить функциональные свойства рулевого управления троллейбуса с гидроусилителем.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

– разработать методику системного анализа функциональных свойств рулевого управления с гидроусилителем, позволяющую определять показатели управляемости троллейбуса и эффективности работы гидроусилителя, исследовать их зависимости от параметров механизмов рулевого управления и определять способы обеспечения стабилизации характеристики регулятора расхода гидроусилителя;

– разработать математические модели системы рулевого управления и управляемого курсового движения троллейбуса, позволяющие проводить анализ процессов функционирования механизмов рулевого управления, выявлять влияние параметров регулятора расхода на характеристики гидроусилителя и показатели эффективности его работы;

– разработать методику проведения испытаний гидроусилителя, позволяющую определять нагрузочные характеристики гидроусилителя и расходные

характеристики всех его компонентов;

– провести исследование влияния параметров регулятора расхода гидроусилителя на стабильность управляемой расходной характеристики на выходе регулятора и показатели управляемости троллейбуса, определить предельно допустимые значения параметров регулятора расхода;

– разработать технические решения, обеспечивающие реализацию результатов теоретических и экспериментальных исследований по улучшению функциональных свойств рулевого управления путем стабилизации характеристики регулятора расхода;

– разработать конструкцию стенда, позволяющую проводить экспериментальные исследования по определению характеристик гидроусилителя и эффективности предлагаемых технических решений, оценивать техническое состояние и выполнять регулировочные и наладочные работы.

Объектом исследования является рулевое управление колесной машины с гидроусилителем. Предметом исследования являются характеристики гидроусилителя и их влияние на управляемость колесной машины. Выбор объекта и предмета исследования обусловлен приоритетными направлениями научный исследований в Республике Беларусь.

Положения диссертации, выносимые на защиту

– методика системного анализа функциональных свойств рулевого управления с гидроусилителем, отличающаяся тем, что позволяет определять показатели управляемости троллейбуса и эффективности работы гидроусилителя в процессе управляемого курсового движения с учетом физических свойств всех компонентов гидроусилителя и оценивать эффективность принимаемых технических решений по совершенствованию их конструкции;

– математические модели системы рулевого управления и управляемого курсового движения троллейбуса, отличающиеся тем, что учитывают динамические характеристики регулятора расхода гидроусилителя как автоматического устройства стабилизации расхода рабочей жидкости с отрицательной обратной связью по давлению и позволяют определять предельные значения его параметров, обеспечивающие заданные показатели управляемости троллейбуса;

– выявленное теоретическими исследованиями и подтвержденное экспериментально явление дестабилизации расходной характеристики регулятора расхода, обусловленное увеличением утечек и изменением вязкости рабочей жидкости, и предложенные способы компенсации их влияния, обеспечивающие стабилизацию характеристик гидроусилителя, увеличение ресурса его работы и улучшение показателей функциональных свойств рулевого управления;

– методика проведения испытаний гидроусилителя, отличающаяся от известных, в том числе регламентированных стандартами, тем, что позволяет определять нагрузочные характеристики гидроусилителя и расходные характеристики всех его компонентов, оценивать их техническое состояние и выполнять предусмотренные регулировочные и наладочные работы.

Личный вклад соискателя

Автором лично разработана на основе структурно-матричного метода математическая модель рулевого управления колесной машины с гидроусилите-

лем. Цель и задачи исследований сформулированы совместно с научным руководителем д-ром техн. наук, проф. В.П. Тарасиком. Лично автором проведены теоретические исследования, разработана методика общих и поэлементных испытаний гидроусилителей. Работы, связанные с разработкой конструкций, а также проведением экспериментальных исследований, автором выполнены совместно с д-ром техн. наук, проф. В.П. Тарасиком и канд. техн. наук В.И. Мрочком.

Апробация результатов диссертации

Основные положения и научные результаты работы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях (НТК): Республиканской НТК «Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности», Могилев (2005, 2006, 2007); Международной НТК «Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка», Могилев (2000); «Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов», Могилев (2001); «Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог», Могилев (2003); Международной НТК «Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии», Могилев (2005, 2006, 2007, 2008, 2009); V Межрегиональной НТК студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика», Смоленск (2008); 6-ой Международной НТК «Проблемы качества машин и их конкурентоспособности» – Брянск (2008); XI научной сессии преподавателей и студентов – Витебск (2008); Международной НТК «Гидравлические машины, гидропневмоприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития» – Санкт-Петербург (2008).

Опубликованность результатов

По теме диссертации опубликована 31 научная работа, в том числе: 7 статей в научно-технических журналах, включенных в перечень изданий ВАК Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований, 1 статья в сборнике научных трудов, 18 тезисов докладов и материалов конференций. Получен 1 патент на изобретение и 4 патента на полезные модели. Общий объем опубликованных материалов составляет 6,7 авторских листа.

Структура и объем диссертации

Диссертация содержит 100 страниц основного текста, 62 рисунка и 9 таблиц. Диссертация включает введение, общую характеристику работы, четыре главы, заключение, список использованных источников из 102 наименований, список научных трудов соискателя, приложения.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе проведен обзор и анализ выполненных исследований и разработок по системам рулевого управления с гидроусилителем, изложенных в работах В.П. Автушко, А.С. Антонова, М.С. Высоцкого, Л.Л. Гинцбурга, Г.И. Гладова, А. И. Гришкевича, Д.А. Дубовика, Г.О. Котиева, А.Т. Лебедева,

маемость и вязкостные свойства рабочей жидкости, зависимость вязкости от температуры, трение в механических элементах, внутренние утечки в элементах гидропривода.

Фазовыми координатами приняты перемещения золотника регулятора расхода x_1 , поршня гидроцилиндра x_2 и приведенной массы $m_{пр}$ управляемых колес x_3 , а также расходы жидкости Q_i в гидромагистралях и полостях гидроцилиндра. Параметрами гидравлических и гидромеханических инерционных элементов являются коэффициенты масс $m_{Гi}$, кг/м⁴, упругих элементов гидромагистралей – коэффициенты гидравлической жесткости $c_{Гj}$, Н/м⁵, гидравлических и гидромеханических диссипативных элементов – коэффициенты гидравлического сопротивления $\mu_{Гi}$, Н·с/м⁵. При вычислении нагрузки $F_{нагр}$ и приведенной массы $m_{пр}$ принималась во внимание нелинейная кинематическая характеристика рулевого привода управляемых колес.

На основе динамической модели составлена система нелинейных обыкновенных дифференциальных уравнений в нормальной форме Коши 16-го порядка, позволяющая вычислять расходы, давления и перемещения.

Для исследования управляемого курсового движения троллейбуса и определения показателей управляемости использовалась известная система дифференциальных уравнений 3-го порядка, описывающая траекторию движения центра масс машины на плоскости, определяемую координатами продольного X и поперечного Y перемещений и курсовым углом γ . Моделировались два вида стандартных маневров: «переход на круговую траекторию с минимальным радиусом» (маневр 1) и «поворот на 90° при проезде перекрестка» (маневр 2). При этом учитывался увод колес под действием боковой составляющей силы инерции.

Новизна математической модели заключается в описании физических свойств регулятора расхода гидроусилителя:

$$\left. \begin{aligned} dQ_1/dt &= (p_{y1} - F_{пр}/A_{зол} - p_{о.с} - p_{д1})/m_{Г1}; \\ dQ_2/dt &= (p_{y1} - p_{y2} - p_{д2})/m_{Г2}; \\ dp_{y1}/dt &= c_{Г1}(Q_H - Q_1 - Q_2 - Q_{слив}); \\ dp_{y2}/dt &= c_{Г2}(Q_2 - Q_3 - Q_{ут1}); \\ dx_1/dt &= Q_1/A_{зол}, \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где p_{yi} – давления в упругих элементах, Па; $p_{дj}$ – потери давления в диссипативных элементах (по длине гидромагистралей и в местных сопротивлениях), Па; $F_{пр}$ – усилие пружины, Н; $A_{зол}$ – площадь золотника, м²; $p_{о.с}$ – давление в линии обратной связи регулятора, Па; Q_H – подача насоса, м³/с; $Q_{слив}$ – расход на слив, м³/с; $Q_{ут1}$ – расход утечек в регуляторе, м³/с:

$$Q_{ут1} = \frac{\pi d_{зол} a_0^3}{12 \rho \nu l_{заз}} p_{о.с}; \quad (2)$$

$d_{\text{зол}}$ – диаметр золотника, м; a_0 – величина радиального зазора в сопряжении золотник – корпус, м; ρ – плотность рабочей жидкости, кг/м³; ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, м²/с; $l_{\text{заз}}$ – длина зазора, м.

Остальные уравнения механизмов гидроусилителя аналогичны уравнениям (1). Уравнения (1) входят в общую систему дифференциальных уравнений 19-го порядка.

В третьей главе приведены результаты выполненных исследований.

Для оценки функциональных свойств рулевого управления троллейбусов обоснован выбор показателей. Правилами ЕЭК ООН № 79, ГОСТ Р 52302–2004 и ОСТ 37.001.471–88 предусмотрено множество показателей и характеристик для оценки управляемости. Поскольку в данной работе рассматривались вопросы, связанные с оценкой влияния параметров гидроусилителя на функциональные свойства серийных троллейбусов, параметры которых не подлежали изменению, то для оценки их управляемости и эффективности работы гидроусилителя были приняты лишь те показатели, которые зависят от параметров гидроусилителя. Для оценки управляемости троллейбуса при выполнении им исследуемых маневров приняты время регулирования t_p (время поворота колес на максимальные углы из нейтрального положения) и продольное перемещение троллейбуса X при повороте на 90°. Для оценки эффективности работы гидроусилителя приняты: скорость поршня относительно гидроцилиндра v_{Π} ; расход рабочей жидкости на выходе регулятора $Q_{p,p}$; величины расходов утечек в регуляторе $Q_{ут1}$, распределителе $Q_{ут2}$ и суммарных утечек Q_{Σ} ; среднее значение КПД гидроусилителя $\eta_{г.у.ср}$ за время выполнения маневра.

Обследование технического состояния гидроусилителей рулевых управлений троллейбусов, проведенное с участием автора в троллейбусных парках г. Могилева и г. Бобруйска, показало, что наиболее частыми причинами неудовлетворительной работы были увеличенные зазоры a_0 в сопряжениях золотник – корпус регулятора расхода и распределителя, а также из-за износа деталей насоса. Поэтому при теоретических исследованиях особое внимание уделено вопросу оценки влияния утечек в регуляторе расхода и распределителе на работоспособность гидроусилителя.

Объектами исследований приняты рулевые управления троллейбусов АКСМ–101 и АКСМ–20101 производства «Белкоммунмаш» и ЗиУ–682 производства ОАО «Тролза», на которых используются гидроусилители МАЗ–5335 и МАЗ–6422. Полученные при моделировании процессов функционирования гидроусилителя МАЗ–5335 графики зависимостей выходных параметров гидроусилителя от величины зазоров a_0 приведены на рисунке 2. Из рисунка 2, а видно, что по мере увеличения a_0 расход на выходе регулятора $Q_{p,p}$ падает. Вследствие этого снижается скорость поворота управляемых колес и существенно ухудшается управляемость троллейбуса. Обусловлено это увеличением утечек $Q_{ут1}$ в регуляторе расхода. С увеличением $Q_{ут1}$ возрастает перепад дав-

ления $\Delta p_{др2}$ (рисунок 2, б) на дросселе ДР2 линии обратной связи регулятора (см. рисунок 1), что приводит к снижению сигнала обратной связи $p_{о.с}$ и нарушению баланса сил, действующих на золотник регулятора. В результате происходит автоматическая перенастройка режима дозирования в сторону уменьшения расхода $Q_{р.р}$ на выходе регулятора. При этом золотник регулятора увеличивает открытие сливного отверстия, и возрастает перепуск рабочей жидкости на слив $Q_{слив}$. Подача насоса Q_H принималась постоянной, равной номинальному значению $Q_H = 12$ л/мин, а среднее значение зазора $a_0 = 12$ мкм (согласно технической документации).

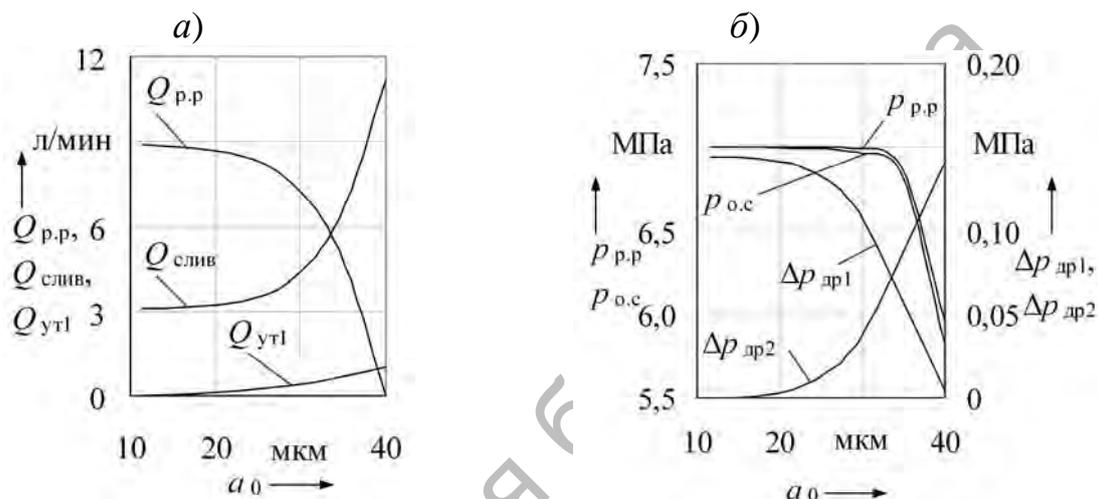


Рисунок 2 – Зависимости характеристик регулятора расхода от зазоров a_0

Таким образом, было установлено, что причиной ухудшения функциональных свойств системы рулевого управления, наблюдаемой в процессе эксплуатации троллейбусов, во многих случаях является увеличение утечек в регуляторе, вследствие чего происходит дестабилизация выходной характеристики регулятора расхода, особенно при высокой температуре.

Ухудшение работы гидроусилителя также наблюдалось при низкой температуре рабочей жидкости. На рисунке 3, а и б приведены графики расходов и давлений в механизме регулятора расхода. С увеличением вязкости рабочей жидкости ν расход $Q_{р.р}$ уменьшается. Это обусловлено влиянием линейной составляющей потерь давления по длине гидромагистрали регулятора $\Delta p_{л2}$, значение которой возрастает быстрее, чем снижаются потери на дросселе $\Delta p_{др1}$ из-за снижения расхода $Q_{р.р}$. Нелинейная составляющая потерь давления по длине $\Delta p_{нл2}$ изменяется незначительно. В результате разность давлений слева и справа на золотник $\Delta p = p_H - p_{о.с}$ увеличивается, золотник перемещается вправо и увеличивает расход на слив $Q_{слив}$, снижая значение $Q_{р.р}$. Для компенсации снижения расхода $Q_{р.р}$ в этом случае предложено увеличить диаметр гидромагистрали регулятора гидроусилителя МАЗ–5335 с 6 до 10 мм. В результате получены характеристики, показанные штриховыми линиями.

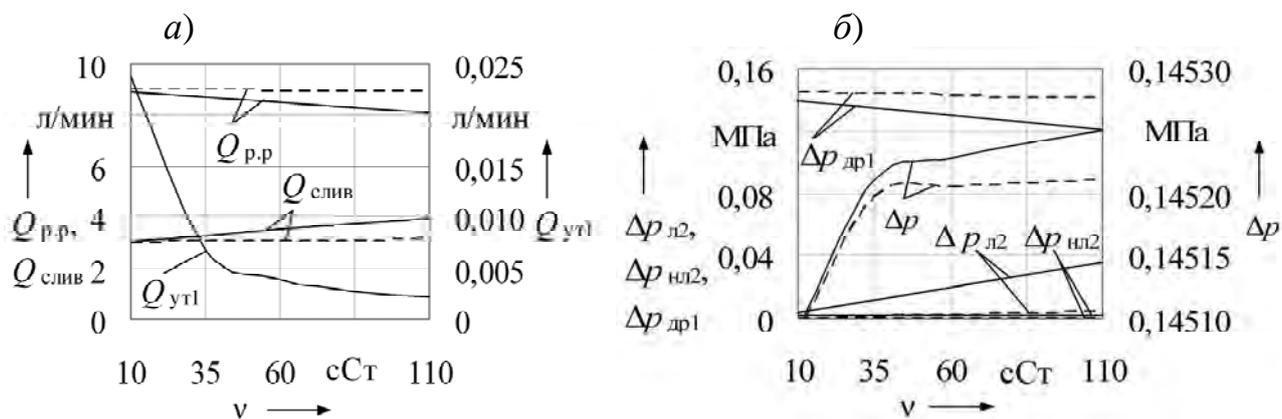


Рисунок 3 – Зависимости характеристик регулятора расхода от вязкости ν рабочей жидкости

Далее осуществлялось моделирование управляемого курсового движения троллейбуса при выполнении маневров 1 и 2.

На рисунке 4, *a* и *б* показаны графики изменения нагрузок в рулевом приводе при выполнении маневра 2 (M_{Σ} – суммарный момент сопротивления повороту колес; $F_{нагр}$ – нагрузка на гидроусилитель; $F_{у.р.п}$ – усилие в эквивалентном упругом элементе рулевого привода; $t_{обр}$ – момент времени, при котором колеса поворачиваются в обратном направлении при маневре 2; верхний индекс «с» – для снаряженного троллейбуса; «г» – при полной нагрузке). Характер изменения нагрузок определяется нелинейностью кинематической характеристики рулевого привода.

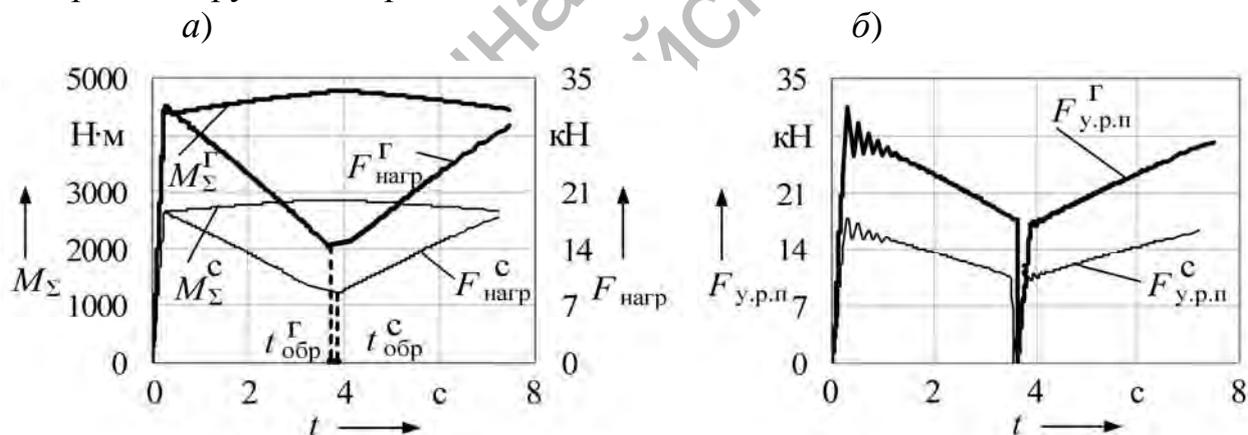


Рисунок 4 – Характеристики нагрузок механизмов рулевого управления

На рисунке 5, *a*, *в*, *д* приведены графики траектории центра масс троллейбусов на опорной плоскости при выполнении маневра 1, а на рисунке 5, *б*, *г*, *е* – изменения скорости поршня гидроусилителя при различных значениях зазоров a_0 . Предполагалось, что величины зазоров в регуляторе расхода и распределителе одинаковы. Графики на рисунке 5, *a* и *б* получены для троллейбуса АКСМ–101, а на рисунке 5, *в* и *г* – для АКСМ–20101. Согласно Правилам ЕЭК ООН № 79 маневр 1 выполняется при скорости 10 км/ч, а нормативное время его выполнения $t_{р.норм} = (4 \pm 0,25)$ с. Для определенности принято $t_{р.норм} = 4$ с, тогда предельное значение скорости поршня гидроцилиндра $v_{п.норм} = 0,0375$ м/с.

Из приведенных графиков видно существенное преимущество гидроусилителя МАЗ–6422 по сравнению с МАЗ–5335 по показателю управляемости t_p , что обусловлено большей подачей применяемого в нем насоса НШ16Г–3Л ($Q_H=16$ л/мин). Применение в гидроусилителе МАЗ–5335 насоса с такой же подачей вместо используемого в нем насоса ЗИЛ–130 позволяет значительно улучшить показатели управляемости. Получаемые графики при этом представлены на рисунках 5, д и е. Различие графиков на рисунках 5, з и е обусловлено тем, что диаметр гидроцилиндра у МАЗ–5335 составляет 67,5 мм, а у МАЗ–6422 – 70 мм.

При $a_0 = 26$ мкм гидроусилитель МАЗ–5335 полностью теряет работоспособность (на рисунке 5, б – пунктирная линия).

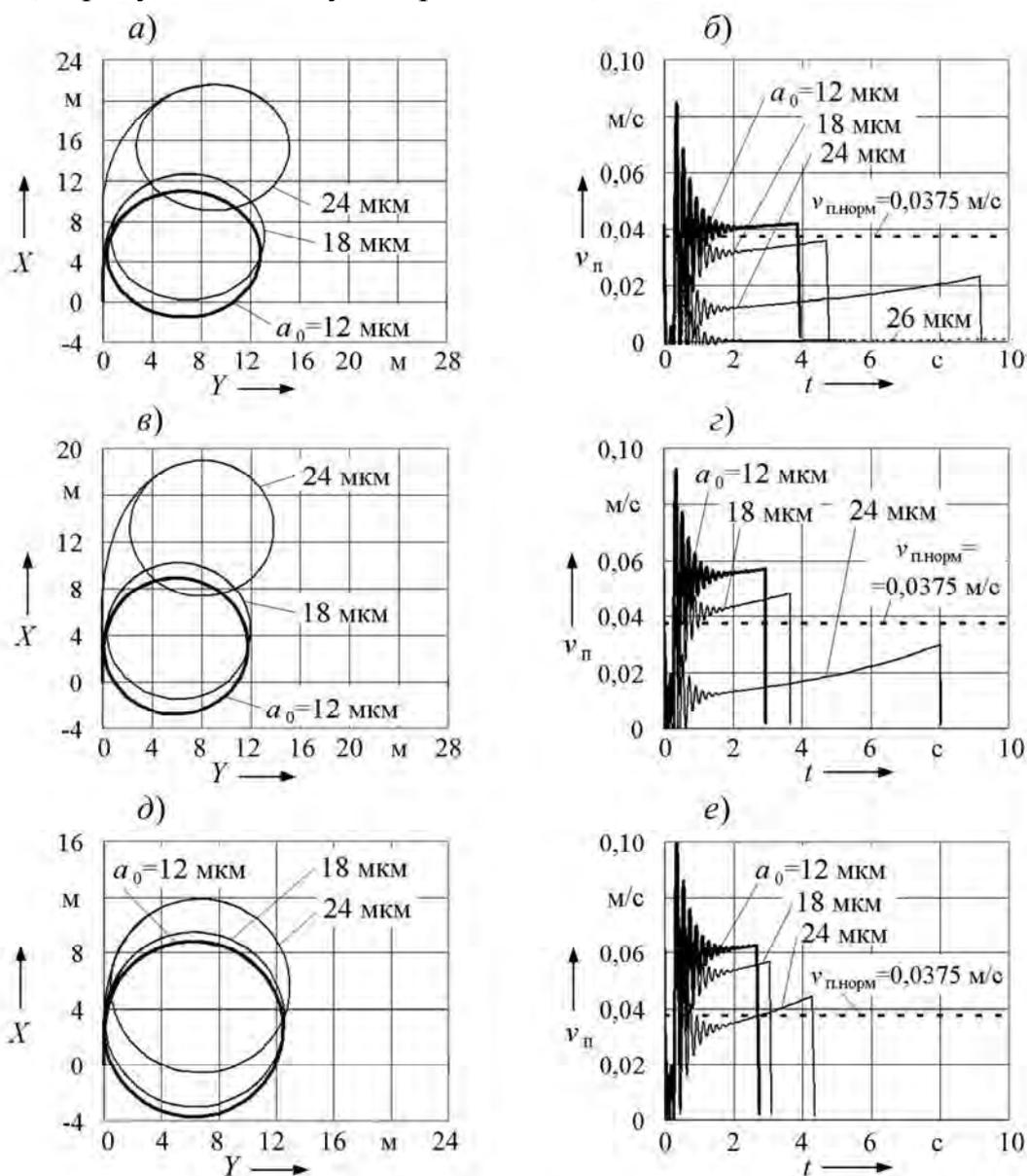


Рисунок 5 – Графики траектории центра масс троллейбусов и скорости поршня гидроусилителя при различных значениях зазоров a_0

На рисунках 6, а, в, д приведены графики расходов рабочей жидкости в механизмах гидроусилителя МАЗ–5335, а на рисунках 6, б, з, е – МАЗ–6422. Для троллейбуса АКСМ–101 с гидроусилителем МАЗ–5335 получены следующие

шие результаты (t_p , с; X , м; Q , л/мин): при $a_0 = 12$ мкм: $t_p = 3,86$; $X = 11,01$; $Q_{p,p} = 8,89$; $Q_{yT1} = 0,017$; $Q_{\Sigma} = 0,40$; $\eta_{г.у.ср} = 0,67$; при $a_0 = 18$ мкм: $t_p = 4,72$; $X = 12,67$; $Q_{p,p} = 8,81$; $Q_{yT1} = 0,066$; $Q_{\Sigma} = 1,54$; $\eta_{г.у.ср} = 0,54$; при $a_0 = 24$ мкм: $t_p = 9,16$; $X = 21,62$; $Q_{p,p} = 8,59$; $Q_{yT1} = 0,16$; $Q_{\Sigma} = 3,74$; $\eta_{г.у.ср} = 0,27$. Для троллейбуса АКСМ–20101 с гидроусилителем МА3–6422: при $a_0 = 12$ мкм: $t_p = 2,93$; $X = 9,01$; $Q_{p,p} = 13,06$; $Q_{yT1} = 0,025$; $Q_{\Sigma} = 0,62$; $\eta_{г.у.ср} = 0,75$; при $a_0 = 18$ мкм: $t_p = 3,66$; $X = 9,59$; $Q_{p,p} = 12,93$; $Q_{yT1} = 0,096$; $Q_{\Sigma} = 2,38$; $\eta_{г.у.ср} = 0,62$; при $a_0 = 24$ мкм: $t_p = 8,02$; $X = 20,87$; $Q_{p,p} = 12,49$; $Q_{yT1} = 0,23$; $Q_{\Sigma} = 5,63$; $\eta_{г.у.ср} = 0,36$.

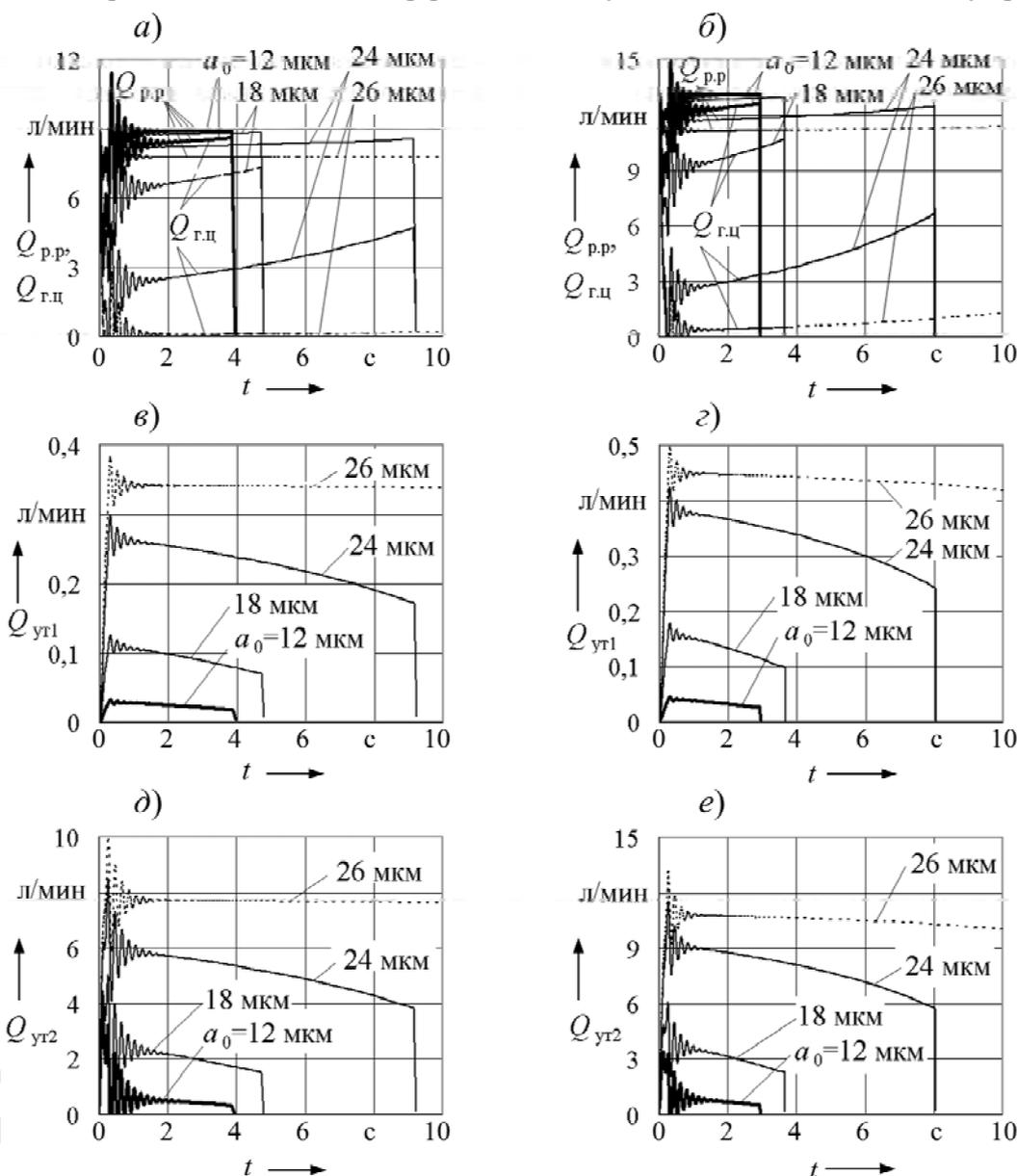


Рисунок 6 – Графики расходов рабочей жидкости

При $a_0 = 24$ мкм подача рабочей жидкости в гидроцилиндр падает в 2-3 раза. При этом существенно возрастают утечки Q_{yT2} в распределителе. Величина утечек в регуляторе расхода Q_{yT1} сравнительно невелика, однако именно

она и приводит к перенастройке регулятора на снижение регулируемой величины расхода $Q_{p,p}$, как показано на рисунке 2, а.

Восстановить расчетное значение расхода $Q_{p,p}$ можно путем регулирования площади сечения основного дросселя ДР1. С увеличением утечек $Q_{ут1}$ необходимо увеличивать площадь дросселя ДР1, сохраняя при этом постоянной величину суммарных потерь давления на дросселях ДР1 и ДР2. Установлено, что изменение диаметра дросселя ДР1 в пределах $\pm 15\%$ от номинального значения позволяет изменить расход $Q_{p,p}$ на 55%. Регулируемый дроссель позволяет также компенсировать возросшие утечки в гидрораспределителе путем увеличения значения $Q_{p,p}$ и соответствующего снижения $Q_{слив}$.

В результате анализа влияния a_0 на t_p установлено, что предельно допустимое значение a_0 для гидроусилителя МАЗ–5335 составляет 15 мкм, а для МАЗ–6422 – 21 мкм. Расходы утечек при этом для них составляют соответственно $Q_{ут1} = 0,038$ и $0,151$ л/мин; $Q_{ут2} = 0,85$ и $3,63$ л/мин; а суммарное значение утечек $Q_{\Sigma} = 0,89$ и $3,78$ л/мин; или в процентах – 7,42 и 24% от Q_H . Согласно СТ СЭВ 1629–29 значение Q_{Σ} не должно превышать 15%. По этому критерию допускаемое значение a_0 для гидроусилителя МАЗ–6422 снижается до 18 мкм, а $Q_{ут1} = 0,095$ л/мин, $Q_{ут2} = 2,29$ л/мин, $Q_{\Sigma} = 2,39$ л/мин. Полученные предельные значения $Q_{ут1}$ и $Q_{ут2}$ можно использовать для диагностирования технического состояния регулятора расхода и распределителя без их разборки.

На рисунке 7 приведены графики изменения параметров движения троллейбуса АКСМ–101 при повороте на 90° : X – продольное перемещение троллейбуса; $\theta_{л.к.}$, $\theta_{п.к.}$ – углы поворота левого и правого колес; γ – курсовой угол; ω_z – угловая скорость поворота; a_y – поперечная составляющая ускорения центра масс. При увеличении зазора a_0 в 2 раза $v_{п.к.}$ снижается, а X возрастает практически в 2 раза.

В четвертой главе приведены технические решения по совершенствованию конструкции регулятора расхода и рулевого механизма с распределителем, методика и стенд для испытаний гидроусилителя и его компонентов и результаты экспериментов по оценке достоверности теоретических исследований. На рисунке 8 показана конструкция усовершенствованного регулятора расхода.

В корпусе 1 расположены регулятор расхода (трехлинейный) и предохранительный клапан непрямого действия. Основными устройствами регулятора расхода являются клапан разности давлений, состоящий из золотника 2 и пружины 3, основной дроссель главной магистрали А и дроссель линии обратной связи 4. В разработанной конструкции в магистрали А вместо нерегулируемого установлен регулируемый дроссель, состоящий из пластин 6 и 8, пластинчатой пружины 9 и крышки 5 с регулировочным винтом 7. Пластина 6 установлена неподвижно, а пластина 8 – с возможностью перемещения. В пластине 6 отверстие имеет прямоугольную форму, а в пластине 8 – треугольную форму. Изме-

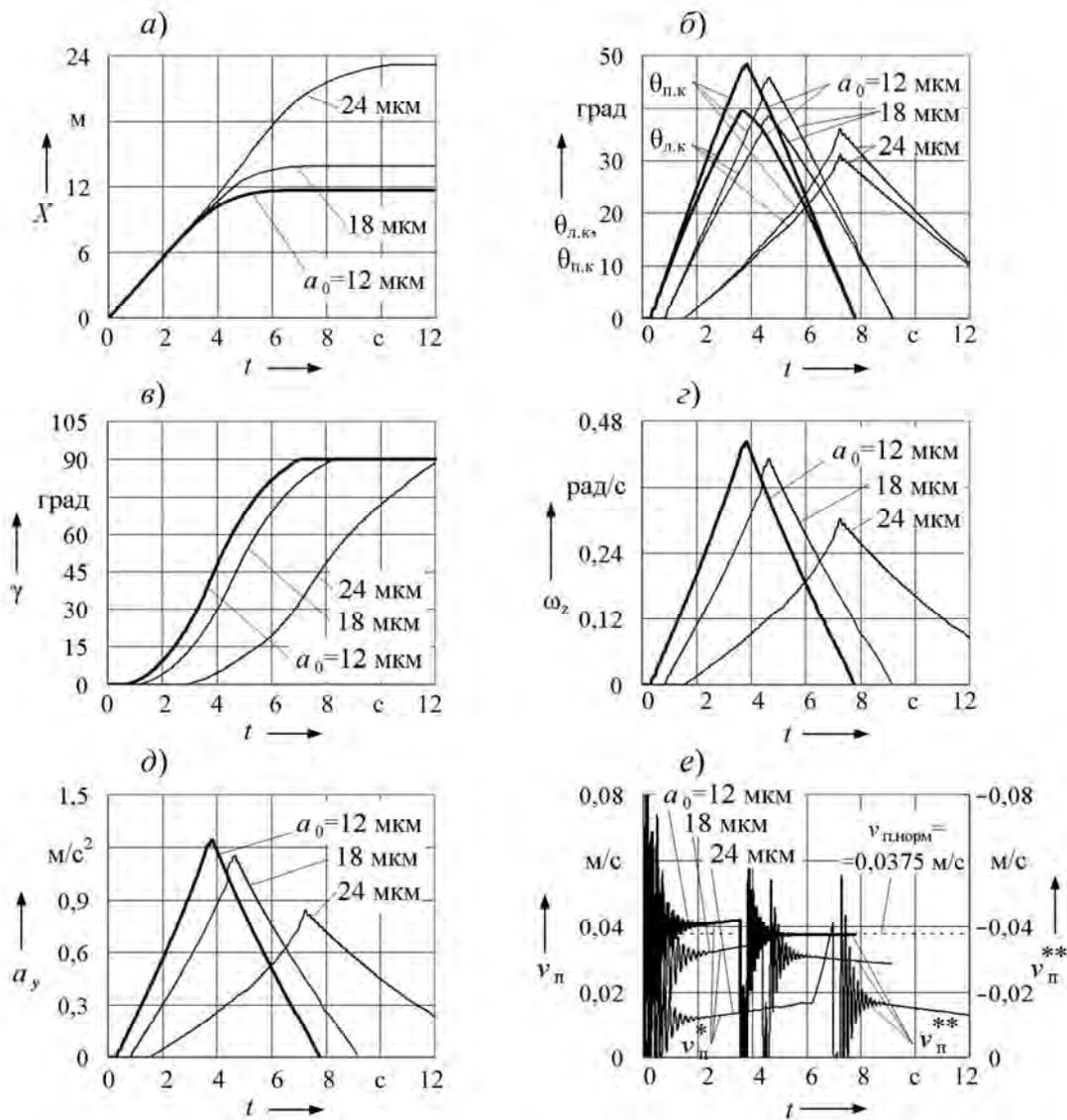


Рисунок 7 – Графики изменения параметров движения троллейбуса АКСМ-101 при повороте на 90°

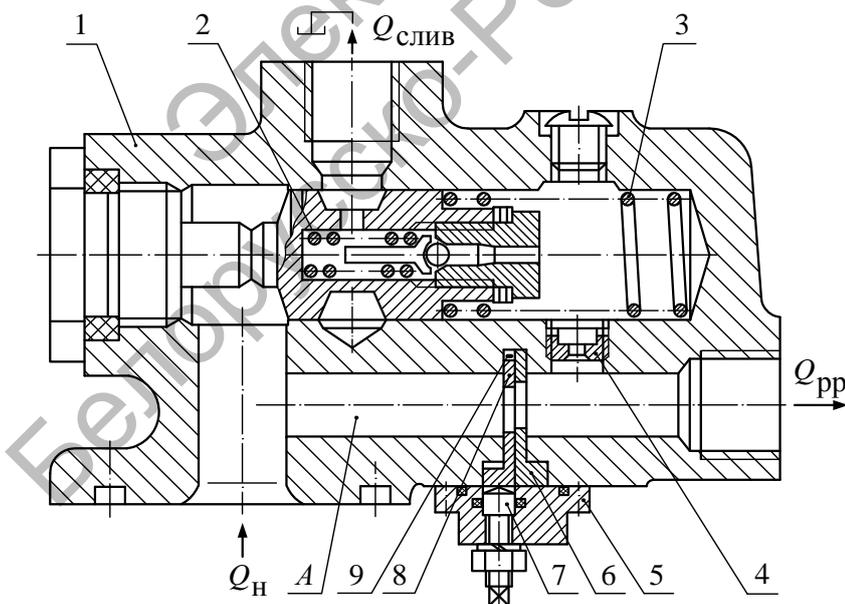


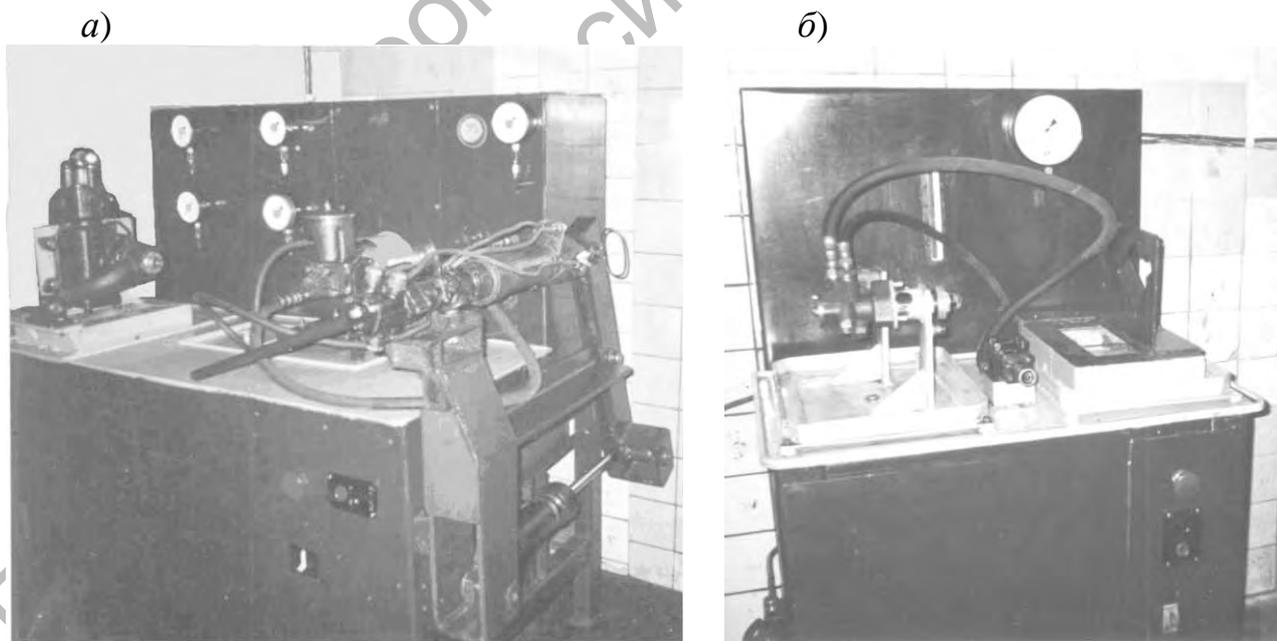
Рисунок 8 – Конструкция усовершенствованного регулятора расхода

нение площади проходного сечения дросселя достигается путем перемещения пластины 8 относительно пластины 6. Регулирование проходного сечения дросселя позволяет в процессе эксплуатации при технически исправном насосе перенастраивать регулятор и восстанавливать работоспособность гидроусилителя.

Техническое решение по совершенствованию конструкции рулевого механизма с распределителем позволяет осуществлять регулировку центрирования золотника, обеспечивая симметричность характеристик распределителя при поворотах машины вправо и влево. Регулировки как регулятора расхода, так и распределителя не требуют их разборки.

Разработана методика испытаний гидроусилителя, которая базируется на требованиях действующих стандартов, отличающаяся от известных тем, что в ней предусмотрено определение нагрузочной характеристики гидроусилителя, представляющей собой зависимость скорости перемещения поршня гидроцилиндра (или времени регулирования) от нагрузки на его штоке. Предусмотрено определение расходных характеристик и внутренних утечек всех компонентов гидроусилителя (насоса, распределителя, регулятора расхода, гидроцилиндра), что позволяет оценивать их техническое состояние и осуществлять регулировочные и наладочные работы.

Для оценки достоверности результатов теоретических исследований разработан универсальный стенд для испытаний гидроусилителей. Стенд состоит из двух подсистем и позволяет проводить общие и поэлементные испытания. На стенде имитируется сопротивление повороту управляемых колес, что позволяет определять нагрузочную характеристику гидроусилителя. Возможно применение разработанного стенда как на этапе проектирования и доводки конструкции гидроусилителей, так и для оценки их технического состояния и выполнения диагностических работ в процессе эксплуатации. Разработанный стенд внедрен на двух предприятиях: МГКУП «Горэлектротранспорт» (г. Могилев) и УКПП «Бобруйское троллейбусное управление». На рисунке 9 показан общий вид стенда, внедренного в УКПП «Бобруйское троллейбусное управление».



a – модуль для общих испытаний гидроусилителей и насосов;
б – модуль для испытаний распределителей, гидроцилиндров и регуляторов расхода

Рисунок 9 – Общий вид стенда

На рисунке 10 приведены результаты экспериментальных исследований. Рисунок 10, *а* отображает влияние диаметра основного дросселя ДР1 на величину $Q_{p.p}$. Характеристики определены при различных значениях вязкости жидкости ν . На рисунке 10, *б* приведены результаты испытаний гидроусилителя с насосом и регулятором расхода, бывших в эксплуатации. Характеристики получены для двух значений диаметра главной магистрали $d_{p.p}$ – 6 и 10 мм. Давление на выходе регулятора $p_{p.p}$ поддерживалось на уровне 7 МПа. Из графиков видно, что увеличение $d_{p.p}$ обеспечивает температурную стабилизацию $Q_{p.p}$. Влияние $d_{p.p}$ на $Q_{p.p}$ при $p_{p.p} = 7$ МПа показано на рисунке 10, *в*. Характеристика 1 получена при $\nu = 10$ сСт, а характеристика 2 – при $\nu = 110$ сСт. Из графиков видно, что увеличение $d_{p.p}$ при работе в области низких температур позволяет стабилизировать $Q_{p.p}$. На рисунке 10, *г* приведены результаты испытаний трех насосов с регуляторами расхода. Характеристика 1 получена для новых устройств, а характеристики 2 и 3 – для устройств, бывших в эксплуатации и демонтированных с машины по причине «тяжелого» рулевого управления.

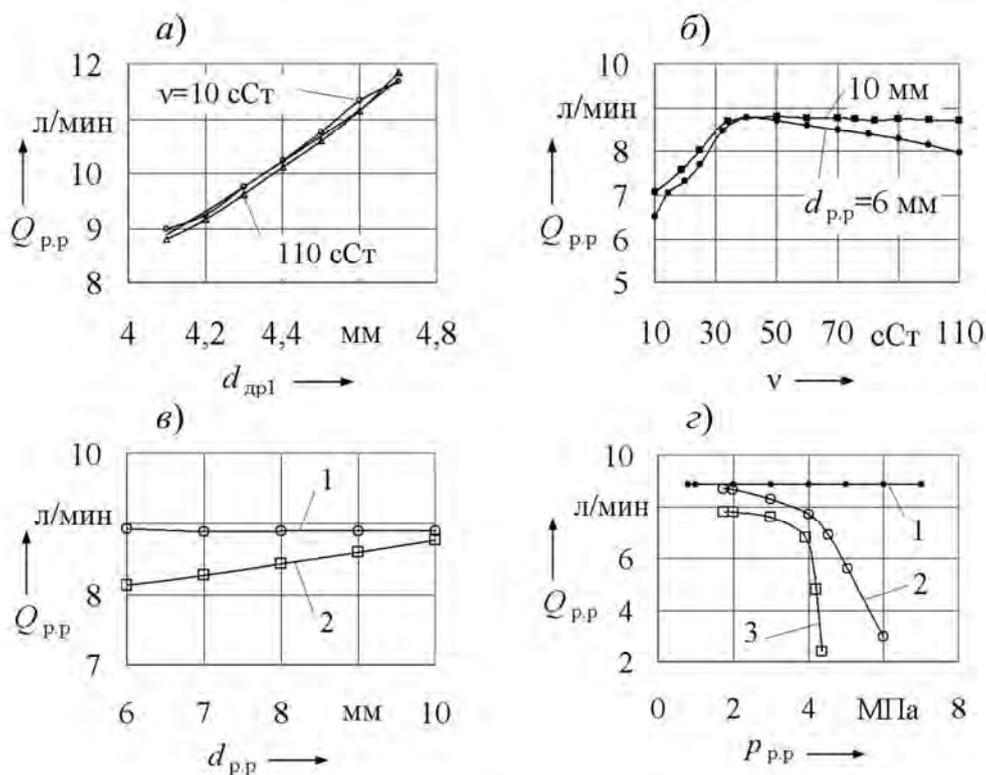


Рисунок 10 – Экспериментальные характеристики гидроусилителя

Экспериментальные исследования подтвердили правильность рекомендаций по повышению функциональных свойств регулятора расхода, предложенных на основе теоретических исследований. Отклонения результатов экспериментов от расчетных не превышали 6...8%. В ходе проведения экспериментов установлена высокая эффективность созданных средств испытаний.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана методика системного анализа функциональных свойств рулевого управления, позволяющая определять показатели управляемости троллейбуса и эффективности работы гидроусилителя в процессе управляемого курсового движения при выполнении стандартных маневров, исследовать зависимости показателей от параметров механизмов рулевого управления и оценивать эффективность принимаемых технических решений по совершенствованию их конструкции [7, 24].

2. Разработаны математические модели системы рулевого управления, новизна которых заключается в детальном описании физических свойств регулятора расхода гидроусилителя как автоматического устройства стабилизации расхода рабочей жидкости с отрицательной обратной связью по давлению [1, 3, 7, 17, 24]. Предложенная модель позволила выявить причины снижения эффективности работы гидроусилителя и ухудшения функциональных свойств рулевого управления в процессе эксплуатации. Установлено, что это происходит вследствие дестабилизации режима регулирования расхода, обусловленной автоматической перенастройкой регулятора на другой режим дозирования при высоких температурах из-за увеличения зазора a_0 в сопряжении золотник – корпус регулятора, а при низких температурах – из-за роста линейной составляющей потерь давления в магистрали основного дросселя [1, 3, 23, 24].

3. В результате исследований влияния зазоров в регуляторе расхода на управляемость троллейбусов и эффективность работы гидроусилителя установлено, что при увеличении зазора a_0 в 2 раза с 12 до 24 мкм время регулирования t_p , соответствующее повороту управляемых колес на максимальный угол из нейтрального положения, продольная координата машины X при совершении маневра и средний КПД гидроусилителя $\eta_{г.у.ср}$ изменяются следующим образом [7]:

– гидроусилитель МАЗ–5335 – t_p возрастает с 3,86 до 9,16 с, X возрастает с 11,01 до 21,62 м, $\eta_{г.у.ср}$ снижается с 0,67 до 0,27;

– гидроусилитель МАЗ–6422 – t_p возрастает с 2,93 до 8,02 с, X возрастает с 9,01 до 20,87 м, $\eta_{г.у.ср}$ снижается с 0,75 до 0,36.

Установлено, что при номинальных параметрах троллейбусы с гидроусилителем МАЗ–5335 имеют более низкие показатели управляемости. Для их улучшения целесообразно в гидроусилителе использовать насос с подачей не менее 16 л/мин.

4. Исходя из нормативных требований к показателю управляемости $t_p \leq 4$ с определены предельно допустимые значения зазоров a_0 в регуляторе расхода и распределителе и соответствующие им значения расходов утечек $Q_{ут1}$, $Q_{ут2}$, Q_{Σ} , в л/мин, при которых обеспечивается работоспособность гид-

роусилителя. Для гидроусилителя МАЗ–5335 их значения составляют: $a_0 = 15$ мкм; $Q_{ут1} = 0,038$; $Q_{ут2} = 0,85$; $Q_{\Sigma} = 0,89$; а для МАЗ–6422 – $a_0 = 18$ мкм; $Q_{ут1} = 0,095$; $Q_{ут2} = 2,29$; $Q_{\Sigma} = 2,39$. Эти значения могут быть использованы при диагностировании технического состояния гидроусилителя и его механизмов [7, 24].

5. Установлено, что наибольшее влияние на величину $Q_{p,p}$ оказывают параметры основного дросселя. При изменении диаметра дросселя в пределах ± 15 % от номинального значения $Q_{p,p}$ меняется на 55 % [3]. В результате разработаны конструктивные решения по регулятору расхода, позволяющие стабилизировать его выходную характеристику $Q_{p,p}$ [21, 31]. Для компенсации влияния утечек в регуляторе расхода предложено ввести регулируемый основной дроссель вместо дросселя постоянного сечения, а для компенсации влияния температуры рабочей жидкости – увеличить диаметр гидромагистрали регулятора расхода гидроусилителя МАЗ–5335 с 6 до 10 мм, МАЗ–6422 – с 8,7 до 14 мм [7, 24, 26].

6. Разработана методика испытаний гидроусилителя рулевого управления, позволяющая, в отличие от известных, определять нагрузочную характеристику гидроусилителя и гидравлические характеристики всех его компонентов, оценивать их техническое состояние и осуществлять регулировочные и наладочные работы. Для реализации методики разработана конструкция стенда [2, 4, 5, 6, 8...11, 14, 16, 18, 19, 21, 22, 27]. Испытания опытных образцов гидроусилителя на созданном стенде подтвердили эффективность предложенных решений по конструкции регулятора расхода.

Рекомендации по практическому использованию результатов

1. Разработанные математические модели системы рулевого управления с гидроусилителем и результаты исследований, выполненных на их основе, переданы для использования при проектировании новых гидроусилителей на РУП «Минский автомобильный завод», РУПП «Борисовский завод «Автогидроусилитель» и УП «Белкоммунмаш».

2. Разработанный стенд [27] и методика для проведения испытаний гидроусилителей и их компонентов (насоса, регулятора расхода, распределителя, гидроцилиндра) внедрены в УКПП «Бобруйское троллейбусное управление» и МГКУП «Горэлектротранспорт» (г. Могилев). Годовой экономический эффект от использования стендов на этих предприятиях в ценах 2008 г. составил соответственно 1324990 руб. и 2915330 руб.

3. Разработанные технические решения, направленные на улучшение функциональных свойств системы рулевого управления троллейбуса и повышение эффективности работы гидроусилителя [15, 20, 28...31], могут быть использованы на предприятиях, занимающихся проектированием и производством гидроусилителей для мобильных машин различного назначения.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в журналах из перечня ВАК

1. Мрочек, Т. В. Исследование характеристик регулятора расхода гидроусилителя рулевого управления / Т. В. Мрочек // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 1. – С. 171-175.

2. Мрочек, В. И. Методика и стенд для общего и поэлементного диагностирования гидроусилителя рулевого управления / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Вестн. МГТУ. – 2005. – № 2. – С. 117-122.

3. Мрочек, Т. В. Разработка математической модели и исследование характеристик гидроусилителя рулевого управления / Т. В. Мрочек // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2008. – № 3. – С. 21-29.

4. Тарасик, В. П. Методика и стенд для испытаний гидроусилителей рулевого управления / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Вестн. Брянского государственного технического университета. – 2008. – № 3. – С. 51-58.

5. Тарасик, В. П. Совершенствование системы испытаний и прогнозирование остаточного ресурса гидроусилителя рулевого управления / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Вестн. Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – № 3. – С. 107-112.

6. Мрочек, Ж. А. Прогнозирование параметрической надежности гидроусилителя рулевого управления мобильной машины / Ж. А. Мрочек, В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Вестн. Белорусского национального технического университета. – 2008. – № 5. – С. 28-35.

7. Тарасик, В. П. Исследование функциональных свойств рулевого управления троллейбуса / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Вестн. Белорус.-Рос. ун-та. – 2009. – № 2. – С. 13-23.

Сборники трудов

8. Мрочек, В. И. Моделирование нагрузки на стенде для диагностирования гидроусилителя рулевого управления / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Перспективные технологии, материалы и системы : Белорус.-Рос. ун-т ; сб. науч. тр. / редкол. : И. С. Сазонов [и др.]. – Могилев, 2005. – С. 241-245.

Материалы конференций

9. Мрочек, В. И. Разработка универсального стенда для диагностирования гидроусилителей рулевых управлений мобильных машин / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Новые конкурентоспособные и прогрессивные технологии, машины и механизмы в условиях современного рынка : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : ММИ, 2000. – С. 388.

10. Мрочек, В. И. Анализ неисправностей и восстановление работоспособности устройств гидроусилителя троллейбуса / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Создание и применение высокоэффективных наукоемких ресурсосберегающих технологий, машин и комплексов : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : ММИ, 2001. – С. 245.

11. Мрочек, В. И. Стенд для определения расходно-перепадных характеристик гидравлических устройств / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Современные технологии, машины и материалы для зимнего содержания автомобильных дорог : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : МГТУ, 2003. – С. 66.

12. Мрочек, Т. В. Математическая модель гидроусилителя рулевого управления / Т. В. Мрочек // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы республиканской науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2005. – С. 151.

13. Мрочек, В. И. Моделирование регулятора расхода рулевого управления / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2005. – Ч. 1. – С. 259.

14. Мрочек, Т. В. Стенды для диагностирования гидроусилителей рулевых управлений / Т. В. Мрочек // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы республиканской науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студентов. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – С. 140.

15. Мрочек, В. И. Совершенствование конструкции распределителя гидроусилителя рулевого управления / В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – Ч. 2. – С. 58.

16. Тарасик, В. П. Стендовые испытания гидроусилителей рулевых управлений / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2006. – Ч. 2. – С. 59.

17. Мрочек, Т. В. Математическое моделирование гидроусилителя рулевого управления / Т. В. Мрочек // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : материалы республиканской науч.-техн. конф. молодых ученых. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – С. 68.

18. Мрочек, Т. В. Требования к стенду для испытаний гидроусилителей рулевых управлений / Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Белорус.-Рос. ун-т, 2007. – Ч. 2. – С. 44.

19. Тарасик, В. П. Испытания гидроусилителей рулевых управлений мобильных машин / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек // Проблемы качества машин и их

конкурентоспособности : материалы 6-й Междунар. науч.-техн. конф. – Брянск : БГТУ, 2008. – С. 447-448.

20. Мрочек, Т. В. Энергосбережение на транспорте через совершенствование конструкций и средств испытаний гидроусилителей рулевого управления / Т. В. Мрочек // Информационные технологии, энергетика и экономика : сб. тр. V Межрег. науч.-техн. конф. студентов и аспирантов : в 3 т. – Смоленск, 2008. – Т. 2. – С. 93-96.

21. Мрочек, Т. В. Повышение безопасности движения городского пассажирского транспорта путем совершенствования системы технического обслуживания и ремонта / Т. В. Мрочек // Материалы XI научной сессии преподавателей и студентов : сб. докл. : в 3 ч. – Витебск, УО ФПБ ВФ МИТСО, 2008. – Ч. 3. – С. 102-104.

22. Мрочек, Т. В. Прогнозирование надежности гидроусилителей рулевых управлений / Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2008. – Ч. 3. – С. 58.

23. Тарасик, В. П. Исследование гидроусилителя рулевого управления мобильной машины / В. П. Тарасик, В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика. Современное состояние и перспективы развития : материалы междунар. науч.-техн. конф. 5–7 июня 2008 г. – СПб. : Санкт-Петербургский гос. политехн. ун-т, 2008. – С. 177-179.

24. Мрочек, Т. В. Улучшение функциональных свойств рулевого управления троллейбусов путем стабилизации характеристики регулятора расхода гидроусилителя / Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 2. – С. 177-178.

25. Тарасик, В. П. Определение областей работоспособности гидроусилителей рулевого управления / В. П. Тарасик, В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 2. – С. 214.

26. Мрочек, Т. В. Температурная стабилизация характеристик гидроусилителя рулевого управления / Т. В. Мрочек, В. И. Мрочек // Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии : материалы междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : Беларус.-Рос. ун-т, 2009. – Ч. 2. – С. 179.

Патенты

27. Пат. 10413 РБ, С1 МПК (2006) G 01M 17/007, В 62D 5/06. Стенд для общего или поэлементного диагностирования гидроусилителей рулевого управления / В. П. Тарасик, В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек ; заявитель и патенто-

обладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № а 20060763 ; заявл. 21.07.2006 ; опубл. 02.28.2008, Бюл. № 1. – 14 с.

28. Пат. ВУ 5075 U , МПК (2006) В 62D 5/06. Гидрораспределитель гидравлического усилителя рулевого управления мобильной машины / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № и 20080632 ; заявл. 07.08.2008 ; опубл. 02.28.2009, Бюл. № 1. – 5 с.

29. Пат. ВУ 5082 U , МПК (2006) В 62D 5/06. Гидравлический усилитель рулевого управления мобильной машины / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № и 20080648 ; заявл. 12.08.2008 ; опубл. 02.28.2009, Бюл. № 1. – 3 с.

30. Пат. ВУ 5207 U , МПК (2006) В 62D 5/06. Гидравлический усилитель рулевого управления мобильной машины / В. П. Тарасик, Т. В. Мрочек ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № и 20080631 ; заявл. 07.08.2008 ; опубл. 04.30.2009, Бюл. № 2. – 3 с.

31. Пат. ВУ 5211 U , МПК (2006) В 62D 5/06. Регулятор расхода гидравлического усилителя рулевого управления мобильной машины / В. П. Тарасик, В. И. Мрочек, Т. В. Мрочек ; заявитель и патентообладатель Белорус.-Рос. ун-т. – № и 20080630 ; заявл. 07.08.2008 ; опубл. 04.30.2009, Бюл. № 2. – 4 с.

РЭЗІЮМЭ

МРОЧАК Таццяна Уладзіміраўна

ПАЛЯПШЭННЕ ФУНКЦЫЯНАЛЬНЫХ УЛАСЦІВАСЦЕЙ РУЛЯВОГА КІРАВАННЯ ТРАЛЕЙБУСАЎ ШЛЯХАМ СТАБІЛІЗАЦЫІ ХАРАКТАРЫСТЫКІ РЭГУЛЯТАРА РАСХОДУ ГІДРАЎЗМАЦНЯЛЬНІКА

Ключавыя словы: рулявое кіраванне, гідраўзмацняльнік, рэгулятар расходу, матэматычная мадэль, кіруемасць, тралейбус, метадыка даследаванняў, стэнд.

Мэта работы: паляпшэнне функцыянальных уласцівасцей рулявога кіравання тралейбуса шляхам стабілізацыі характарыстыкі рэгулятара расходу гідраўзмацняльніка за кошт выкарыстання тэхнічных рашэнняў, забяспечваючых павышэнне паказчыкаў кіруемасці тралейбуса і эфектыўнасці работы гідраўзмацняльніка.

Пры выкананні работы выкарыстоўваліся: метады матэматычнага мадэліравання стацыянарных і неўсталяваных працэсаў у гідра механічных сістэмах, тэарэтычнай механікі і тэорыі планавання эксперыменту; дысперсійны і рэгрэсійны аналіз рэзультатаў вылічальных і фізічных эксперыментаў, фізічнае мадэліраванне на спецыяльна створаным даследчым абсталяванні.

Атрыманія рэзультаты і іх навізна.

Распрацавана метадыка сістэмнага аналізу функцыянальных уласцівасцей рулявога кіравання з гідраўзмацняльнікам, дазваляючая даследаваць дынамічныя працэсы работы механізмаў рулявога кіравання і ацэньваць эфектыўнасць прымаемых тэхнічных рашэнняў па ўдасканалванню іх канструкцыі. Метадыка заснавана на матэматычным мадэліраванні працэсу кіруемага курсавога руху тралейбуса. Навізна матэматычных мадэляў заключаецца ў апісанні фізічных уласцівасцей рэгулятара расходу гідраўзмацняльніка як аўтаматычнага ўстройства стабілізацыі расходу рабочай вадкасці з адмоўнай адваротнай сувяззю па ціску. Гэта дазволіла правесці ўсебаковыя даследаванні працэсаў у гідраўзмацняльніке, выявіць прычыны парушэння працаздольнасці рэгулятара расходу, распрацаваць рэкамендацыі і тэхнічныя рашэнні па ўдасканалванню канструкцыі. Вызначаны гранічныя значэнні параметраў гідраўзмацняльніка, пры якіх забяспечваюцца патрэбныя паказчыкі кіруемасці. Распрацавана метадыка выпрабаванняў гідраўзмацняльнікаў, якая адрозніваецца тым, што ў ёй прадугледжана вызначэнне нагрузачнай характарыстыкі гідраўзмацняльніка і характарыстык усіх яго кампанентаў. Навізна тэхнічных рашэнняў па ўдасканалванню канструкцыі гідраўзмацняльніка і створанага стэнда абаронена патэнтамі на вынаходніцтва і карысныя мадэлі.

Атрыманія ў рабоце рэзультаты выкарыстоўваюцца ў арганізацыях, якія займаюцца праектаваннем і эксплуатацыяй рулявых кіраванняў з гідраўзмацняльнікамі.

РЕЗЮМЕ

МРОЧЕК Татьяна Владимировна

УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ ПУТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ

Ключевые слова: рулевое управление, гидроусилитель, регулятор расхода, математическая модель, управляемость, троллейбус, методика испытаний, стенд.

Цель работы: улучшение функциональных свойств рулевого управления троллейбуса путем стабилизации характеристики регулятора расхода гидроусилителя за счет применения технических решений, обеспечивающих повышение показателей управляемости троллейбуса и эффективности работы гидроусилителя.

При выполнении работы использовались: методы математического моделирования стационарных и неустановившихся процессов в гидромеханических системах, теоретической механики и теории планирования эксперимента; дисперсионный и регрессионный анализ результатов вычислительных и физических экспериментов; физическое моделирование на специально созданном испытательном оборудовании.

Полученные результаты и их новизна.

Разработана методика системного анализа функциональных свойств рулевого управления с гидроусилителем, позволяющая исследовать динамические процессы работы механизмов рулевого управления и оценивать эффективность принимаемых технических решений по совершенствованию их конструкции. Методика основана на математическом моделировании процесса управляемого курсового движения троллейбуса. Новизна математических моделей заключается в описании физических свойств регулятора расхода гидроусилителя как автоматического устройства стабилизации расхода рабочей жидкости с отрицательной обратной связью по давлению. Это позволило провести всесторонние исследования процессов в гидроусилителе, выявить причины нарушения работоспособности регулятора расхода, разработать рекомендации и технические решения по совершенствованию конструкции. Определены предельные значения параметров гидроусилителя, при которых обеспечиваются требуемые показатели управляемости. Разработана методика испытаний гидроусилителей, отличающаяся тем, что в ней предусмотрено определение нагрузочной характеристики гидроусилителя и характеристик всех его компонентов. Новизна технических решений по совершенствованию гидроусилителя и созданного испытательного стенда защищена патентами на изобретение и полезные модели.

Полученные в работе результаты используются в организациях, занимающихся проектированием и эксплуатацией рулевых управлений с гидроусилителями.

SUMMARY

MROCHAK Tatsiana Uladzimirana

IMPROVEMENT OF FUNCTIONAL PROPERTIES OF TROLLEYBUS STEERING CONTROL BY MEANS OF STABILIZATION OF THE FLUID FLOW REGULATOR CHARACTERISTIC OF THE HYDRAULIC STEERING BOOSTER

Key words: steering control, hydraulic steering booster, fluid flow regulator, mathematical model, controllability, trolleybus, testing procedure, stand.

The purpose of the research work is to improve functional properties of trolleybus steering control by means of stabilization of the characteristic of fluid flow regulator of hydraulic steering booster owing to the application of technologies providing an increase of indices of trolleybus controllability and operating benefits of the hydraulic steering booster.

While carrying out the work, there were applied methods of mathematical modelling of steady-state and unsteady processes in hydromechanical systems, of engineering mechanics and the theory of the experiment design, dispersion and regression analysis of the results of computational and physical experiments, physical simulation on the specially made testing equipment.

Obtained results and their novelty.

A system analysis procedure of functional properties of steering control with hydraulic steering booster allowing to investigate dynamic processes in steering control mechanisms and to estimate the effectiveness of taking engineering solutions on their construction perfection has been developed. The procedure is based on mathematical modelling of the process of the trolleybus controllable course movement. The novelty of mathematical models lies in the description of physical properties of fluid flow regulator of hydraulic steering booster as an automatic unit of flow rate stabilization with a degenerative feedback in pressure. It has allowed to carry out comprehensive investigation of hydraulic steering booster processes, to reveal the reasons of fluid flow regulator malfunction, to develop recommendations and technologies on the construction improvement. Ultimate hydraulic steering booster values under which the required indices of controllability are provided have been determined. The hydraulic steering booster testing procedure has been developed which envisages the determination of hydraulic steering booster load characteristic and of all its component characteristics. The novelty of engineering solutions for improvement of the hydraulic steering booster and the developed testing stand is protected by the patent for an invention and four useful model patents.

The results obtained in the research work are used in organizations which are engaged in design and maintenance of steering controls with hydraulic steering boosters.

МРОЧЕК Татьяна Владимировна

**УЛУЧШЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ
РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРОЛЛЕЙБУСОВ
ПУТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ
РЕГУЛЯТОРА РАСХОДА ГИДРОУСИЛИТЕЛЯ**

Автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 05.05.03
«Колесные и гусеничные машины»

Подписано в печать 28.05.2009 г. Формат 60x84/16/ Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл.-печ. л. 1,63. Уч.-изд. л. 1,6. Тираж 100 экз. Заказ №403.

Издатель и полиграфическое исполнение
Государственное учреждение высшего профессионального образования
«Белорусско-Российский университет»
ЛИ №02330/375 от 29.06.2004 г.
212000, г. Могилев, пр. Мира, 43.