

Рис. 3. Энергия движения автомобиля по городскому циклу Правил № 83 ООН:

1 — без рекуперации; 2 — с учётом рекуперации

Результаты такого расчёта для городского цикла приведены на рис. 3. Сопоставление кривых позволяет оценить возврат энергии рекуперации на аккумуляторную батарею, который может максимально составить 20 % в общем энергетическом балансе. Следует отметить, что в данном примере расчёт выполнен без

учёта заряда батарей от ДВС. Но в общем случае необходимо принимать во внимание алгоритм работы силовой установки, который такой заряд обязательно предусматривает. При этом мощность ДВС разделяется: одна часть идёт на генератор и далее на аккумуляторную батарею, другая — на тяговый электродвигатель.

Литература

1. Шабанов А.А. Выбор мощности для гибрида // Журнал "Энергоэффективность и энергосбережение", № 11—12. 2013. С. 83—86.
2. Ломакин В.В., Шабанов А.В., Шабанов А.А. К вопросу выбора мощности ДВС энергетической установки гибридных автомобилей // Журнал автомобильных инженеров. — 2013. — № 1 (78). — С. 26—29.
3. Карпунин К.Е. Принципы и алгоритм управления автомобилем с гибридной силовой установкой. Дис. ... канд. техн. наук. М.: МГТУ "МАМИ" 2008. 20 с.
4. Единые предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении выбросов загрязняющих веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателя. Правила № 83 ООН. Дата вступления в силу: 30 декабря 1992 года.
5. Ломакин В.В., Шабанов А.В., Шабанов А.А. К расчёту баланса мощности комбинированной энергоустановки гибридного автомобиля // Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 1 (84). — С. 24—27.

УДК 629.114

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ АВТОМОБИЛЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЮ

Кандидаты техн. наук **ГЕРАЩЕНКО В.В., КОВАЛЕНКО Н.А., ЛОБАХ В.П., БИЛЫК О.В.**

Белорусско-Российский университет (+375222-23-04-26)

Предложена усовершенствованная система автоматического управления скоростью движения автомобиля, обеспечивающая повышение его проходимости и производительности за счёт использования в системе такого информационного параметра, как приведённый к валу двигателя момент сопротивления движению.

Ключевые слова: автомобиль, система автоматического управления, момент сопротивления движению, проходимость, производительность, датчик крутящего момента, дифференцирующая цепь, триггер.

Gerashchenko V.V., Kovalenko N.A., Lobach V.P., Bilyk O.V. SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL OF VEHICLE SPEED DEPENDING ON THE RESISTANCE MOVEMENT

The improved system of automatic control of vehicle speed, providing the increase of its permeability and productivity through the system's use of such information as reduced to motor shaft moment of resistance to movement.

Keywords: car, an automatic control system, the moment of resistance, permeability, performance, torque sensor, a differentiating circuit, the trigger.

Основной недостаток известной и широко применяемой на автомобилях замкнутой автоматической системы управления скоростью — недостаточное её быстродействие, что в условиях эксплуатации отражается в таких свойствах, как проходимость и производительность.

Объясняется это тем, что при увеличении момента сопротивления движению автомобиля, а следовательно и приведённого момента к коленчатому валу ДВС (рис. 1), происходит снижение его угловой скорости в соответствии с дифференциальным уравнением 1-го порядка:

$$I_{\text{пр}} \frac{d\omega_{\text{д}}}{dt} = M_{\text{д}} - M_{\text{пр}}, \text{ где } I_{\text{пр}} \text{ — привёдённый к валу двигателя внутреннегo сгорания момент инерции всех поступательно и вращательно движущихся масс автомобиля; } \frac{d\omega_{\text{д}}}{dt} \text{ —}$$

производная от угловой скорости вращения вала двигателя; $M_{\text{д}}$ — вращающий момент двигателя внутреннего сгорания; $M_{\text{пр}}$ — приведённый к валу двигателя внутреннего сгорания момент сопротивления движению автомобиля.

График снижения угловой скорости коленчатого вала, которое про-

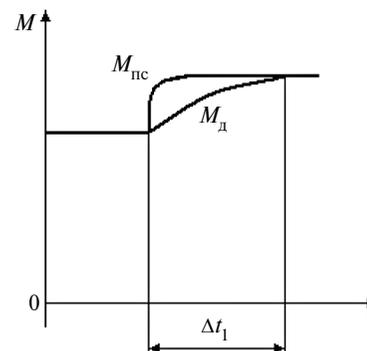


Рис. 1. Изменение моментов во времени при увеличении сопротивления движению автомобиля в известной системе управления

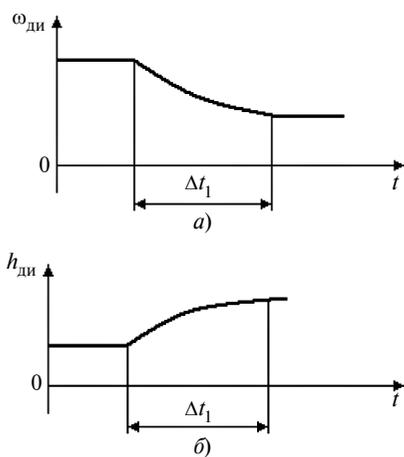


Рис. 2. Изменение частоты вращения коленчатого вала ДВС (а) и подачи топлива (б) при увеличении сопротивления движению автомобиля в известной системе управления

исходит за достаточно длительное время Δt_1 по аperiodической кривой первого порядка, приведён на рис. 2, а. При этом системой автоматического управления увеличивается подача топлива $h_{ди}$ за такое же время Δt_1 , в течение которого происходит и увеличение вращающего момента двигателя внутреннего сгорания до нового уровня приведённого к валу двигателя момента сопротивления $M_{пс}$ (рис. 2, б). Скорость движения автомобиля падает, соответственно, снижаются его проходимость и производительность. Это происходит из-за конструктивных особенностей применяемой на автомобилях системы автоматического управления с использованием датчика частоты вращения коленчатого вала [1]. Таким образом, возникает необходимость в снижении этого времени задержки в подаче топлива.

Для повышения быстродействия системы управления автoрами предлагается использовать такой информационный параметр, как приведённый к коленчатому валу двигателя момент сопротивления движению, величина которого может измеряться датчиком момента [2]. В зависимости от значения этого момента и формируются управляющие сигналы на изменение скорости движения.

Система управления (рис. 3) содержит последовательно кинематически соединённые двигатель 10 внутреннего сгорания с педалью 1 управления подачей топлива, корб-

ку 47 передач, главную передачу 48, ведущее колесо 46, сумматор 13 с двумя входами 11 и 14 и выходом 12, датчик 2 перемещения педали управления подачей топлива, выход 3 которого соединён с первым входом 11 сумматора 13; датчик 4 крутящего момента, установленный на упругом валу 31, соединяющем двигатель внутреннего сгорания с коробкой передач; последовательно соединённые усилитель 15 и электронный блок 22 управления; исполнительный элемент, выполненный в виде электромагнитной форсунки 32, ввёрнутой в камеру сгорания двигателя внутреннего сгорания, с обмоткой 33, соединённой с выходом электронного блока 22 управления; инвертор 23, выполненный на транзисторном усилителе 25 и резисторе 24 по схеме с общим эмиттером. При этом вход транзис-

торного усилителя 25 соединён с выходом датчика 4 крутящего момента, выход транзисторного усилителя 25 соединён со вторым входом 14 сумматора 13, а выход 12 сумматора 13 соединён с усилителем 15, образуя при этом соединении отрицательную жёсткую обратную связь по моменту.

Датчик 4 крутящего момента состоит из установленных по концам упругого вала 31 двигателя внутреннего сгорания металлических дисков 21, 42 с радиальными прорезями и выступами; преобразователей 20, 41 импульсных, установленных с обеспечением возможности прохождения выступов и прорезей каждого из дисков 21, 42 возле соответствующего преобразователя 20, 41; дифференцирующих цепей 9, 40 с отсекающими диодами 8, 29, соединённых с выходами

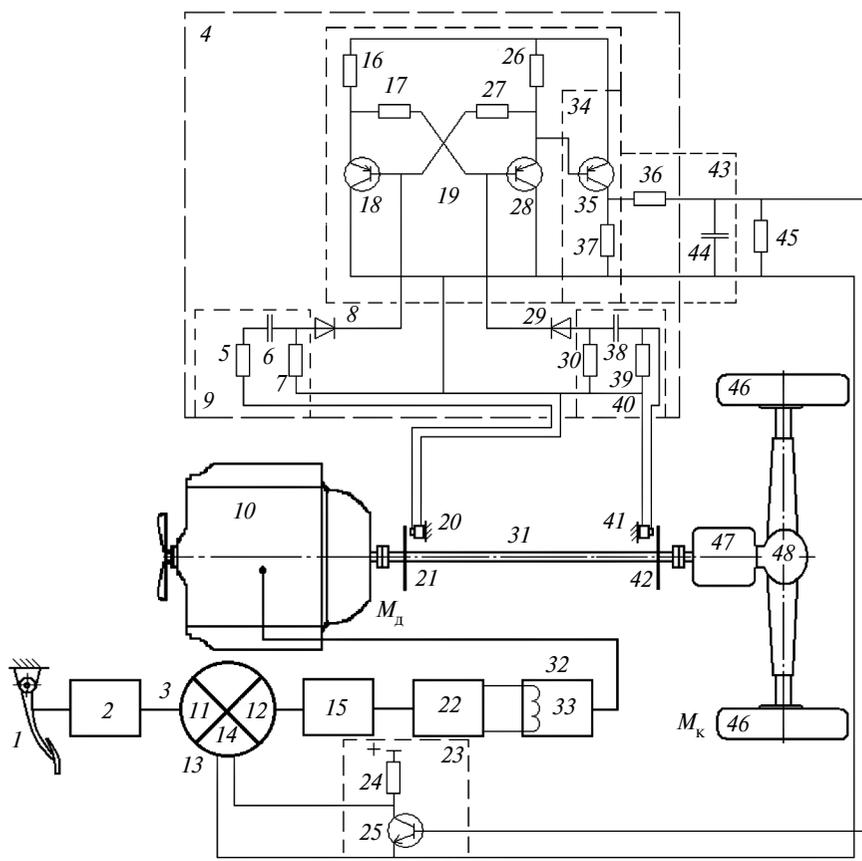


Рис. 3. Функциональная схема усовершенствованной автоматической системы управления скоростью автомобиля по моменту сопротивления движению:

1 — педаль управления подачей топлива; 2 — датчик перемещения педали; 3 — выход датчика перемещения педали; 4 — датчик момента; 5, 7, 16, 17, 24, 26, 27, 30, 36, 37, 39, 45 — резисторы; 6, 38, 44 — конденсаторы; 8, 29 — диоды; 9, 40 — дифференцирующие цепи; 10 — двигатель внутреннего сгорания; 11 — первый вход сумматора; 12 — выход сумматора; 13 — сумматор; 14 — второй вход сумматора; 15 — усилитель; 18, 25, 28, 35 — транзисторы; 19 — триггер; 20, 41 — импульсные преобразователи; 21, 42 — металлические диски с выступами и прорезями; 22 — электронный блок управления; 23 — инвертор; 31 — упругий вал; 32 — электромагнитная форсунка; 33 — обмотка электромагнитной форсунки; 34 — эмиттерный повторитель; 43 — интегрирующая цепь; 46 — ведущее колесо; 47 — коробка передач; 48 — главная передача

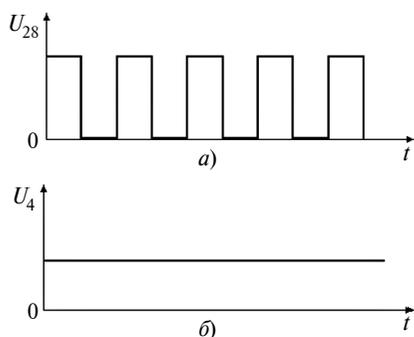


Рис. 4. Напряжение на выходе транзистора 28 (а) и на выходе датчика момента (б)

преобразователей 20, 41; триггера 19, выполненного на первом 18 и втором 28 транзисторах и четырёх резисторах 16, 17, 26, 27, при этом базы транзисторов 18, 28 соединены с выходами дифференцирующих цепей 9, 40; эмиттерного повторителя 34, выполненного на транзисторе 35 и резисторе 37, входом соединённого с выходом триггера 19; интегрирующей цепи 43, выполненной на резисторе 36 и конденсаторе 44, выходного резистора 45. Дифференцирующая цепь 9 включает резисторы 5, 7 и конденсатор 6. Дифференцирующая цепь 40 — резисторы 30, 39 и конденсатор 38.

Крутящий момент на упругом валу 31 двигателя внутреннего сгорания измеряется следующим образом. В исходном состоянии транзистор 18 триггера 19 закрыт, а транзистор 28 открыт. Поэтому напряжение на коллекторе транзистора 28 равно нулю, а на коллекторе транзистора 18 принимает максимальное значение. При вращении вала 31 и нагружении его моментом диск 21 проходит выступом возле преобразователя 20 и на его выходе появляется первый импульс. Он дифференцируется цепью 9, на выходе которой образуются два разнополярных импульса. Выходной сигнал цепи 9 выпрямляется диодом 8, образуя положительный импульс, который подаётся на базу транзистора 18. Транзистор 18 открывается, а транзистор 28 закрывается, поэтому на коллекторе транзистора 28 появляется положительное напряжение.

При нагружении моментом упругий вал 31 закручивается на угол, пропорционально приложенному моменту. Поэтому диск 42 поворачивается относительно диска 21 и на

выходе преобразователя 41 формируется импульс, имеющий фазовое смещение относительно первого импульса, сформированного преобразователем 20, он дифференцируется цепью 40, на выходе которой появляются два разнополярных импульса напряжения. Далее полученное напряжение выпрямляется диодом 29, образуя после диода положительный импульс, который подаётся на базу транзистора 28. Транзистор 28 открывается, а транзистор 18 закрывается. В результате происходит формирование на коллекторе транзистора 28 прямоугольного импульса, длительность которого пропорциональна величине крутящего момента в данный момент времени. Далее формирование прямоугольных импульсов (рис. 4, а) на выходе триггера 19 происходит аналогично описанному выше. Полученные прямоугольные импульсы подаются на вход интегрирующей цепи 43 посредством эмиттерного повторителя 34, с помощью которого выполняется согласование высокого сопротивления на выходе триггера 19 с низким сопротивлением интегрирующей цепи 43. На выходе интегрирующей цепи 43 и на выходном ре-

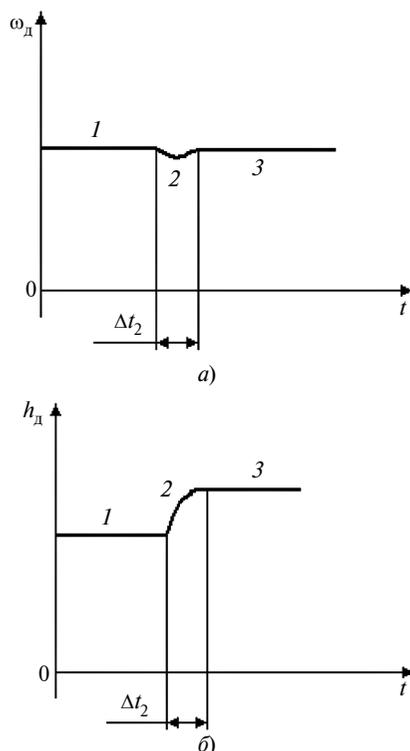


Рис. 5. Изменение угловой скорости коленчатого вала ДВС (а) и увеличение подачи топлива (б) при увеличении сопротивления движению автомобиля в предлагаемой системе управления

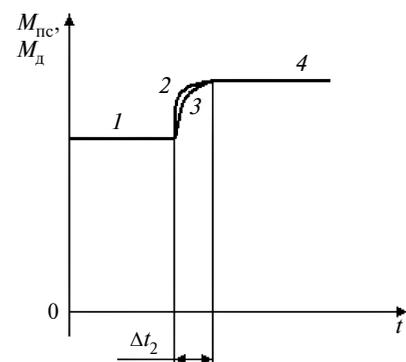


Рис. 6. Изменение моментов во времени при увеличении сопротивления движению автомобиля в предлагаемой системе управления

зисторе 45 формируется напряжение (рис. 4, б), уровень которого пропорционален крутящему моменту на валу двигателя 1 внутреннего сгорания.

С помощью датчика 4 крутящего момента, установленного на упругом валу, измеряется крутящий момент. А с помощью сумматора 13 непрерывно происходит операция вычитания напряжения с выхода датчика 2 перемещения педали из напряжения, подаваемого посредством транзисторного усилителя 25 на вход 14 сумматора 13. На выходе сумматора формируется управляющее напряжение рассогласования в виде разности этих напряжений.

При равенстве напряжения с выхода датчика 2 перемещения педали, подаваемого на вход 11 сумматора и напряжения с выхода транзисторного усилителя 25 на вход 14 сумматора, напряжение на выходе 12 сумматора равно нулю. Автомобиль при этом движется с постоянной скоростью, соответствующей угловой скорости вращения двигателя ω_d (отрезок 1 на рис. 5, а), так как прямоугольные импульсы напряжения, формируемые электронным блоком управления и подаваемые на обмотку 33 электромагнитной форсунки 32, имеют одинаковую длительность и этим обеспечивается постоянная по величине подача топлива h_d (отрезок 1 на рис. 5, б) в цилиндры двигателя. При этом вращающий момент M_d двигателя равен приведённому к валу двигателя моменту $M_{прс}$ сопротивления (отрезок 1 на рис. 6).

При увеличении момента M_k сопротивления движению автомобиля от внешних факторов, а следовательно, и увеличении приведённого

момента сопротивления $M_{\text{пс}}$ (кривая 2 на рис. 6) на упругом валу 31 по отношению к вращающему моменту двигателя 10, на выходе датчика момента увеличивается напряжение. Оно прикладывается к входу транзисторного усилителя 25 инвертора 23. Поэтому на выходе транзисторного усилителя напряжение снижается, оно подаётся на вход 14 сумматора и вычитается из напряжения, подаваемого на вход 11 сумматора. На выходе сумматора появляется положительное напряжение, равное разности подаваемых на входы 11 и 14 напряжений, которое подаётся на усилитель 15.

На выходе электронного блока управления 22 увеличится длитель-

ность формируемого им прямоугольного импульса, подача топлива $h_{\text{д}}$ (кривая 2 на рис. 5, б) увеличивается за время Δt_2 , значительно меньшее, чем в известной системе управления автомобилем. По истечении этого времени вращающий момент $M_{\text{д}}$ двигателя возрастает (кривая 3 на рис. 6) и становится равным новому увеличенному моменту сопротивления (отрезок 4). Угловая скорость вращения вала двигателя практически не снижается (кривая 2 на рис. 5, а) и далее становится постоянной (отрезок 3).

Таким образом, за счёт оперативного, практически без замедления, увеличения вращающего момента двигателя при увеличении приве-

дённого к его валу момента сопротивления движению автомобиля с применением отрицательной жёсткой обратной связи, содержащей инвертор, повышается проходимость и производительность автомобиля и достигается соответствующий экономический эффект.

Литература

1. Усовершенствованная система автоматического управления скоростью движения автомобиля / Герашенко В.В. [и др.] // Автомобильная промышленность. — 2017. — № 2. — С. 11—13.
2. Экологичное и топливосберегающее технологическое оборудование автомобильного транспорта / В.В. Герашенко [и др.]. — СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2016. — С. 16—20.

УДК 629.113

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ СЦЕПНЫХ УСТРОЙСТВ МАЛОТОННАЖНЫХ АВТОПОЕЗДОВ ПО КРИТЕРИЯМ НАДЁЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ

Д-р техн. наук ГОДЖАЕВ З.А.,
кандидаты техн. наук МИХОЛАП Л.А. и КОМАРОВ Ю.Я.,
КОРОЛЯШ В.А., ВОЛЧКОВ В.М.
ФНАЦ ВИМ, Волгоградский ГТУ (fic51@mail.ru)

Рассматриваются вопросы конструирования сцепных устройств малотоннажных автопоездов с одноосным прицепом, обеспечивающих высокую маневренность и безопасность движения. Рассчитаны максимальные усилия в дышло и управляемых элементах сцепного устройства при экстренном торможении, при критических радиусах поворота с максимальной загрузкой прицепа в сложных дорожных условиях. Выполнено математическое моделирование движения автопоезда. Результаты моделирования подтверждены натурными испытаниями.

Ключевые слова: автопоезд, сцепное устройство, надёжность маневренности, гибкая управляемая связь.

Godzhaev Z.A., Miholap L.A., Komarov Yu.Ya., Korolash V.A., Volchkov V.M. PECULIARITIES OF CONSTRUCTION OF CONTROLLED CLUTCH DEVICES OF LOW-TONNAGE TRAILERS ON RELIABILITY AND SAFETY CRITERIA

The article deals with the design of coupling devices for small tonnage trains with a uniaxial trailer, which ensure high maneuverability and traffic safety. The maximum forces in the drawbar and controllable elements of the coupling are calculated for emergency braking, with critical turning radii with maximum load of the trailer in difficult road conditions. A mathematical simulation of the movement of the road train is performed. The simulation results are confirmed by field trials.

Keywords: low-tonnage trailer, hitch-coupling, reliability, maneuverability, flexible controlled coupler.

Автопоезда давно и успешно применяются для перевозок самых различных грузов вплоть до крупногабаритных. Вопросы их маневренности хорошо изучены специалистами. Однако этого нельзя сказать об автопоездах малотоннажных — с небольшими прицепами простых конструкций, которые имеют свою специфику при маневрировании на небольшой площади и в городских условиях, изобилующих частыми поворотами и узкими проездами, а также при движении задним ходом, и особенно при перевозке невибробстойких грузов по пересеченной местности.

Для анализа надёжности управляемых сцепных устройств малотоннажных автопоездов рассмотрим конструкцию с управляемой гибкой связью, совместно с дышлом [1—4] позволяющую осуществлять движение автопоезда с максимально возможными скоростями при перевозке особо опасных, а также нестандартных грузов в различных дорожных условиях, в том числе в городских кварталах с ограниченными расстояниями между домами, а также при движении задним ходом.

На кафедре автомобильного транспорта Волгоградского ГТУ разработана и апробирована конструкция, показанная на рис. 1. Данное устройство выполнено по модульному принципу и может крепиться на передний борт существующих прицепов. В состав устройства входят следующие основные элементы: электрический или гидравлический усилитель руля с блоком управления автомобиля-тягача; электродвигатель с блоком управления, который устанавливается на прицепе, и связан с блоком управления тягача; направляющие и натяжные устройства; управляемый трос; дышло.

При движении автомобиля сигнал с блока управления 2 усилителя руля 1 поступает на блок управления 4 двигателя 3 (на прицепе), на хвостовике которого установлен шкив 6. При повороте шкива трос 11