

Астраханского государственного технического университета, Сер.: Морская техника и технология. – 2009. – № 1. – С. 147 – 150.

11. Луканин В.Н., Шатров М.Г. Двигатели внутреннего сгорания. Книга 2. Динамика и конструирование. – М.: Высш. шк., 2007. – 400 с.

### **Эффективность применения комбинированной энергетической установки при экстренном торможении**

к.т.н. доц. Дементьев Ю.В., к.т.н. доц. Круташов А.В, Деев О.И.

Университет машиностроения

oleg-deev@ro.ru

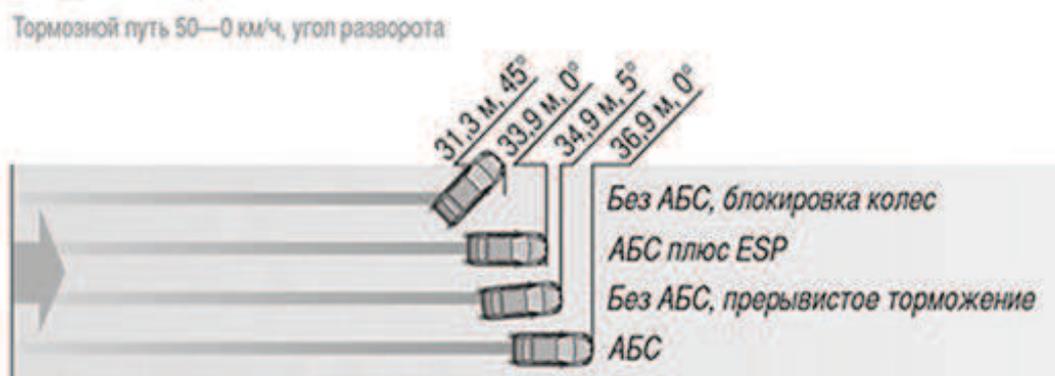
*Аннотация.* В статье рассмотрена эффективность применения комбинированной энергетической установки с функцией несимметричного изменения потока мощности при торможении на покрытиях с разными коэффициентами сцепления.

*Ключевые слова:* экстренное торможение, КЭУ, несимметричная тяга, АБС

Безопасность автомобиля во многом зависит от его способности быстро затормозить, сохраняя при этом первоначальную траекторию движения. В связи с этим в настоящее время широкое распространение в автомобилестроении получили антиблокировочные системы (АБС), которые позволяют сохранить габаритный коридор в случае различного сцепления колёс автомобиля с дорогой. Для ряда категорий транспортных средств (грузовые автомобили, автобусы, тяжёлые прицепы и полуприцепы) они являются обязательными элементами конструкции. АБС нашли широкое применение и в легковых автомобилях, начиная от автомобилей бюджетной ценовой категории и заканчивая автомобилями класса люкс, в последних АБС также дополняется системой курсовой устойчивости. Основное назначение АБС – сохранить прямолинейную траекторию движения автомобиля при экстренном торможении, т.е. предотвратить неуправляемый занос.

Эффективность данной системы растет с уменьшением коэффициента сцепления с дорогой, на снежном покрытии или льду данная система незаменима, однако преимущество в виде сохранения прямолинейной траектории нивелируется увеличением тормозного пути. Например, на снежном покрытии при торможении со скорости 50 км/ч на шипованных шинах разница тормозного пути между испытуемым автомобилем с АБС и без данной системы составляет более 5м (рисунок1).

#### **Экстренное торможение**



**Рисунок 1. Экстренное торможение с электронными системами и без них**

Система курсовой устойчивости (ESP) сокращает тормозной путь, однако она не в состоянии в полной мере реализовать такие функции, как:

- подтормаживание определенных колес;
- изменение крутящего момента двигателя;
- изменение угла поворота передних колес (при наличии системы активного рулевого

управления).

В работах [1, 2] рассмотрена комбинированная энергетическая установка с функцией несимметричного изменения потока мощности через межколесный дифференциал, а также описана логика управления автомобилем при движении по криволинейной траектории. В частности, статья [1] посвящена исследованию возможности наиболее эффективного использования обратимых электромашин, работающих в составе КЭУ с функцией несимметричного изменения потока мощности, для контроля траектории криволинейного движения автомобиля с целью повышения его управляемости и устойчивости. При проведении исследования были использованы программы Adams Car и Adams View.

Используя аналогичный подход, в программах Adams Car и Adams View была произведена симуляция поведения автомобиля при экстренном торможении с учетом возможностей комбинированной энергетической установки в части несимметричного распределения крутящего момента, в т.ч. тормозного, и предложена необходимая логика управления этим процессом. Практической ценностью данного исследования является заметное сокращение тормозного пути автомобиля по сравнению со случаями, приведенными на рисунке 1, а также описание оптимальной логики управления КЭУ в ситуации экстренного торможения для конкретного класса автомобилей.

Алгоритм управления выходными параметрами КЭУ при экстренном торможении предлагается рассматривать в зависимости от величин угла разворота автомобиля  $\alpha$  относительно траектории движения его центра масс, сноса  $\Delta os$  относительно средней линии автомобиля, скоростей перемещения проекций скорости точек контакта колес  $O_{ij}$  относительно осей трехгранников  $O_{ij}x_{ij}y_{ij}z_{ij}$  (рисунок 2), где значения  $ij$  характеризуют переднее/заднее и правое/левое колесо, соответственно.

Рассматриваются два режима работы КЭУ:

- разворот автомобиля относительно идеальной, математически смоделированной траектории его движения менее чем на 5 градусов ( $\alpha < 5^\circ$ ) и приращение заноса менее  $B$  ( $\Delta os < B$ , где  $B$  – колея автомобиля);
- разворот автомобиля от идеальной, математически смоделированной траектории на 5 и более градусов без необходимости оценки параметра  $B$  ввиду перехода в продолжительный занос, характеризующийся большим начальным значением запаса кинетической энергии  $E_{кн}$  транспортного средства и продолжительность процесса  $t$ . Для оценки положения автомобиля относительно математической траектории были использованы следующие датчики (рисунок 2).

Данные параметры были внесены как динамические в программу Adams. Помимо этого были заданы следующие параметры:  $V_{ms}$  – максимальная скорость, с которой начинался процесс торможения;  $M$  – масса автомобиля;  $\phi$  – коэффициент сцепления колес с дорогой;  $Pem$  – мощность каждой из обратимых электромашин.

Такие параметры, как координаты центра масс и центра крена, размеры (радиусы) колёс с учётом деформации шин, коэффициент аэродинамического сопротивления, определяются автоматически на основе динамических параметров в зависимости от математической модели и режимов работы. Параметры пневмоэлементов выбраны из стандартной библиотеки программного комплекса Adams.

Алгоритм работы при отклонении автомобиля от заданной в программе траектории менее чем на 5 градусов следующий:

- система считывает и анализирует выходные параметры;
- КЭУ переводит левую и правую электромашин в режим генератора, создавая несимметричную нагрузку;
- КЭУ переводит левую и правую электромашин в режим обратной электротяги, угловые скорости на полуосях в данном случае должны иметь противоположный знак, нежели угловая скорость на полуосях при движении автомобиля в обычном режиме. Вследствие создания несимметричной тяги появляется поворачивающий момент в сторону, обратную стороне разворота автомобиля.

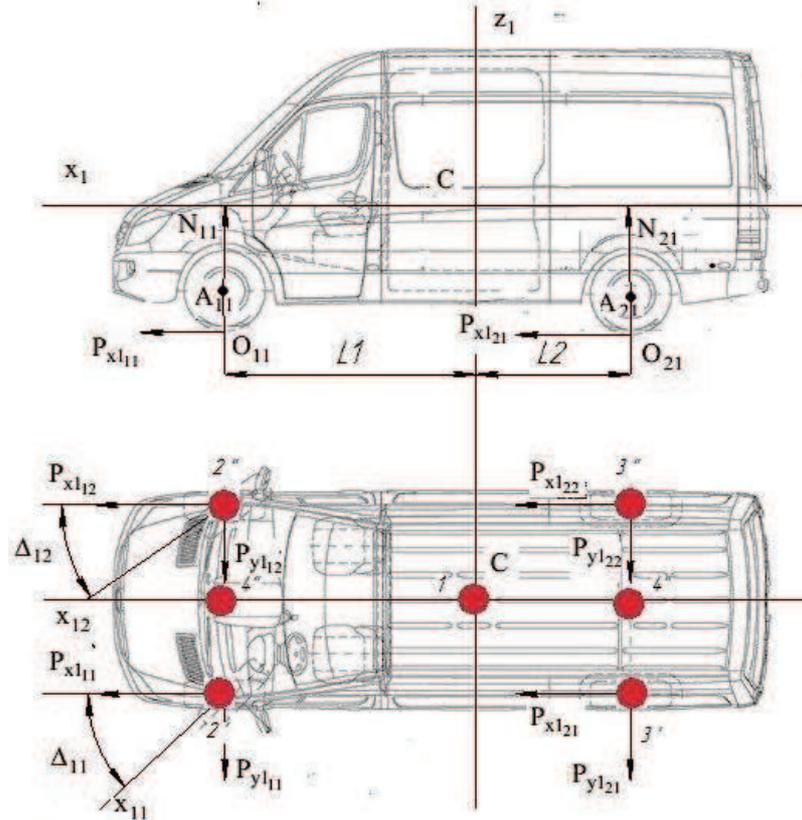


Рисунок 2. Расположение датчиков на автомобиле:

- 1 – гироскоп в центре масс автомобиля; 2 – датчики положения штока амортизатора;
- 3 – датчики угловых скоростей; 4 – гироскоп в геометрическом центре переднего и заднего мостов

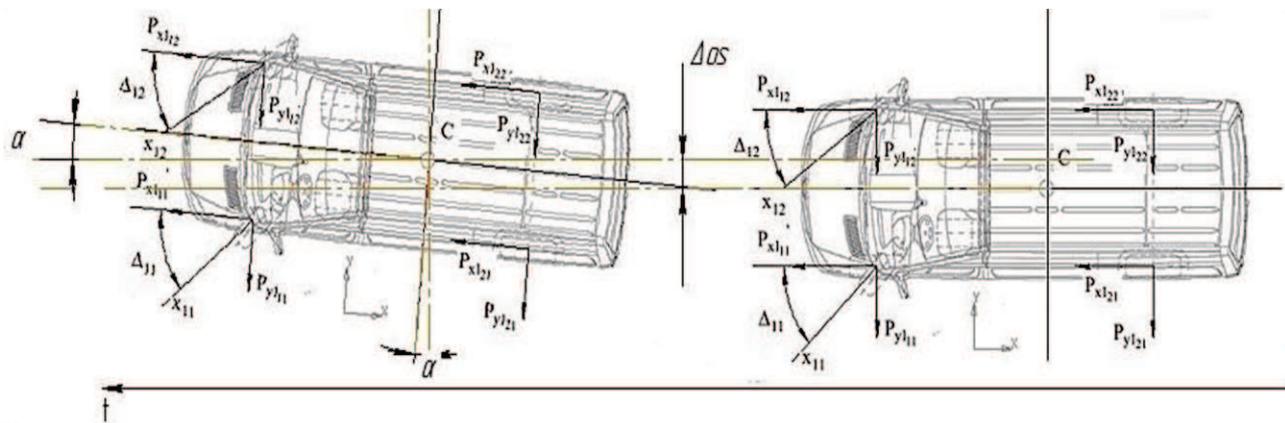


Рисунок 3. Изменение положения автомобиля в конкретный момент времени

Алгоритм работы при отклонении автомобиля от заданной в программе траектории более чем на 5 градусов следующий:

- система считывает и анализирует выходные параметры;
- КЭУ переводит одну из сторон в режим генератора, вторую – в режим электротяги. Угловые скорости должны быть противоположны по знаку;
- КЭУ переводит обе стороны в режим обратной электротяги (рисунок 3).

Моделирование строится на основании алгоритма предотвращения заноса автомобиля, описанного в статье [2], и математической модели движения заноса автомобиля [6] при изменении параметра  $T$  (момент на ведущих колесах). Суммарный момент на  $ij$  колесе с учетом работы ДВС и электродвигателей:

$$T_{i2j2} = T_{i0j0} + T_{i1j1},$$

где:  $T_{i0j0}$  – момент на  $ij$  колесе только от двигателя внутреннего сгорания (параметр равен 0);

$T_{i1j1}$  – момент на  $ij$  колесе с только от электродвигателя.

$$I_{ij} \frac{d\Omega_{ij}}{dt} = -P_{x_{ij}}(R - \zeta_{ij}) + T_{i0j0} \pm T_{i1j1}.$$

Пусть  $P_{x_{ij}}(R - \zeta_{ij}) = K$ , тогда

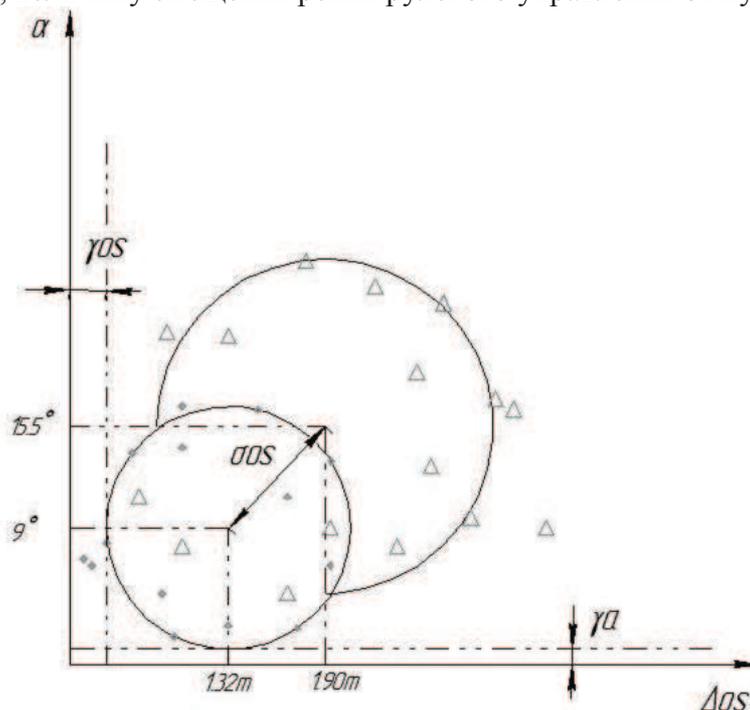
$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{A+T_{i2j2}}{I}.$$

Продифференцируем уравнение:

$$\int \frac{d\Omega}{K+T_{i2j2}} = \int \frac{dt}{I},$$

$$\frac{1}{K+T_{i2j2}} \Omega = \frac{1}{I} t + \text{Const.}$$

Зависимость нелинейная, вследствие этого необходимо учитывать дополнительные параметры, например, величину смещения рейки рулевого управления от нулевого положения.



**Рисунок 4. Распределение точек замера отклонений от математической модели движения ТС при использовании традиционной системы курсовой устойчивости и комбинированной энергетической установки:**

$\Delta_{os}$  – отклонение от проекции плоскости XZ;  $\alpha$  – угол поворота кузова автомобиля относительно проекции плоскости YZ;  $\gamma_{os}$  – допустимая величина сноса кузова автомобиля без перехода в неуправляемый занос;  $\gamma_{\alpha}$  – допустимый угол поворота кузова автомобиля, обусловленный изменением положения центра масс при маневре автомобиля;  $\sigma_{os}$  – отклонения между идеальными случаями с использованием КЭУ и традиционной системой курсовой устойчивости (чем больше данный параметр, тем выше эффективность КЭУ на данном участке)

Согласно результатам проведенных расчетных исследований с заданными параметрами тормозной путь со скорости 100 км/ч до 0 км/ч на сухом покрытии сократился с 58,8 м (АБС) до 51,2 м (КЭУ). При торможении без АБС машина уходила в занос, разворот автомобиля относительно заданной траектории составил 60,8 градуса.

Следует отметить, что использование данной системы на обледенелом покрытии эффективно только на скоростях до 60 км/ч из-за большого начального запаса кинетической энергии автомобиля и низких сцепных свойств колес автомобиля с дорогой.

На рисунке 4 изображен график распределения точек приращеня отклонения от идеальной математической траектории с учетом поворота транспортного средства относительно проекции плоскости YZ на обледенелом покрытии.

Меньшая окружность, изображенная на рисунке 4, представляет из себя область определения значений изменения центра масс автомобиля с КЭУ (идеальный случай), большая окружность – автомобиля с традиционной системой курсовой устойчивости и АБС (идеальный случай).

Вследствие того, что запас хода на аккумуляторных батареях ограничен, рациональным было бы использовать КЭУ вместе с системой АБС или иметь резерв электроэнергии на случай внештатных ситуаций.

### Заключение

Использование комбинированной энергетической установки вместо или вместе с системой АБС существенно уменьшает тормозной путь автомобиля в случае торможения в экстренной ситуации, что повышает активную безопасность автомобиля.

К недостаткам данного метода можно отнести активное вмешательство системы управления КЭУ в поведение автомобиля, таким образом логика срабатывания данной установки должна быть тщательно изучена и систематизирована в зависимости от входных параметров.

### Литература

1. Дементьев Ю.В., Круташов А.В., Деев О.И. Комбинированная энергетическая установка с функцией несимметричного изменения потока мощности через межколесный дифференциал // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. №3(21). т. 1.
2. Дементьев Ю.В., Круташов А.В., Деев О.И. Логика управления КЭУ и оценка эффективности модульной комбинированной энергетической установки при выборе электродвигателей определенного диапазона мощности. Известия МГТУ «МАМИ». 2014. №3(21). т.1.
3. Бахмутов С.В., Селифонов В.В. Экологически чистый городской автомобиль с гибридной силовой установкой // НТП «Виращ-центр». – 2001. №7.
4. Липпман С., Ладойе Ж., Му Б. С++ программирование, 2007. – 580 с.
5. Дастин Э., Ржшка Дж., Пол Дж. Автоматизированное тестирование программного обеспечения, 2003. – 367 с.
6. Влахова А.В., Новожилов И.В., Смирнов И.А. Математическое моделирование заноса автомобиля // Вестник Московского университета. Сер. 1. Математика. Механика. – 2007. №6.

### **Определение расхода топлива лёгкого коммерческого грузового автомобиля на заданном маршруте**

д.т.н. проф. Кравец В.Н., д.т.н. проф. Мусарский Р.А., Мошков П.С., Торопов Е.И.  
*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*  
(+7 831) 462-33-68, [musarsky@list.ru](mailto:musarsky@list.ru)

*Аннотация.* В статье изложены результаты расчёта и экспериментального определения расхода топлива лёгкого коммерческого грузового автомобиля на заданном загородном маршруте движения.

*Ключевые слова:* расход топлива, лёгкий коммерческий грузовой автомобиль, характеристика маршрута движения, динамическая характеристика автомобиля, топливно-экономическая характеристика автомобиля, дорожные испытания автомобиля.

Цель работы – теоретическое и экспериментальное определение расхода топлива лёгкого коммерческого грузового автомобиля на заданном загородном маршруте движения. Объектом исследования является лёгкий коммерческий грузовой автомобиль ГАЗель «Next», относящийся к транспортным средствам категории  $N_1$ .

Конструктивные параметры автомобиля [1]: полная масса  $m_a = 3500$  кг, в том числе: на переднюю ось – 1250 кг, на заднюю – 2250 кг; двигатель Cummins ISF 2.8 дизельный с турбонаддувом, экологического класса Евро5, максимальной мощностью 96,3 кВт при частоте