

УДК 629.144.6

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГАЗОГЕНЕРАТОРНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ**Андреев А. А., Андреев С. А.****FOR IMPROVING THE EFFICIENCY GAS VEHICLES****Andreev A. A., Andreev S. A.**

Рассмотрены вопросы возможности перевода специальных автомобилей на потребление как жидкого моторного топлива, так и на использование альтернативного твердого топлива при одновременном повышении технических и экономических характеристик.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, газогенератор, динамический фактор, грузоподъемность, экономичность, эффективность.

Постановка проблемы и актуальность темы. Защита населения малых поселков и сел в условиях европейского экономического кризиса является важной государственной задачей. Развитие постсоветского пространства последние 20 лет сопровождается огромными потерями промышленного и сельскохозяйственного производства, и особенно от стихийных бедствий. Так, пожарами 2010 года в России было уничтожено более 1 млн га лесов, сотни предприятий, жилых домов, сел из-за отсутствия близлежащих противопожарных транспортных средств. Во многом это произошло из-за неспособности местных сил быстрого реагирования своевременно предупреждать появление и ликвидировать возгорания по причине удаленности подразделений МЧС и слабости местной противопожарной инфраструктуры, в том числе и по причине нехватки топливных ресурсов для транспорта [1].

Цель и постановка задачи. Важнейшей альтернативой недостаточно эффективным централизованным силам нормального реагирования является опора на собственные местные силы, местные добровольные подразделения гражданской защиты и местные транспортные средства с использованием местных топливных ресурсов, а именно автомобили повышенной проходимости, работающие как на жидком, так и на твердом топливе,

преобразованном в горючий газ в газогенераторных установках.

Решение поставленной задачи. Наиболее подходящим является нашедший широкое применение автомобиль типа ГАЗ-53 с силовым агрегатом автомобиля ГАЗ-66 и приводом также на передние колеса, который характеризуется следующими показателями: двигатель 8 цилиндровый V-образный мощностью 115 л.с.; грузоподъемность 3600 кг при общем весе 7400 кг; максимальная скорость 85 км/ч при частоте вращения коленчатого вала 3200 об/мин; максимальный крутящий момент 29 кгм на частотах 2000 – 2900 об/мин; передаточные числа: коробки перемены передач 6,48 – 3,09 – 1,69 – 1,0; раздаточной коробки 1,00/1,963; главной передачи 6,83 и радиусе качения шин 0,463 м.

Способы решения задач. Одним из способов повышения экономической топливной эффективности эксплуатации автомобилей ГАЗ – 53 является конвертирование с бензина на сжатый газ метан CH_4 , которое сопровождается снижением мощности двигателя на 15% и более из пониженной теплотворной способности горючего газа, снижением наполнения цилиндров и скорости горения топливно-воздушной смеси [2].

Следует учитывать, что фактическая грузоподъемность автомобиля ГАЗ – 53 при установке 7 баллонов со сжатым метаном (общим весом 500 кг) снижается с 3600 кг до 3100 кг, т.е. на 14%. К тому же уменьшаются средняя скорость доставки груза и производительность автомобиля.

Опыт переоборудования автомобиля ГАЗ – 52 с установкой самодельного газогенератора группой инженеров Житомирского агроэкологического университета показал значительные недостатки в сравнении с бензиновым питанием, а именно:

- падение мощности на 30 – 40%;

- агрегат занимает до половины площади грузового кузова вследствие вертикального расположения газогенератора и генераторного газа;

- общий вес газогенераторной установки в 350 кг уменьшил грузоподъемность автомобиля ГАЗ – 52 с 3600 кг до 3250 кг;

- динамичность полностью груженого автомобиля упала от 2 до 5 раз.

Данная энерго- и ресурсосберегающая технология замены 24 л бензина стоимостью 240 грн на каждые 100 км пробега на 80 – 90 кг дров позволит уменьшить затраты на энергоносители в 2 – 3 раза, хотя и потребует иметь на автомобиле запас не менее 200 кг дров на среднесуточный пробег 200 км.

Еще в 30-е годы XX века в СССР были разработаны общеизвестные мероприятия увеличения мощности по применению наддува с помощью нагнетателя; приводного центробежного вентилятора; газотурбоагнетателя, которые нуждались в специальных механических передачах и оборудовании.

Согласно данным проведенных испытаний применение объемного нагнетателя позволяет повысить крутящий момент на коленчатом вале двигателя ЗИС 5 на частоте 1400 – 1500 об/мин на 20%, а применение центробежного нагнетателя – на 30 – 40% на частотах вращения коленчатого вала 1500 – 2500 об/мин [3]. В 1997 году авторы разработали, изготовили и установили на V-образном 4-х цилиндровом бензиновом двигателе МеМЗ – 966 Г устройство, обеспечивающее увеличение максимального крутящего момента в 1,63 раза без каких-либо вращающихся деталей, которое за счет перераспределения времени работы на более высоких передачах позволило сократить средний путевой расход бензина на 30-33% по сравнению с базовой моделью автомобиля [4].

Одним из направлений снижения веса газогенератора и уменьшения времени перезарядки новой порцией твердого топлива является использование в качестве реактора стокерной пеллетной горелки и автоматизированной подачи пеллет шнековым питателем в зону реагирования [5], что позволяет разместить все газогенераторное оборудование под кузовом и тем самым сохранить полезное пространство грузового отсека.

Комплексное использование устройства наддува и новой компоновки газогенераторного оборудования под кузовом позволит устранить недостатки опытной модели газогенераторного автомобиля ГАЗ-52 инженеров Житомирского агроэкологического университета и по сути открывает возможность создания альтернативного автомобиля универсального использования для сельского и лесного хозяйства, а также для

удаленных поселков как в повседневной жизни, так и в чрезвычайных ситуациях, поскольку не нуждается в топливных и финансовых вливаниях со стороны государственного бюджета.

В то же время любые мероприятия, направленные на повышение экологической эффективности транспортных средств, сопровождаются изменениями их тактико-технических характеристик, и не всегда в лучшую сторону.

Оценка последних проводится по расчету тягово-скоростных качеств автомобилей с учетом отличительных особенностей. Это особенно важно для ухудшающегося качества дорожного покрытия, которое после каждого осеннее – зимнего периода превращается в покрытое ямами направление для движущихся транспортных средств.

Динамический фактор, определяемый по формуле академика Е.А. Чудакова, представляет собой удельную остаточную силу тяги автомобиля:

$$D = \frac{P_k - P_w}{G} = \frac{P_k}{G} \quad (1)$$

где P_k – сила тяги, реализуемая ведущими колесами, определяется по формуле:

$$P_k = \frac{M_e \cdot \eta_r}{r_k} \quad (2)$$

где M_e – эффективный крутящий момент на выходном коленчатом валу двигателя;

$\eta_r = 0,85$ – коэффициент полезного действия трансмиссии;

U_r – передаточное число коробки перемены передач и главной передачи;

r_k – динамический радиус колеса;

- P_w – сила сопротивления воздуха движению автомобиля, определяется по формуле:

$$P_w = \frac{K \cdot F \cdot V_a^2}{2 \cdot g} \quad (3)$$

где $K = 0,07$ – коэффициент обтекаемости формы автомобиля;

$F = 4,5 \text{ м}^2$ – площадь поперечного сечения кузова автомобиля с грузом;

V_a – скорость движения автомобиля.

Динамический фактор может быть выражен и через удельные величины сопротивлений дороги и инерции (на что расходуется сила тяги):

$$D = \gamma \cos \alpha \pm \sin \alpha \pm \frac{\sigma}{g} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (4)$$

где γ – коэффициент трения колес о дорогу;

α – угол подъема (со знаком «+») или спуска (со знаком «-»);

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - ускорение силы тяжести;

$\delta = 1,03 + 0,05 U_{кпп}^2$ – коэффициент учета вращающихся масс автомобиля;

$U_{кпп}$ – переменное передаточное число;

$\frac{dV}{dt}$ – ускорение «+» или замедление «-»

движения автомобиля.

На рис. 1 представлены сравнительные расчетные тягово-скоростные характеристики автомобиля ГАЗ – 53 с двигателем типа ЗМЗ – 53:

а) работающий на бензине;
 б) обычный двигатель, работающий на газе
 обычного газогенератора;

в) модернизированный двигатель ЗМЗ - 53,
 работающий на газе пеллетного газогенератора.

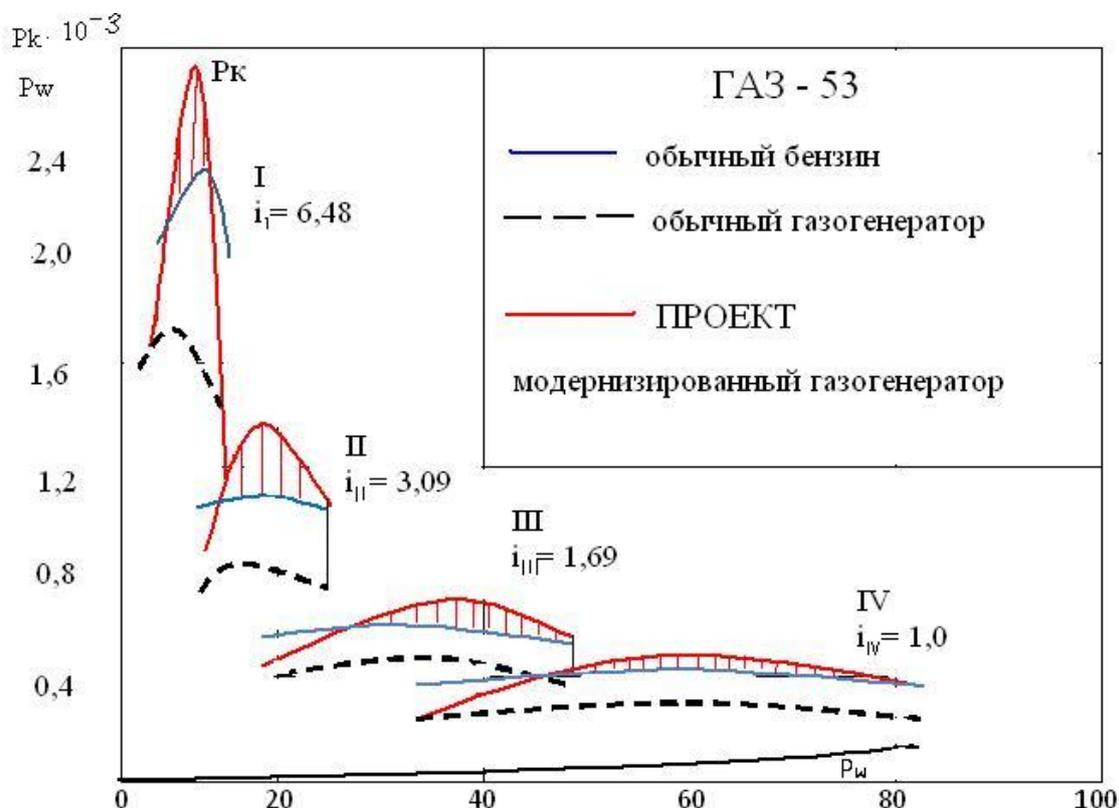


Рис. 1. Сравнительные расчетные тягово-скоростные характеристики автомобиля ГАЗ – 53 с двигателем типа ЗМЗ-53

Анализ показывает, что как и в случае с опытными поездками автомобиля ГАЗ – 52 Житомирских инженеров, максимальная сила тяги при работе на обычном газогенераторном газе падает с 2340 кг до 1680 кг, т.е. на 39%.

Если сохраняются прежние условия времени разгона при трогании с места, полная масса автомобиля должна быть уменьшена с 7400 кг до 5300 кг, т.е. реальная грузоподъемность для сохранения динамичности должна быть уменьшена с 3600 кг до 1150 кг, т.е. в 3,3 раза. Это приводит к резкому падению эффективности автомобиля ГАЗ – 53, переведенного на газогенераторный газ. Так, для маятникового режима перевозки 3600 кг груза бензиновым автомобилем ГАЗ – 53 условный коэффициент полезных перевозок (отношение полезного груза к полному собственному весу) составит:

$$K_B = \frac{3600}{7400 + 3800} = 0,323.$$

Условный коэффициент полезных перевозок

для обычного автомобиля ГАЗ-53, оборудованного обычным газогенератором, составит:

$$K_{ог} = \frac{1150}{5300 + 4150} = 0,125,$$

т.е. уменьшается по сравнению с бензиновым в 2,67 раза.

После проведения модернизации двигателя по собственной технологии и установки пеллетного автоматизированного газогенератора следует отметить увеличение максимальной силы тяги по сравнению с бензиновым двигателем с 2340 кг до 2670 кг, т.е. в 1,14 раза, а значит, полная масса автомобиля может быть увеличена (скажем, за счет полуприцепа) до 8430 кг, а грузоподъемность возрастет до 4330 кг (при собственной массе 4100 кг).

G_T – грузоподъемность, т;

G_{Σ} – полная масса, т;

N_e – мощность двигателя, л.с.;

C_T – удельные затраты на энергоносители грн/ткм (нетто).

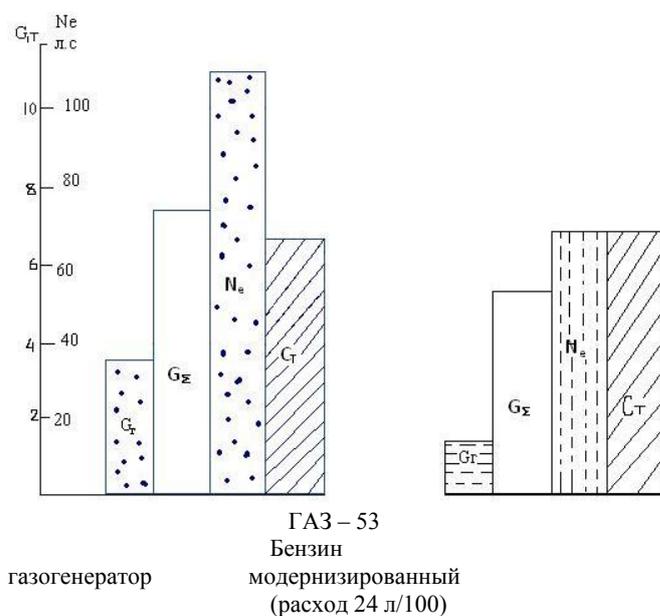


Рис. 2. Расчетные характеристики грузового автомобиля ГАЗ – 53 (ровная дорога – маятниковые перевозки)

Ожидаемый коэффициент полезных перевозок поднимется до 34,5 % при одновременном увеличении производительности в 1,14 раза, т.е. на 14%. Следовательно, на перевозку одного и того же груза энергозатраты сократятся на 14%.

Важнейшую роль для обеспечения безопасной жизнедеятельности малых сел и поселков деградирующих регионов с местным самоуправлением играет перевод специальных автомобилей – цистерн, водовозов на местное твердое топливо, и в первую очередь изготовленное из твердых древесносодержащих бытовых отходов. На рис. 3 представлены зависимости динамических расчетов автомобиля ГАЗ – 53 с различными видами рабочего топлива при включении раздаточной коробки и полного привода всех колес.

Так, если на первой передаче обычного бензинового автомобиля ГАЗ-53 полной массой 7400 кг и грузоподъемностью 3600 кг динамический фактор равен 0,64, что обеспечивает преодоление подъемов до 0,340 по одному песку с коэффициентом сопротивления колес 0,30 в полевых условиях, то при оборудовании его обычным твердотопливным газогенератором динамический фактор падает до 0,45. После модернизации двигателя ЗМЗ – 66 и установки автоматизированного пеллетного газогенератора динамический фактор поднимется до 0,72 при сохранении грузоподъемности 3600

кг. Если же динамический фактор сохранить на уровне 0,64, то грузоподъемность модернизированного автомобиля ГАЗ – 53 (например, за счет полуприцепа) может быть увеличена до 4330 кг. Отметим, что грузоподъемность обычного автомобиля ГАЗ – 53,

оборудованного обычным газогенератором, для обеспечения динамического фактора 0,64 должна быть уменьшена до 1150 кг, что составляет третью часть от возможности бензинового автомобиля ГАЗ – 53 (на базе агрегата ЗМЗ – 66) и в 4 раза меньше проектного варианта перевода на твердое топливо.

Особый интерес представляет сравнение общих затрат на энергоснабжение и дополнительное оборудование газогенератором, охлаждающими и очистными устройствами (приблизительно ценой 40 тыс. грн).

Если годовой пробег автомобиля ГАЗ – 53 составит 40 тыс. км, то расход топлива - бензина составит 96000 грн, а пеллет (дров влажностью 20%) 12,5 МДЖ, то для такой же транспортной работы потребуется 23500 кг пеллет ценой 900 грн за тонну и общей стоимостью 210000 грн. Следовательно, затраты на энергоснабжение для автомобильного транспорта, переведенного на твердое топливо, можно снизить более чем в 6 раз при прочих равных условиях эксплуатации.

Важное значение имеет снижение удельных затрат на энергоснабжение при перевозке грузов. Так, если перевозки выполняются маятниковым режимом, то за год обычный автомобиль ГАЗ – 53 в принятых условиях выполнит транспортную работу в нетто в объеме

$$P = \alpha \cdot t = 20000 \cdot 3,6 = 72000 \text{ ткм},$$

а удельные затраты на бензин составят:

$$C_B = \frac{96000}{72000} = 1,33 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}},$$

Удельные затраты на энергоснабжение после переоборудования и установки на автомобиль ГАЗ – 53 пеллетного газогенератора потребуются определять с учетом окупаемости инвестиций в течение 3 лет по формуле:

С учетом увеличения потенциальной грузоподъемности до 4330 кг выполнится транспортная работа на общем пробеге 40 тыс. км. Она составит:

$$P_n = 20000 \cdot 4,330 = 86600 \text{ ткм},$$

а удельные затраты на энергоснабжение при работе 1 ткм составят:

$$C_n = \frac{33200}{86600} = 0,38 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}},$$

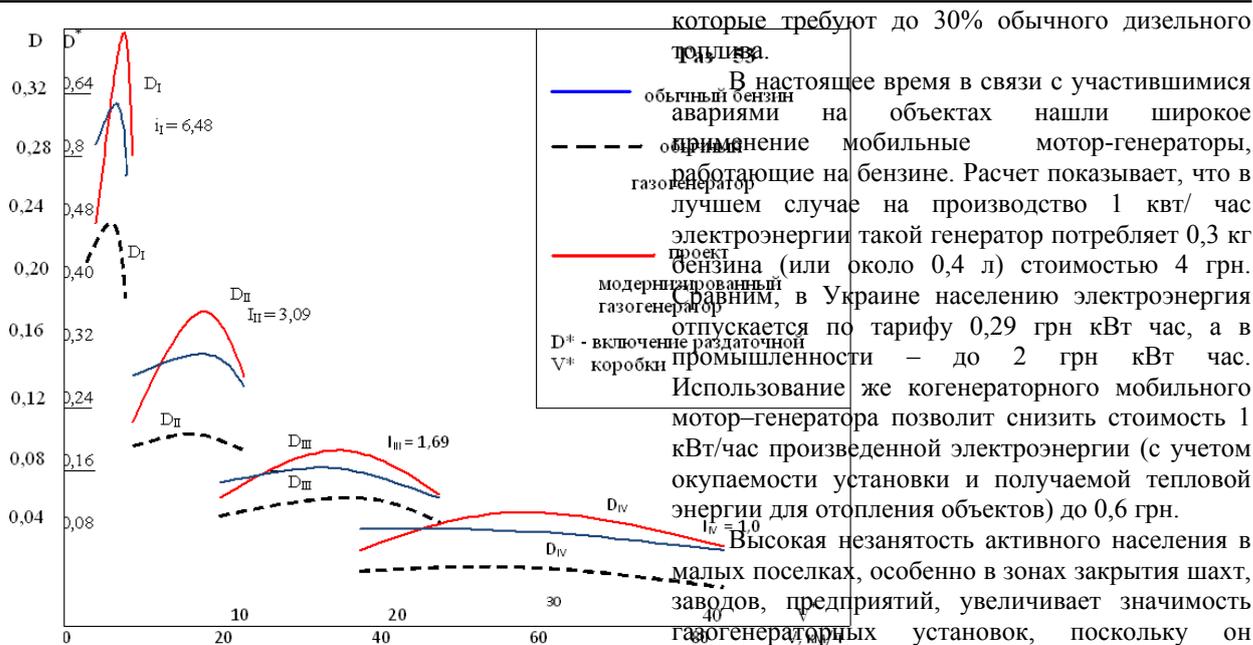


Рис. 3. Зависимость динамических расчетов автомобиля ГАЗ – 53 с различными видами рабочего топлива при включении раздаточной коробки и полного привода всех колес

Сравним с вариантом перевозок, выполняемых автомобилем ГАЗ – 53 с обычным генератором и грузоподъемностью 1150 кг:

$$P_T = 20000 \cdot 1,15 = 23000 \text{ ткм,}$$

а удельные затраты на энергоносители при транспортной работе 1 ткм составят:

$$C_{\text{тг}} = \frac{33200}{23000} = 1,42 \frac{\text{грн}}{\text{ткм}},$$

что корреспондируется с данными расчета экономической эффективности перевода автомобиля ЗИС 5 на газогенераторное питание двигателя [3].

Годовой экономический эффект может быть оценен по разности приведенных затрат на переоборудование автомобиля и покупку топлива при нормативном коэффициенте окупаемости капиталовложений $E_k = 0,33$ по формуле:

$$Э = C_{\text{ТВ}} - C_{\text{ТЛ}} - E_k \cdot K_{\text{П}} = 96000 - 21000 - 0,33 \cdot 40000 = 51800 \text{ грн,}$$

где $C_{\text{ТВ}}$ - стоимость бензина;

$C_{\text{ТЛ}}$ - стоимость пеллет;

$K_{\text{П}}$ - стоимость переоборудования автомобиля газогенератором.

Автономная база альтернативных энергетических и транспортных средств является фундаментом сохранения могущества государства без дополнительных бюджетных расходов на поддержание инфраструктуры и жизнедеятельности малых сел и поселков, тысячи которых исчезли с карты за последние 20 лет. Тем более что имеется многолетний положительный опыт использования для получения электроэнергии газогенераторных электростанций серии WBD с газодизельными двигателями,

которые требуют до 30% обычного дизельного топлива.

В настоящее время в связи с участившимися авариями на объектах нашли широкое применение мобильные мотор-генераторы, работающие на бензине. Расчет показывает, что в лучшем случае на производство 1 кВт/ час электроэнергии такой генератор потребляет 0,3 кг бензина (или около 0,4 л) стоимостью 4 грн. Сравнив с обычным, в Украине население электроэнергия отпускается по тарифу 0,29 грн кВт час, а в промышленности – до 2 грн кВт час.

Использование же когенераторного мобильного мотор-генератора позволит снизить стоимость 1 кВт/час произведенной электроэнергии (с учетом окупаемости установки и получаемой тепловой энергии для отопления объектов) до 0,6 грн.

Высокая незанятость активного населения в малых поселках, особенно в зонах закрытия шахт, заводов, предприятий, увеличивает значимость газогенераторных установок, поскольку он облегчает создание рабочих мест и работу автономных предприятий по сбору древесносодержащих ресурсов и переработке их в высококалорийное пеллетное топливо на местах без вмешательства и финансовых влияний вышестоящих органов управления.

В целом это способствует повышению уровня жизни народа – единственного источника власти всего государства и укрепления его экономического и оборотного могущества.

Литература

1. С.О.Андреев. Стабільність інституційних засад єдиної державної системи цивільного захисту України як важлива передумова її наближення до європейських стандартів./ Модернізація державного управління та європейська інтеграція України: матеріали щоріч. Всеукр. наук.-практ. конф. за між нар. участю (Київ,25 квіт. 2013 р.): у 2 т./ за наук. ред. Ю.В.Ковбасюка, К.О.Вашенка, С.В.Загорднюка.-К.: НАДУ, 2013.-Т.2, стор.78-80.
2. Золотницький В., Мамедов В. Метан в моторе. – «За рулем». 11/97, стр.162-163
3. Г.Г.Токарев. Газогенераторные автомобили. М.:МАШГИЗ, 1955 года.
4. Андреев А.А., Андреев С.А. Силовые агрегаты автомобилей «VOLKSWAGEN KAFER VW82» (Dr. Ing. h.c. F.PORSCHE) и «ЗАПОРОЖЕЦ» ЗАЗ 968М – 005: Особенности и перспективы. – Вісник СНУ ім. В.Далі – 2004 - № 7(77) ч. 2, стр. 53-55
5. Губачева Л.О., Андреев О.О., Шевченко Д.Ю.: Пристрій для подачі твердого палива до установок для спалювання. Патент на корисну модель України, № 67440, F23K3(00) Бюл. № 4 от 27.02.2012.

References

1. S.O.Andreev. Stabil'nist' institucijnih zasad edinoj derzhavnoj sistemi civil'nogo zahistu Ukraini jak vazhliva peredumova її nablizhennja do evropejs'kih standartiv./ Modernizacija derzhavnogo upravlinnja ta evropejs'ka integracija Ukraini: materialy shhorich. Vseukr. nauk.-prakt. konf. za mizh nar. uchastju (Kiiiv,25 kvit. 2013 r.): u 2 t./ za nauk. red. Ju.V.Kovbasjuka, K.O.Vashhenka, S.V.Zagordnjuka.-K.: NADU, 2013.-T.2, stor.78-80.

2. Zolotnickij V., Mamedov V. Metan v motore. – «Za rulem». 11/97, str.162-163
3. G.G.Tokarev. Gazogeneratorye avtomobili. M.:MASHGIZ, 1955 goda.
4. Andreev A.A., Andreev S.A. Silovye agregaty avtomobilej «VOLKSWAGEN KAFER “VW82” (Dr. Ing. h.c. F.PORSCHE) i «ZAPOROZHEC» ZAZ 968M – 005: Osobennosti i perspektivy. – Visnik SNU im. V.Dalja – 2004 - № 7(77) ch. 2, str. 53-55
5. Gubacheva L.O., Andreev O.O., Shevchenko D.Ju.: Pristrij dlja podachi tverdogo paliva do ustanovok dlja spaljuvannja. Patent na korisnu model' Ukraїni, № 67440, F23K3(00) Bjul. № 4 ot 27.02.2012.

Андреев О. О., Андреев С. О. ПРО ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЗОГЕНЕРАТОРНИХ АВТОМОБІЛЕЙ

Розглянуто питання можливості реконструкції спеціальних автомобілів на споживання як рідкого моторного палива, так і на використання альтернативного твердого палива при одночасному підвищенні технічних і економічних характеристик.

Ключові слова: *автомобіль, двигун, газогенератор, динамічний фактор, вантажопідйомність, економічність, ефективність.*

Andreev A. A., Andreev S. A. FOR IMPROVING THE EFFICIENCY GAS VEHICLES

The questions of the possible relocation of special vehicles for consumption as liquid motor fuels, and the use of alternative solid fuels while enhancing the technical and economic characteristics.

Keywords: car, engine, gasifier, the dynamic factor, capacity, efficiency, effectiveness.

Андреев А.А. - к.т.н., доц. кафедры «Компьютерные технологии на промышленном и городском транспорте», Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Андреев С.А. - к.н.г.у., доц. Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Украина.

Рецензент: д.т.н., проф. Губачева Л.А.

Статья подана 19.06.2013