

УДК 621.43.001.42

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫБЕГА ДВС ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПРИ ИСКУССТВЕННОМ ФОРМИРОВАНИИ СОПРОТИВЛЕНИЯ

¹Триценко А.В., ¹Плаксин А.М., ²Глемба К.В., ¹Граков Ф.Н.,
¹Кошелев Н.Е., ¹Бурцев А.Ю., ¹Ганиев И.Г.

¹Челябинская государственная агроинженерная академия, Челябинск, e-mail: alexgrits13@mail.ru;

²Южно-Уральский государственный университет (НИУ), Челябинск, e-mail: glemba77@mail.ru

В статье рассматривается исследование процесса выбега коленчатого вала двигателя при искусственном формировании сопротивления. В настоящее время автомобильный транспорт занимает лидирующее место в структуре перевозки грузов (69%) и пассажирообороте (71%). В Российской Федерации с введением норм ЕВРО наблюдается значительное отставание, которое эксперты оценивают в 10 лет, что в свою очередь замедляет обновление парка мобильных энергетических средств. Совершенствование двигателей с впрыском бензина сегодня направлено на обеспечение высоких экологических показателей. Исследования проводились с применением следующих диагностических средств: отключатель электромагнитных форсунок, осциллограф Постоловского, имитатор сопротивления выпускной системы. В результате проведенных исследований установлено, что систему выпуска можно диагностировать при использовании трех диагностических параметров: числа оборотов коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания до полной остановки, диаграммы затрат на выпуск и времени выбега. Исследования проводились: 1) при штатном режиме выбега коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и закрытой заслонке; 2) при штатном режиме выбега коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и 100% открытой заслонке; 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке. В результате проведенных исследований получены следующие данные: 1) при штатном режиме выбега коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и закрытой заслонке – 61 оборот до полной остановки; 2) при штатном режиме выбега коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания и 100% открытой заслонке – 88 оборотов до полной остановки; 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке – 51 оборот до полной остановки. В результате исследований установлена большая чувствительность времени выбега при частоте вращения 5500 мин⁻¹ по отношению к 4000 мин⁻¹.

Ключевые слова: методы и средства диагностирования, двигатель, система выпуска, диагностирование, диагностические параметры, число оборотов коленчатого вала двигателя до полной остановки, диаграмма затрат на выпуск, время выбега

INVESTIGATION OF THE PROCESS RUN-COMBUSTION ENGINE CARS IN ARTIFICIAL FORMATION OF RESISTANCE

¹Gritsenko A.V., ¹Plaksin A.M., ²Glemba K.V., ¹Grakov F.N., ¹Koshelev N.E.,
¹Burtsev A.Y., ¹Ganiev I.G.

¹Chelyabinsk State Agroengineering Academy, Chelyabinsk, e-mail: alexgrits13@mail.ru;

²South Ural State University (NRU), Chelyabinsk, e-mail: glemba77@mail.ru

The article deals with the study of the process of the engine crankshaft run-out at artificial formation of resistance. Currently, road transport occupies a leading position in the structure of the carriage of goods (69%) and passengers (71%). In the Russian Federation, with the introduction of EURO norms there is a significant lag, which experts estimate at 10 years, which in turn slows down the renewal of mobile power equipment. Improving injection gasoline engines today is aimed at ensuring high environmental performance. The studies were conducted using the following diagnostic tools: cut out electromagnetic injectors, Postolovskogo oscilloscope, simulator resistance of the exhaust system. The studies found that the exhaust system can be diagnosed using three diagnostic parameters: the number of revolutions of the crankshaft of the internal combustion engine to a complete stop, the diagram of issue costs and time overrun. The studies were conducted: 1) normal coasts crankshaft of the internal combustion engine and the valve is closed; 2) with a nominal coasts crankshaft of the internal combustion engine and a 100% open throttle; 3) Installation of artificial resistance in the exhaust system and 100% open throttle. As a result of the research the following data: 1) normal coasts crankshaft of the internal combustion engine and the valve is closed – 61 turns to a full stop; 2) with a nominal coasts crankshaft of the internal combustion engine and a 100% open throttle – 88 turns to a full stop; 3) Installation of artificial resistance in the exhaust system and 100% open throttle – 51 turns to a full stop. As a result of investigations the higher sensitivity stopping time at speed 5500 min⁻¹ with respect to 4000 min⁻¹.

Keywords: methods and tools for diagnosis, engine, exhaust system, diagnosis, diagnostic parameters, the number of revolutions of the engine crankshaft to a complete stop, the diagram of issue costs, running time

Автомобильный транспорт занимает лидирующее место в структуре перевозки грузов (69%) и пассажирообороте (71%), доля которых неуклонно растет пропорционально динамике роста числа мобильных энергетических средств.

Актуальность темы. В Российской Федерации, как и в других развитых странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей хозяйства, важнейшей составной частью производственной и социальной инфраструктуры [1, 2]. Качественные

характеристики уровня транспортного обслуживания связаны со скоростью, своевременностью, предсказуемостью, ритмичностью, безопасностью и экологичностью функционирования транспортной системы [3]. В настоящее время экологичность при эксплуатации мобильных энергетических средств ставится на первое место. В развитых странах Америки и Европы уже в 2014 году будут введены нормы ЕВРО-6.

В Российской Федерации с введением норм наблюдается значительное отставание, которое эксперты оценивают в 10 лет, а это в свою очередь замедляет обновление парка мобильных энергетических средств (МЭС).

Наибольшая сложность ситуации состоит в том, что 78% всего состава автомобильного парка РФ соответствует нормам ЕВРО-0/ЕВРО-1. Вместе с нормами ЕВРО-2 это составляет 86,6%. Аналогичная ситуация с еще худшей динамикой развития обстоит для мобильных энергетических средств [1].

Целью настоящей работы является исследование процесса выбега ДВС легковых автомобилей при искусственном формировании сопротивления.

Для повышения эксплуатационных свойств ДВС на сегодня используются [1, 2]:

1. Измерение тока ионизации.
2. Определение пропусков воспламенения смеси и детонационного сгорания измерением силы ионного тока.
3. Применение систем зажигания с двумя свечами на один цилиндр.
4. Смещение фазы (от 10° поворота коленчатого вала при средней и большой нагрузке до 0° поворота коленчатого вала при малой нагрузке, а также при снижении нагрузки).
5. Управление фазами.

Мероприятия по снижению токсичности [1, 2]:

1. Рециркуляция отработавших газов (система EGR).
2. Изменение фаз газораспределения.
3. Создание вихревого движения смеси во впускном канале и оптимизация формы камеры сгорания (работа на переобедненных рабочих смесях $\lambda = 1,4 \dots 1,6$).
4. Конструкция свечи зажигания, ее положение в камере сгорания, а также энергия и продолжительность искрового разряда.
5. Вентиляция картера ДВС.
6. Очистка отработавших газов. Термическое дожигание.
7. Каталитическое дожигание.
8. Использование систем с обратной связью с применением кислородных датчиков.
9. Точные таблицы изменения угла опережения зажигания (УОЗ).

Эффективным мероприятием для повышения эксплуатационных свойств авто-

мобилей является использование монитора пропусков в системе зажигания (для исключения отказа каталитического нейтрализатора и снижения уровня токсичности) [1].

Совершенствование двигателей с впрыском бензина направлено на обеспечение высоких экологических показателей. Обеспечение последних возможно за счет точного дозирования подачи топлива на всех режимах работы двигателя [1].

Теоретические исследования

Момент сопротивления вращающихся деталей ДВС M_T постоянен и практически не зависит от угловой скорости [4, 5, 6]. С учётом этого угловое ускорение (замедление) ε коленчатого вала

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{d\tau} = -\frac{1}{j}(M_T + k\omega), \quad (1)$$

где ω – угловая скорость вращения, рад/с; τ – временной интервал, с; j – момент инерции вращающихся деталей ДВС; k – степень влияния ω на коэффициент трения.

Решение дифференциального уравнения (1) при начальных условиях $\omega = \omega_0$ и $\tau = 0$ даёт зависимость ω от τ :

$$\omega = \frac{\varepsilon_0}{k} e^{-\frac{k}{j}\tau} - \frac{M_T}{k}, \quad (2)$$

где ε_0 – ускорение (замедление) в начальный момент времени ($\tau = 0$).

Ускорение (замедление) в начальный момент времени ($\tau = 0$):

$$\varepsilon_0 = -\frac{1}{j}(M_T + k\omega_0). \quad (3)$$

Время (продолжительность) выбега τ_b определяется из выражения (2) при условии $\omega = 0$. После логарифмирования и преобразований получим

$$\tau_b = \frac{j}{k} \ln \left(\frac{-\varepsilon_0 j}{M_T} \right). \quad (4)$$

При измерении выбега угловую скорость коленчатого вала можно записать в виде

$$\omega = \omega_0 e^{-a\tau} - \omega_n, \quad (5)$$

где ω_n – снижение угловой скорости вала ротора из-за установки дополнительного сопротивления на выхлопе, рад/с; a – конструктивный параметр.

Время выбега τ_b можно определить из выражения (5) при $\omega = 0$:

$$\tau_b = \frac{1}{a} \ln \frac{\omega_n}{\omega_0}. \quad (6)$$

Методика диагностирования системы выпуска

Исследования проводились с применением следующих диагностических средств: отключатель электромагнитных форсунок, осциллограф Постолювского,

имитатор сопротивления выпускной системы [1, 7, 8, 9, 10].

При проведении экспериментальных исследований устанавливалась постоянная частота вращения ДВС на уровне 4000 мин^{-1} , запускалась развертка осциллограммы осциллографа Постолювского (рис. 1).

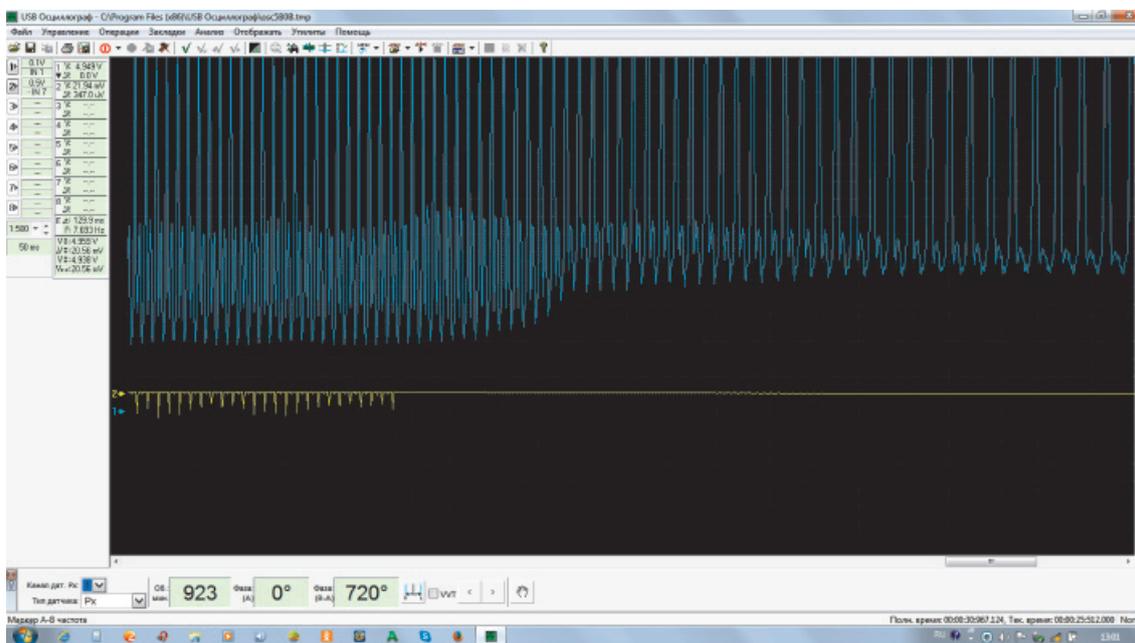


Рис. 1. Развертка осциллограммы осциллографа Постолювского:
1 – сигнал давления в первом цилиндре ДВС; 2 – импульс системы зажигания

Включалась запись осциллограммы. Производилось отключение замка зажигания (рис. 1), после чего исчезали импульсы системы зажигания. И осуществлялся подсчет числа оборотов коленчатого вала, совершенных до полной остановки ДВС. Исследования проводились:

- 1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке;
- 2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке;
- 3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке.

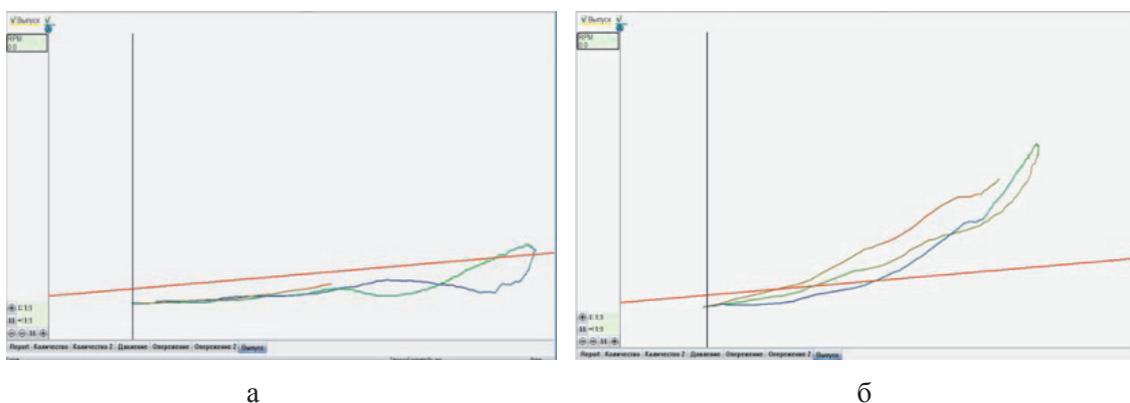


Рис. 2. Диаграмма затрат на выпуск:
а – до установления повышенного сопротивления на выпуске; б – после установления повышенного сопротивления на выпуске

Результаты экспериментальных исследований

В результате проведенных исследований получены следующие данные:

1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке – 61 оборот до полной остановки;

2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке – 88 оборотов до полной остановки;

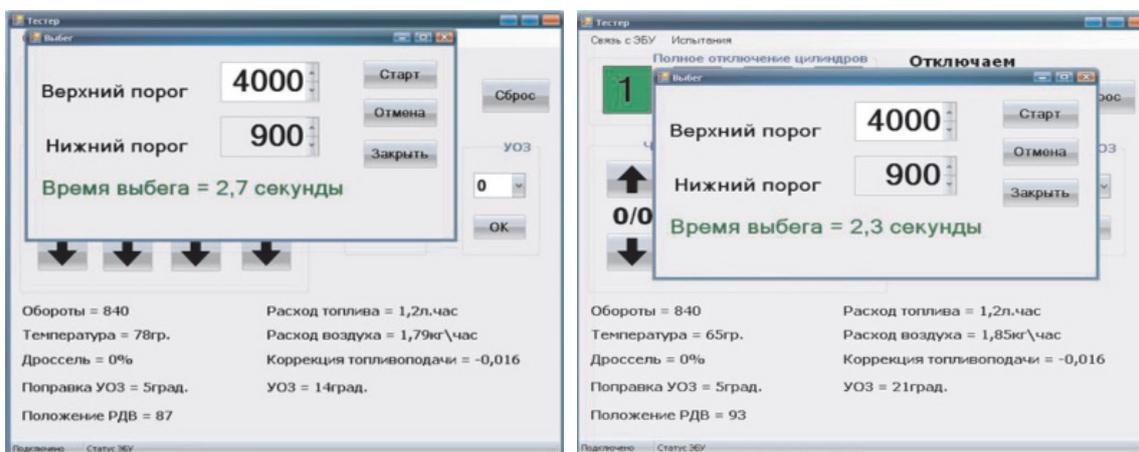
3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке – 51 оборот до полной остановки.

Испытания проводились на тестовых режимах, при которых сравнивались изменения участков осциллограмм на выпуске до установления сопротивления в выпускном тракте и после установления сопротивления в выпускном тракте.

Кроме того, выполнялся расчет скрипта в виде диаграммы затрат на выпуск до установления повышенного сопротивления на выпуске и после установления сопротивления (рис. 2, а, б).

Также проводилось измерение времени выбега автомобиля в двух режимах:

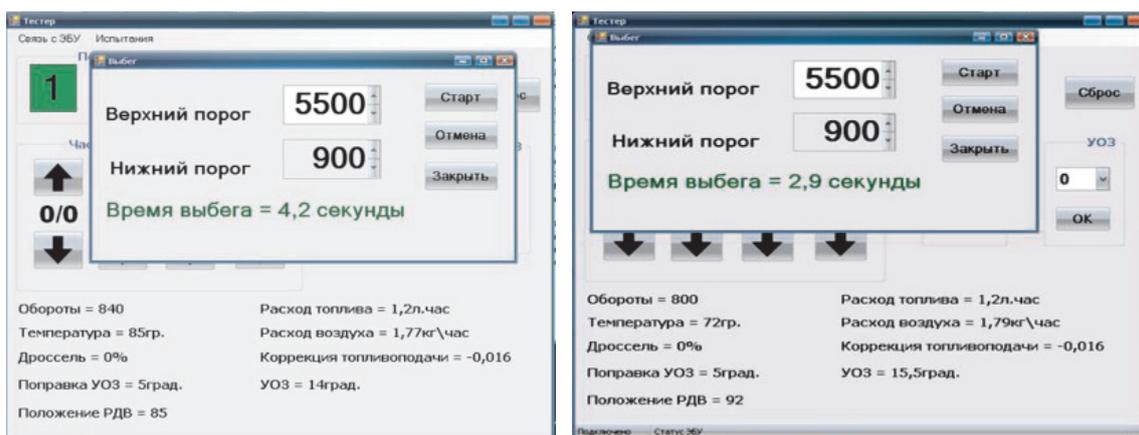
- 1) от 4000 до 900 мин⁻¹;
- 2) от 5500 до 900 мин⁻¹.



а

б

Рис. 3. Динамика изменения времени выбега в зависимости от сопротивления в выпускном тракте: а – без сопротивления; б – с сопротивлением



а

б

Рис. 4. Динамика изменения времени выбега в зависимости от сопротивления в выпускном тракте: а – без сопротивления; б – с сопротивлением

Расчет времени осуществлялся автоматически при помощи скрипта программы.

Результаты проведенных измерений представлены на рис. 3 и 4.

Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что систему выпуска можно диагностировать при использовании трех диагностических параметров: числа оборотов коленчатого вала ДВС до полной остановки, диаграммы затрат на выпуск и времени выбега. Экспериментально получено:

1) при штатном режиме выбега ДВС и закрытой заслонке – 61 оборот до полной остановки;

2) при штатном режиме выбега ДВС и 100% открытой заслонке – 88 оборотов до полной остановки;

3) при установке искусственного сопротивления в выпускную систему и 100% открытой заслонке – 51 оборот до полной остановки. В результате исследований установлена большая чувствительность времени выбега при частоте вращения 5500 мин⁻¹ по отношению к 4000 мин⁻¹.

Список литературы

1. Гриценко А.В. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем питания и смазки двигателей внутреннего сгорания (экспериментальная и производственная реализация на примере ДВС автомобилей): дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск, 2014. – 397 с.
2. Соснин Д.А., Яковлев В.Ф. Новейшие автомобильные электронные системы. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
3. Гриценко А.В., Глемба К.В., Ларин О.Н. Экологические аспекты и вопросы диагностирования систем ДВС автотранспорта в рабочем и тестовом режимах // Инновации и исследования в транспортном комплексе: материалы II Международной научно-практической конференции. – Курган, 2014, – С. 225–231.
4. Захаров В.П. Совершенствование структуры эксплуатационно-ремонтного цикла двигателей КАМАЗ-ЕВРО с учётом изменения технического состояния: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Саратов. – 2011. – 24 с.
5. Гребенников А.С. Диагностирование автотракторных двигателей по внутрицикловым изменениям угловой скорости коленчатого вала: дис. ... д-ра техн. наук. – Саратов, 2002. – 292 с.
6. Иванов Р.В. Диагностирование ДВС по параметру мощности механических потерь: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Волгоград, 2010. – 40 с.
7. Патент № 2474805 Российская Федерация, RU G 01 M 15/04. Способ диагностирования выпускного тракта поршневого двигателя внутреннего сгорания / А.В. Гриценко, С.С. Куков, К.А. Цыганов, А.В. Горбунов. № 2011139288; заявл. 26.09.11; опубл. 27.02.13, Бюл. № 6.
8. Гриценко А.В. и др. Разработка методов тестового диагностирования работоспособности систем топливоподдачи и смазки двигателей внутреннего сгорания / А.В. Гриценко, А.М. Плаксин, К.И. Лукомский, В.В. Вольнкин // Аграрный вестник Урала, Екатеринбург: – № 7 (125). – 2014. – С. 51–58.
9. Гриценко А.В. и др. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания путем контроля сопротивления выпускного тракта / А.В. Гриценко, А.М. Плаксин, С.Э. Бисенов, К.В. Глемба, К.И. Лукомский //

Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8 (часть 2). – С. 322–326.

10. Гриценко А.В. и др. Диагностирование системы выпуска двигателей внутреннего сгорания методами тестового диагностирования / А.В. Гриценко, А.М. Плаксин, Ф.Н. Граков, К.В. Глемба, К.И. Лукомский // Фундаментальные исследования. 2014. – № 8 (часть 5). – С. 1053–1057.

References

1. Gricenko A.V. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovanija rabotosposobnosti sistem pitaniya i smazki dvigatelej vnutrennego sgoranija (jeksperimental'naja i proizvodstvennaja realizacija na primere DVS avtomobilej). Dis... dokt. tehn. nauk. Cheljabinsk. 2014. 397 p.
2. Sosnin D.A., Jakovlev V.F. Novejšie avtomobil'nye jelektronnye sistemy. M.: SOLON-Press, 2005. 240 p.
3. Gricenko A.V., Glemba K.V., Larin O.N. Jekologičeskie aspekty i voprosy diagnostirovanija sistem DVS avtotransporta v rabochem i testovom rezhimah Innovacii i issledovanija v transportnom komplekse: Materialy II Mezhdunarodnoj nauchno-praktičeskoj konferencii. Kurgan, 2014, pp. 225–231.
4. Zaharov V.P. Sovershenstvovanie struktury jekspluatcionno-remontnogo cikla dvigatelej KAMAZ-EVRO s uchjotom izmenenija tehničeskogo sostojanija. Avtoferat dis... kand. tehn. nauk. Saratov. 2011. 24 p.
5. Grebennikov A.S. Diagnostirovanie avtotraktornyh dvigatelej po vnutriciklovym izmenenijam uglovoj skorosti kolencatogo vala. Dis. ... dokt. tehn. nauk. Saratov. 2002. 292 p.
6. Ivanov R.V. Diagnostirovanie DVS po parametru moshhnosti mehanicheskih poter'. Avtoferat dis. ... kand. tehn. nauk. Volgograd. 2010. 40 p.
7. Patent № 2474805 Rossijskaja Federacija, RU G 01 M 15/04. Sposob diagnostirovanija vypusknogo trakta porshnevoego dvigatelja vnutrennego sgoranija / A.V. Gricenko, S.S. Kukov, K.A. Cyganov, A.V. Gorbunov. № 2011139288; zavj. 26.09.11; opubl. 27.02.13, bjul. no. 6.
8. Gricenko A.V. i dr. Razrabotka metodov testovogo diagnostirovanija rabotosposobnosti sistem toplivopodachi i smazki dvigatelej vnutrennego sgoranija // Gricenko A.V., Plaksin A.M., Lukomskij K.I., Volynkin V.V. Agrarnyj vestnik Urala, Ekaterinburg: no. 7 (125), 2014, pp. 51–58.
9. Gricenko A.V. i dr. Diagnostirovanie sistemy vypuska dvigatelej vnutrennego sgoranija putem kontrolja soprotivlenija vypusknogo trakta // Gricenko A.V., Plaksin A.M., Bisenov S.E., Glemba K.V., Lukomskij K.I. Fundamental'nye issledovanija, M.: no. 8 (chast' 2), 2014, pp. 322–326.
10. Gricenko A.V. i dr. Diagnostirovanie sistemy vpuska dvigatelej vnutrennego sgoranija metodami testovogo diagnostirovanija // Gricenko A.V., Plaksin A.M., Grakov F.N., Glemba K.V., Lukomskij K.I. Fundamental'nye issledovanija, M.: no. 8 (chast' 5), 2014, pp. 1053–1057.

Рецензенты:

Машрабов Н.М., д.т.н., профессор кафедры «Технология и организация технического сервиса», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск;

Ерофеев В.В., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Технология и организация технического сервиса», Челябинская государственная агроинженерная академия, г. Челябинск.

Работа поступила в редакцию 17.10.2014.