

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА НА АВТОМОБИЛЯХ С ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Рассмотрены особенности применения сжиженного газа на автомобилях с дизельными двигателями. Описана расчётная методика оценки эффективности применения газовых топлив, основанная на сравнении эксплуатационных затрат при их применении с затратами при эксплуатации в аналогичных условиях, но с применением традиционного топлива. Проведено моделирование и определена область безубыточной эксплуатации автомобилей с дизельными двигателями при реализации газодизельной схемы подачи топлива.

Ключевые слова: сжиженный газ, эффективность эксплуатации автомобилей, газодизель, автомобильное газовое топливо, эксплуатационные затраты, топливная экономичность

Известно, что затраты на топливо составляют одну из основных статей расходов на автомобильные перевозки. Доля этих затрат в дальнейшем будет возрастать, как в связи с увеличением объемов перевозок, так и в связи с увеличением цен на автомобильные топлива. Поэтому, мероприятия, направленные на бережение энергоресурсов и сокращения потребления жидких нефтепродуктов, на автомобильном транспорте являются актуальными, а их практическая реализация необходима для грамотной эксплуатации автомобилей. Не менее важной является проблема снижения загрязнения окружающей среды токсичными компонентами отработавших газов. Одним из радикальных средств комплексного решения энергетических и экологических проблем является широкое применение газовых топлив. Следует отметить, что создание условий для массового применения газовых топлив реализуется в рамках действующей федеральной целевой программы.

Наряду с положительными качествами перевод автомобилей на газовое топливо связан с рядом недостатков [2]. Перевод автомобилей на газовое топливо требует значительных капиталовложений, связанных с переоборудованием транспортных средств, обучением персонала и модернизацией производственно-технической базы предприятия. Снижается грузоподъемность транспортных средств. Техническое обслуживание и текущий ремонт газобаллонных автомобилей требуют более высокой квалификации специально обученного обслуживающего персонала. Возрастает трудоёмкость технического обслуживания и текущего ремонта транспортных средств. Как следствие, газобаллонные автомо-

били больше простаивают при проведении данных видов работ. Газобаллонные двигатели в холодное время года уступают своим бензиновым аналогам пусковым качествам. В виду указанных недостатков, область эффективного применения газовых топлив ограничена. Особенно спорным является вопрос эффективного применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями, так как наряду с газовым, данные двигатели расходуют значительное количество дизельного топлива [2], [5]. В этой связи, процесс эксплуатации данных автомобилей выбран в качестве объекта исследования.

Для определения области эффективного применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями выполнен технико-экономический анализ процесса их эксплуатации, составлена смета эксплуатационных затрат.

Технико-экономический анализ применения газовых топлив основан на результатах сравнительного расчёта затрат на эксплуатацию автобусов с установленной газовой топливной аппаратурой и без неё.

Все затратные статьи можно разделить на три группы: амортизационные отчисления A на обновление подвижного состава; постоянные затраты $Z_{пост}$ не зависящие от интенсивности эксплуатации и текущие затраты $Z_{тек}$, определяемые интенсивностью эксплуатации транспортного средства:

$$\sum Z = A + Z_{пост} + Z_{тек}, \quad (1)$$

Амортизационные отчисления на обновление подвижного состава определяются исходя из величины срока полезного использования, по формуле [6]:

$$A = C_b \cdot \frac{12}{НПИ}, \quad (2)$$

где C_b – балансовая стоимость транспортного средства, руб.;

$НПИ$ – нормативный срок полезного использования транспортного средства, мес.;

Постоянными являются затраты, которые ежегодно несёт собственник транспортного средства, независимо от интенсивности и условий эксплуатации. Данные затраты равномерно распределены в течение года. Их величина, рассчитывается по формуле:

$$Z_{пост} = Z_{общ.х} + T_n + Z_{стр} + Z_{т.осм} + H_{им}, \quad (3)$$

где $Z_{общ.х}$ – удельные общецеховые хозяйственные расходы, руб./автобус в год;

T_n – транспортный налог, руб.;

$Z_{стр}$ – затраты на страхование, руб.;

$Z_{т.осм}$ – затраты на проведение технического осмотра, руб.;

$H_{им}$ – налог на имущество (для юридических лиц), руб.;

Составляющие данной формулы определяются исходя из действующих нормативов и существующих тарифов по известным методикам [1], [7]–[9].

К текущим отнесены затраты, зависящие от интенсивности эксплуатации транспортного средства, их величина определяется по следующей формуле [3], [4], [6]:

$$Z_{текущ} = Z_{топ} + Z_{то} + Z_{рем} + Z_{шин} + Z_{вод} + Z_{конд}, \quad (4)$$

где $Z_{топ}$ – затраты на топливо, руб./км.;

$Z_{то}$ – затраты на техническое обслуживание автобусов, руб./км.;

$Z_{рем}$ – затраты на текущий ремонт, руб./км.;

$Z_{шин}$ – затраты на замену шин, руб./км.;

$Z_{вод}$ – затраты на заработную плату водителей, руб./км.;

$Z_{конд}$ – затраты на заработную плату кондукторов, руб./км.;

Затраты на топливо:

$$Z_{топ} = (q_{дтм} \cdot \Pi_{дтм} + q_{газ} \cdot \Pi_{газ}) L K_{ит}, \quad (5)$$

где $q_{дтм}$ – нормативный удельный расход дизельного топлива, л/км;

$q_{газ}$ – нормативный удельный расход газового топлива, л/км;

$\Pi_{дтм}$ – средняя цена одного литра дизельного топлива, руб.;

$\Pi_{газ}$ – средняя цена одного литра газового топлива, руб.;

L – пробег транспортного средства за расчётный период, км.;

$K_{ит}$ – коэффициент, определяемой суммой надбавок к нормативному расходу топлива, зависящих от условий эксплуатации.

Затраты на техническое обслуживание определяются исходя из следующего выражения:

$$Z_{то} = L \Sigma (Z_{тоi} / L_{тоi}), \quad (6)$$

где $Z_{тоi}$ – затраты на проведение одного обслуживания i -го вида, руб.;

$L_{тоi}$ – периодичность проведения i -го вида ТО, км.

При этом затраты на проведение i -го профилактического воздействия складываются из затрат на материалы и затрат на оплату труда персонала [1]:

$$Z_i = t_i \cdot C_{нч}^{ТО} + Z_{ми}, \quad (7)$$

где Z_i – затраты на проведение одного i -го профилактического воздействия, руб.;

t_i – скорректированная трудоёмкость i -го профилактического воздействия, чел-час.;

$C_{нч}^{ТО}$ – стоимость одного нормо-часа, руб.;

$Z_{ми}$ – стоимость материалов, используемых при проведении i -го профилактического воздействия, руб.

Удельные затраты на текущий ремонт определяются аналогично, исходя из удельных нормативных значений удельных трудоёмкостей.

Затраты на замену шин, на заработную плату водителей и ряд других затратных статей не зависят от вида используемого топлива. Поэтому, с целью упрощения расчёта, данные затратные статьи целесообразно исключить из сравнительного анализа.

На основе методики технико-экономического анализа, разработана математическая модель определения экономической эффективности применения газовых топлив на автотранспортных средствах с дизельными двигателями. Экономический эффект определяется как разница между суммарными годовыми эксплуатационными затратами при использовании газового топлива и без его применения.

В качестве внешних исследуемых параметров использованы: стоимость газового топлива, соотношение газового и дизельного топлива в газодизельном цикле, а так же годовой пробег транспортных средств. Данные параметры характеризуют интенсивность эксплуатации транспортных средств, параметры регулировки топливной аппаратуры и экономические условия реализации программы

перевода транспортных средств на газовое топливо.

Алгоритм практической реализации математического моделирования применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями представлен на рисунке 1.

Практическая апробация разработанной модели выполнена на базе ЗАО «Автоколонна №1825», как одного из крупнейших предприятий г. Оренбурга, участвующем в реализации Федеральной целевой программы перевода транспортных средств на газомоторное топли-

во. На базе предприятия исследованы модели автобусов, оснащённые газодизельной топливной аппаратурой: НЕФАЗ-5299, КАВЗ-4238 и ПАЗ-4230.

В настоящее время, в рамках реализации программы перевода транспортных средств на газовое топливо, установлена льготная цена – 7,66 руб. за литр сжиженного газа. В то же время, фактическая розничная цена на сжиженный газ установлена в размере 15,5 руб. за литр. Очевидно, что действие льготной цены имеет ограниченный срок, и она имеет тенденцию к росту. В этой связи, представляет интерес оценка влияния стоимости газового топлива на эффективность перевозок. Данная оценка проведена с использованием разработанной математической модели, при этом, для всех исследуемых моделей были просчитаны значения годового экономического эффекта при изменении цены на газ в интервале от 7 до 20 руб. с интервалом 1 руб. В результате моделирования получены графики зависимости годового экономического эффекта на единицу подвижного состава от стоимости газового топлива. Данные графики представлены на рисунке 2.

Другим параметром, исследуемым в процессе моделирования, является доля сжиженного газа в общем суммарном расходе топлива. Данная доля изменяется в зависимости от режимов движения транспортного средства, а так же в зависимости от настроек электронной системы управления подачей топлива. Исследование данного параметра так же выполнено с использованием разработанной математической модели. Моделирование производилось при изменении доли газового топлива от 10 до 50% с интервалом 10%. При этом исследование проведено для двух вариантов стоимости газового топлива по льготной и по действующей розничной цене.

Графики, иллюстрирующие результаты моделирования, представлены на рисунках 3 и 4.

Третьим исследуемым параметром является годовой пробег транспортных средств, как один из основных показателей, характеризующий интенсивность эксплуатации. Исследование данного параметра так же выполнено для двух вариантов стоимости топлива. Для первого варианта (льготная цена 7,66 руб.) моделирование проведено в интервале от 5 до

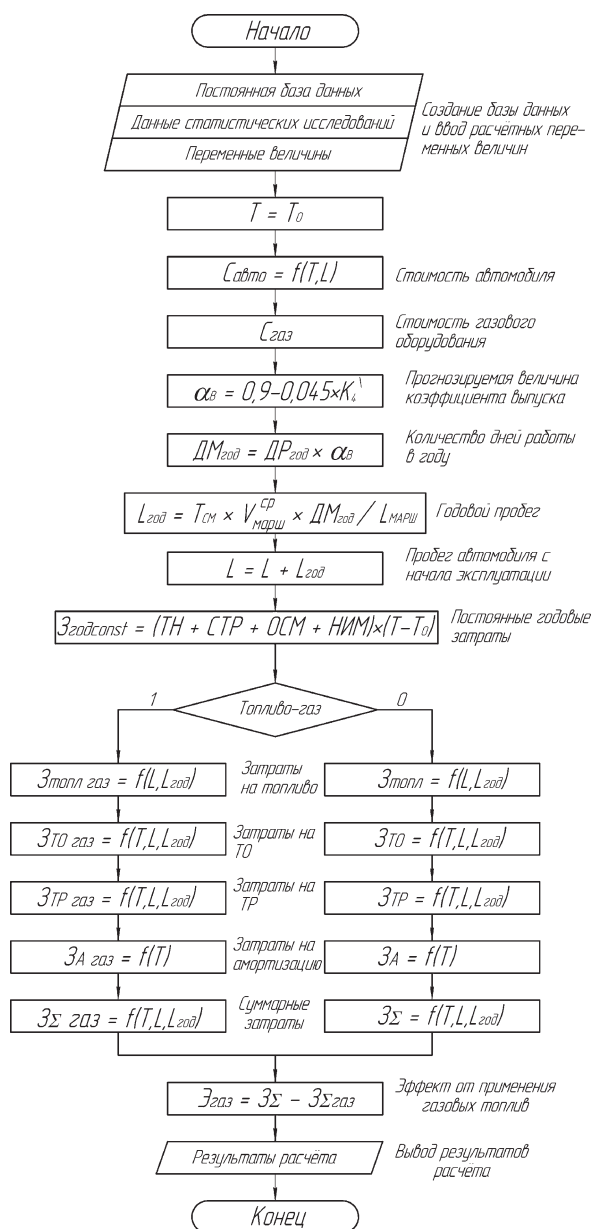


Рисунок 1. Алгоритм реализации математической модели применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями

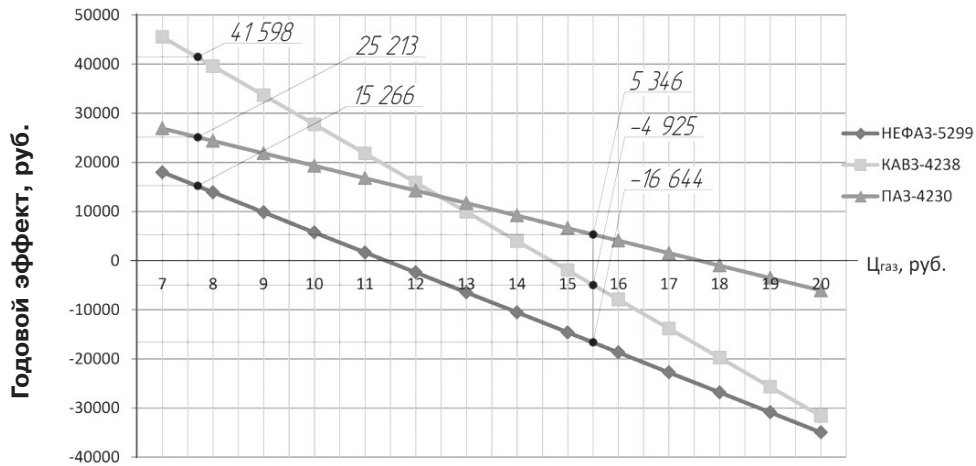


Рисунок 2. Зависимости годового эффекта на единицу подвижного состава от стоимости газового топлива

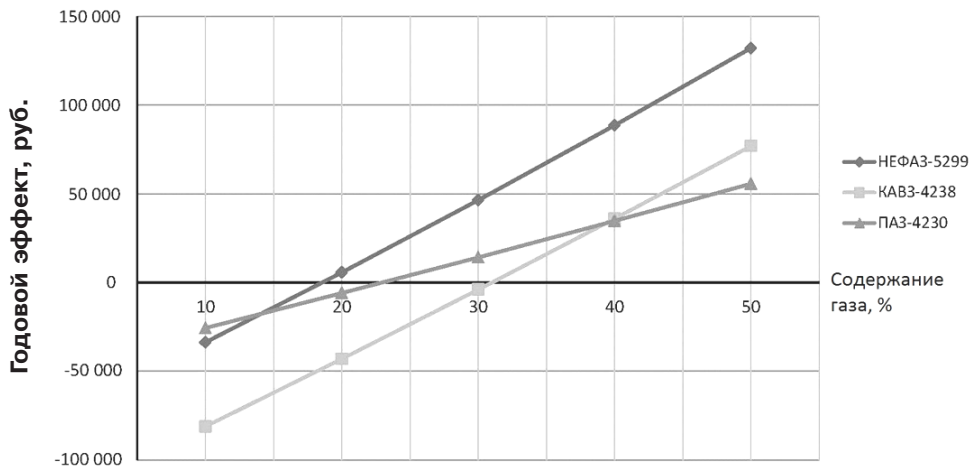


Рисунок 3. Зависимость годового эффекта от применения газовых топлив на газодизельных транспортных средствах от доли сжиженного газа в общем суммарном расходе топлива при льготной цене на газовое топливо 7,66 руб. за литр

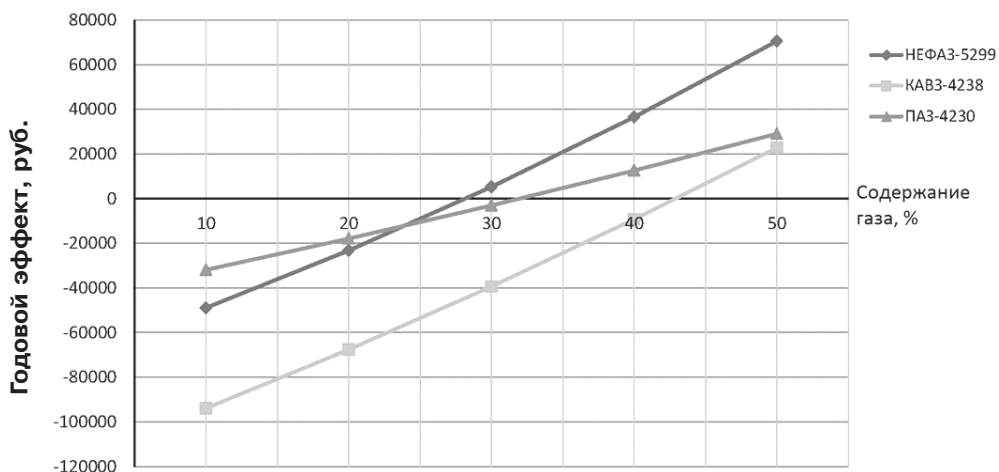


Рисунок 4. Зависимость годового эффекта от применения газовых топлив на газодизельных транспортных средствах от доли сжиженного газа в общем суммарном расходе топлива при розничной цене на газовое топливо 15,5 руб. за литр

Таблица 1. Значения эксплуатационных параметров, определяющие безубыточное применение газовых топлив

Эксплуатационные параметры	Значения		
	НЕФАЗ-5299	КАВЗ-4238	ПАЗ-4230
Максимально возможная стоимость газового топлива, руб.	11,5	14,7	17,6
Минимально-возможное содержание газа в топливной смеси при стоимости газа 7,66 руб., %	18	32	23
Минимально-возможное содержание газа в топливной смеси при стоимости газа 15,5 руб., %	28	43	32
Минимальный годовой пробег транспортного средства при стоимости газа 7,66 руб., км.	8 000	9 500	16 000
Минимальный годовой пробег транспортного средства при стоимости газа 15,5 руб., км.	-	-	21 000

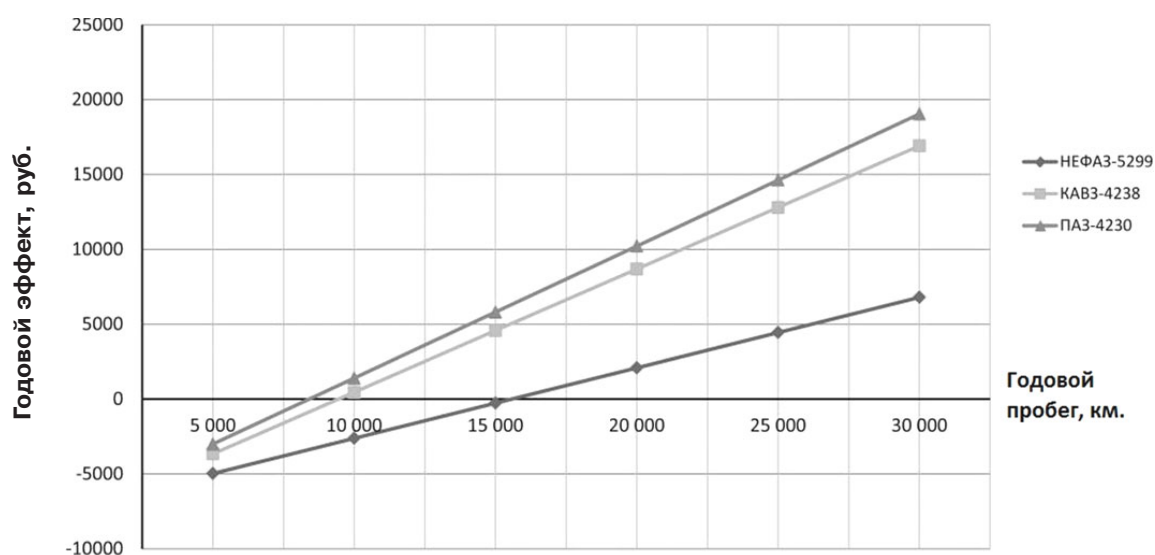


Рисунок 5. Зависимость годового эффекта от применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями от годового пробега при льготной цене на газ

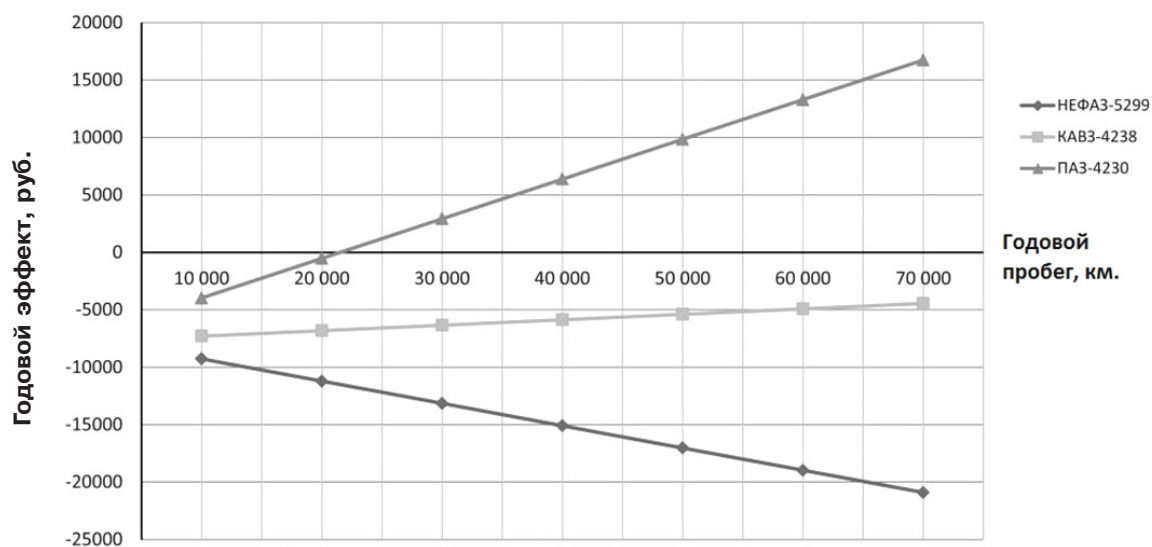


Рисунок 6. Зависимость годового эффекта от применения газовых топлив на автомобилях с дизельными двигателями от годового пробега при розничной цене на газ

30 тыс. км. с интервалом 5 тыс. км. Для второго варианта (розничная цена 15,5 руб.) моделирование выполнено в интервале 10 до 70 тыс. км. с интервалом 10 тыс. км. Результаты моделирования представлены на рисунках 5 и 6.

Таким образом, в результате моделирования для транспортных средств, эксплуатируемых на ЗАО «Автоколонна №1825» определён диапазон эксплуатационных параметров, характеризующих область эффективного применения газовых топлив. Данная область ограни-

чена точками безубыточности, значения которых представлены в таблице 1.

Полученные значения могут использоваться в качестве ориентиров для принятия управляющих решений в области эксплуатации транспортных средств на газовых топливах. Так же следует отметить, что разработанная авторами математическая модель является универсальной и применимой практически к любым моделям транспортных средств, эксплуатируемым в заданных условиях.

22.08.2014

Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках базовой части государственного задания на проведение научно-исследовательской работы «Методология обеспечения качества эксплуатации автомобильного транспорта» (№1829 от 01.02.2014 года)

Список литературы:

1. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. ГОСТ Р 51702-2001. [Текст] / – М.: Гос. комитет Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001. – 34 с.
2. Газобаллонные автомобили [Текст]: справочник / А.И. Морев [и др.]. – М.: Транспорт, 1992. – 175 с.
3. Карбанович, И.Н. Экономия автомобильного топлива [Текст]: опыт и проблемы / И.И. Карбанович. – М.: Транспорт, 1992. – 145 с.
4. Краткий автомобильный справочник [Текст] / М-во автомоб. трансп. РСФСР, Гос. науч.-исслед. ин-т автомоб. трансп. (ГосНИИАТ). – М.: Трансконсалтинг, 1994. – 779 с.
5. Лютко, В. Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания / Под ред. В. Лютко, В.Н. Луканина. – М.: МАДИ, 2000. – 311 с.
6. Российская Автотранспортная Энциклопедия [Текст]: техн. эксплуатация, обслуживание и ремонт автотрансп. средств / под ред. Е.С. Кузнецова. – М.: Просвещение, 2001. – Библиотека бухгалтера и предпринимателя; Вып. 2, Т. 3. – М. – 2001. – 456 с.
7. Требования пожарной безопасности для предприятий, эксплуатирующих автотранспортные средства на компримированном природном газе: Руководящий документ, РД-3112199-98.
8. ТУ 152-12-007-99 «Автомобили. Переоборудование грузовых, легковых и специализированных автомобилей в газобаллонные для работы на компримированном природном газе. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем»;
9. ТУ 152-12-008-99 «Автомобили и автобусы. Переоборудование грузовых, легковых автомобилей и автобусов в газобаллонные для работы на сжиженных нефтяных газах. Приемка на переоборудование и выпуск после переоборудования. Испытания газотопливных систем».

Сведения об авторах:

Дрючин Дмитрий Алексеевич, доцент кафедры автомобильного транспорта транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук, доцент,
e-mail: dda435@gmail.com

Фаттахова Альмира Файзулловна, доцент кафедры автомобильного транспорта транспортного факультета Оренбургского государственного университета, кандидат технических наук,
e-mail: alm-fed@mail.ru

460000, г. Оренбург, пр-т Победы, 149, ауд. 10202, тел. (3532) 912226