

² См.: Пряжников Н.С., Пряжникова Е.Ю. Психология труда. http://www.ido.rudn.ru/psychology/labour_psychology/index.html

³ См.: Там же.

⁴ См.: Огородников В.И. Организация работы кадровых служб в России: Моногр. Рязань, 2005. С. 122.

⁵ См.: Голодов П.В. Правовое регулирование и организация деятельности руководителя учреждения уголовно-исполнительной системы: Моногр. Вологда, 2007. С. 24.

⁶ См.: Там же. С. 23–24.

⁷ См.: Гришко А.Я., Киселев А.М., Летунов В.Н. и др. К вопросу о совершенствовании подготовки руководящих кадров в условиях реформирования УИС // Реформа уголовно-исполнительной системы России: состояние, проблемы, перспективы: Тезисы выступлений участников международной науч.-практ. конф. Рязань, 2004. С. 11.

⁸ См.: Голодов П.В. Правовое регулирование и организация деятельности руководителя учреждения уголовно-исполнительной системы. С. 24–26.

⁹ См.: Кочеткова А.И. Введение в организационное поведение и организационное моделирование. М., 2003. С. 242.

¹⁰ См.: Романов В.В. Юридическая психология. М., 2004. С. 383.

¹¹ См.: Коновалова Т.Ю., Дергачев В.Ф. Социально-психологическая компетентность руководителя органов внутренних дел: Лекция. Домодедово, 2002. С. 12.

¹² См.: Кибанов А.Я. Основы управления персоналом: Учеб. М., 2008. С. 187.

¹³ См.: Там же. С. 188–192.

² Sm.: Prjazhnikov N.S., Prjazhnikova E.Ju. Psihologija truda. http://www.ido.rudn.ru/psychology/labour_psychology/index.html

³ Tam zhe.

⁴ Sm.: Ogorodnikov V.I. Organizacija raboty kadrovyh sluzhb v Rossii: Monogr. Rjazan', 2005. S. 122.

⁵ Sm.: Golodov P.V. Pravovoe regulirovanie i organizacija dejatel'nosti rukovoditelja uchrezhdenija ugovolno-ispolnitel'noj sistemy: Monogr. Vologda, 2007. S. 24.

⁶ Sm.: Tam zhe. S. 23–24.

⁷ Sm.: Grishko A.Ja., Kiselev A.M., Letunov V.N. i dr. K voprosu o sovershenstvovanii podgotovki rukovodjajih kadrov v uslovijah reformirovanija UIS // Reforma ugovolno-ispolnitel'noj sistemy Rossii: sostojanie, problemy, perspektivy: Tezisy vystuplenij uchastnikov mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. Rjazan', 2004. S. 11.

⁸ Sm.: Golodov P.V. Pravovoe regulirovanie i organizacija dejatel'nosti rukovoditelja uchrezhdenija ugovolno-ispolnitel'noj sistemy. S. 24–26.

⁹ Sm.: Kochetkova A.I. Vvedenie v organizacionnoe povedenie i organizacionnoe modelirovanie. M., 2003. S. 242.

¹⁰ Sm.: Romanov V.V. Juridicheskaja psihologija. M., 2004. S. 383.

¹¹ Sm.: Konovalova T.Ju., Dergachev V.F. Social'no-psihologicheskaja kompetentnost' rukovoditelja organov vnutrennih del: Lekcija. Domodedovo, 2002. S. 12.

¹² Sm.: Kibanov A.Ja. Osnovy upravlenija personalom: M., 2008. S. 187.

¹³ Sm.: Tam zhe. S. 188–192.

Экологические перспективы переоборудования дизельных двигателей для работы на природном газе

Л.В. РУДАКОВ – доцент кафедры управления и организации производства Кировского филиала Академии ФСИН России, кандидат технических наук, доцент

В статье рассматриваются перспективы исследований по переводу дизельных двигателей для работы на природном газе. В материалах приводятся результаты обработки опытных данных.

Ключевые слова: экология; экологическая доктрина; модернизация дизельных двигателей; природный газ; альтернативное топливо.

The ecological perspectives of retrofitting the diesel engines to run on natural gas

L.V. RUDAKOV – Associate Professor of The Management and Production Organization Chair of the Kirov branch of the Russian Federal Penal Service Academy, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

The article covers the prospects of researchers on retrofitting the diesel engines to run on natural gas. The results of processing experimental data are presented.

Key words: ecology; environmental doctrine; modernization of the diesel engines; natural gas; alternative fuels.

Повышение технической оснащенности подразделений УИС является одной из первоочередных задач. Модернизация серийных дизелей транспортных средств может существенно снизить эксплуатационные

затраты и повысить экологичность автотранспорта.

На современном этапе развития нашего общества к основным источникам загрязнения атмосферы предъявляются все

более высокие требования, ужесточаются стандарты на выбросы вредных веществ с отработавшими газами автотранспорта ввиду того, что атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных элементов окружающей природной среды. Реальное повышение качества и конкурентоспособности продукции автомобилестроения осуществляется в соответствии с требованиями международных стандартов ISO 9000 – система качества, ISO 14000 – система экологического управления, согласно которым экологическая безопасность автомобиля для полного жизненного цикла и его отдельных стадий оценивается по следующим показателям: потребление природных ресурсов, суммарный расход энергии, загрязнение окружающей среды (атмосферы, гидросферы и литосферы). Экологическая безопасность автомобилей достигается за счет комплекса конструктивных и эксплуатационных мероприятий. Основными направлениями по улучшению экологических показателей двигателей внутреннего сгорания (ДВС) и экономии моторного топлива являются оптимизация режимов работы двигателя при помощи электронных систем управления, создание многотопливных автомобилей, повышение КПД двигателя и совершенствование процесса сгорания, использование альтернативных видов топлива. Развитие транспортного комплекса России значительно увеличивает негативное воздействие выбросов двигателей транспортных средств на окружающую среду и непосредственно на человека¹. Очевидно, что разработка транспортных средств, работающих на альтернативных видах моторного топлива не нефтяного происхождения, улучшение качества и экологических показателей ДВС являются в настоящее время одними из основных задач двигателестроения в России.

Вместе с тем в соответствии с основными положениями Экологической доктрины Российской Федерации стратегической целью государственной политики в области экологии является сохранение природных систем, поддержание их целостности и жизнеобеспечивающих функций для устойчивого развития общества, повышения качества жизни, улучшения здоровья населения и демографической ситуации, экологической безопасности страны. Первоочередная задача при этом заключается в снижении загрязнения окружающей среды выбросами и отходами, в связи с чем актуальными становятся модернизация и развитие экологи-

чески безопасных видов транспорта, транспортных коммуникаций и топлива, переход к экологически безопасному общественному транспорту – основному виду передвижения в крупных городах².

Развитие производства, увеличение количества используемой автомобильной техники, рост городов, строительства и других отраслей народного хозяйства страны, деятельность человека, связанная с освоением природных ресурсов, развитием сельского хозяйства, ежегодно увеличивают масштабы воздействия человека на окружающую природную среду и требуют повышенного внимания к охране атмосферного воздуха³.

В данных условиях немаловажная роль в улучшении экологической обстановки и снижении дефицита топливных ресурсов отводится модернизации серийно выпускаемых двигателей, поскольку разработка принципиально нового образца требует проведения длительных исследований и весьма значительных материальных затрат.

Известно, что практически все транспортные средства загрязняют атмосферу, однако основные источники загрязнения воздушной среды – двигатели автомобилей и тракторов. По оценкам специалистов, в настоящее время суммарная установленная мощность находящихся в эксплуатации транспортных двигателей составляет приблизительно 1400 млн кВт, что в 5,5 раз превышает установленные мощности всех ТЭЦ, ГЭС и АЭС нашей страны⁴.

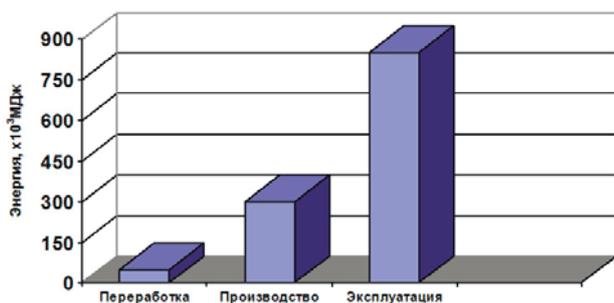
Таким образом, в России автотранспорт, являясь одним из основных источников загрязнения воздуха, выделяет около 40% всех вредных выбросов, что превышает аналогичный показатель развитых стран мира более чем в 1,7 раза. Автопарк нашей страны в настоящее время выбрасывает с отработавшими газами (ОГ) более 12 млн т вредных веществ в год, что составляет 45% от общих промышленных выбросов в атмосферу, а в крупных городах – до 90%⁵. Так, в Санкт-Петербурге эта величина составляет 71%, в Москве – 88%. В целом по России 60% городского населения проживают в городах с высоким и очень высоким загрязнением воздуха⁶. В настоящее время проблема снижения загрязнения атмосферы приобрела международный характер и стала общей для всех стран мира. В качестве силовых установок в мире находятся в эксплуатации многие сотни миллионов ДВС, которые потребляют для сжигания топлива более 1 млрд т кислорода, выбрасывая при этом в атмосферу сотни миллионов тонн оксида

углерода и десятки миллионов тонн окислов азота и несгоревших углеводородов⁷. Как уже отмечалось, транспортный комплекс России, являясь одной из основных отраслей экономики страны, оказывает огромное влияние на экологическую обстановку, выбрасывая в атмосферу большое количество загрязняющих веществ.

В настоящее время разработан первый в России специальный технический регламент «О требованиях к выбросам вредных (загрязняющих) веществ колесных транспортных средств, выпускаемых на территории Российской Федерации». Минтранс России утверждена «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г.». Согласно этому документу основным принципом развития транспортной инфраструктуры крупнейших городов является «экономическое стимулирование приоритетного использования в городах транспортной техники с повышенными экологическими показателями»⁸.

В ФГУП «НАМИ» на основе анализа мирового опыта и собственных исследований разработаны методики и программы для оценки экологической безопасности автомобилей, их агрегатов и горюче-смазочных материалов на основе концепции полного жизненного цикла (ПЖЦ)⁹. При этом материальный и энергетический баланс, а также загрязнение окружающей среды рассматриваются для каждой стадии, и самое существенное воздействие на экологию и потребление энергии приходится на время эксплуатации автотранспортного средства (диагр. 1).

Диаграмма 1
Затраты энергии в ПЖЦ автомобиля

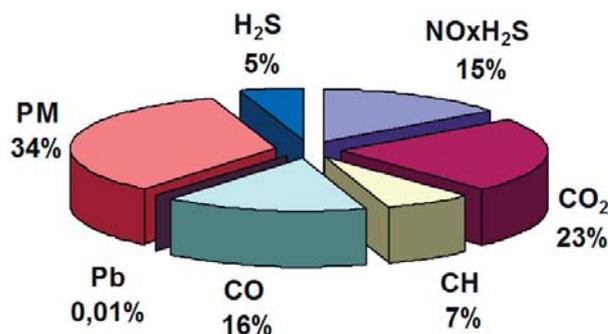


При расчете экологической безопасности по ПЖЦ, выполненному для грузового автомобиля грузоподъемностью 4500 кг при пробеге за период эксплуатации 500 тыс. км, выброс вредных веществ в атмосферу определяется по разработанной в ФГУП «НАМИ» методике определения экономического ущерба окружающей среде на основе

расчета приведенного выброса вредных веществ с ОГ двигателя.

Интегральная оценка влияния выбросов вредных веществ на окружающую среду и относительный «вклад» отдельных веществ во вредное воздействие на атмосферу представлены в диаграмме 2.

Диаграмма 2
Влияние различных веществ на загрязнение окружающей среды в ПЖЦ автомобиля



На данном этапе в России действуют федеральные целевые программы «Модернизация транспортной системы России (2002–2010 гг.)» с подпрограммой «Автотранспортная экология» (реализуется Минтранс России), «Экология и природные ресурсы России (2000–2010 гг.)», по которой государственным заказчиком является Министерство природных ресурсов Российской Федерации.

В настоящее время разработан специальный технический регламент «О требованиях к бензинам, дизельному топливу и другим горюче-смазочным материалам» с учетом норм международных документов – директивы 98/70/ЕС, Европейских нормалей ЕН 228 и ЕМ 590, Всемирной топливной хартии и др.¹⁰

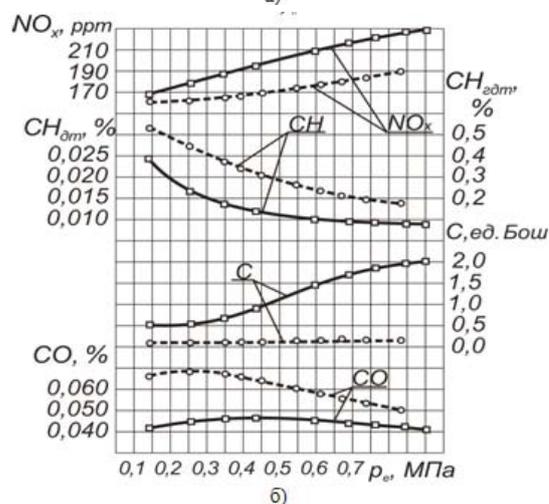
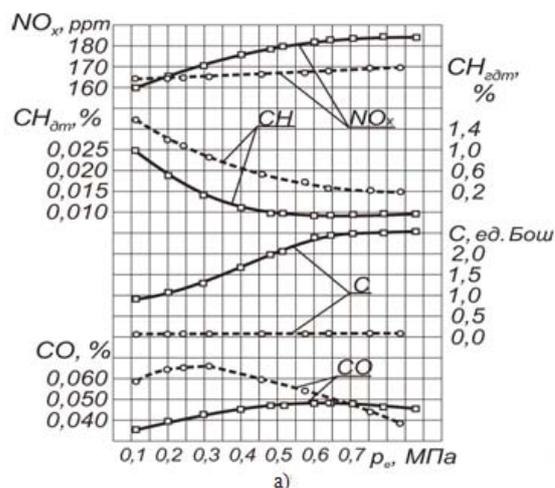
Весьма неблагоприятная экологическая обстановка во многих регионах, международные обязательства России по охране окружающей среды определяют большую значимость работ, направленных на ее оздоровление, в первую очередь снижение загрязнения атмосферного воздуха от вредных выбросов ДВС.

Одним из перспективных способов использования нетрадиционных видов топлив является перевод дизельного двигателя для работы на природном газе с частичной заменой дизельного топлива. Исследования влияния применения природного газа на экологические показатели работы дизеля с турбонаддувом 4СН 11,0/12,5 проводились в Вятской ГСХА. В результате эксперимента были получены опытные данные, приведенные в статье. Изменение содержания

токсичных компонентов в отработавших газах дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения 2400 мин⁻¹ и установочном угле опережения впрыскивания топлива 11 градусов до в.м.т. (оптимальном для дизельного процесса) представлено на рисунке 1а.

При анализе графиков видно, что содержание оксидов азота в отработавших газах при работе по газодизельному процессу ниже, чем по дизельному, практически во всем диапазоне изменения нагрузки и имеет равные значения (165 ppm) при $p_e = 0,2$ МПа и меньшие значения для газодизеля при увеличении нагрузки (при $p_e = 0,84$ МПа содержание NO_x снижается на 6,5% и составляет 172 ppm). Существенно сокращается содержание в отработавших газах сажи при работе по газодизельному процессу. Эффект особенно значителен в диапазоне нагрузок выше 0,6 МПа. Так, если при среднем эффективном давлении 0,84 МПа содержание сажи в отработавших газах при работе по дизельному процессу составляет 2,5 единиц шкалы Bosch, то при работе по газодизельному процессу – всего 0,1 единицы шкалы Bosch. Вместе с тем необходимо отметить, что при работе по газодизельному процессу возрастает содержание в отработавших газах CO на малых нагрузках. Так, при среднем эффективном давлении 0,11 МПа содержание CO в отработавших газах составляет 0,06% при работе по газодизельному процессу, в то время как по дизельному процессу всего 0,035%. Однако с увеличением нагрузки содержание CO в отработавших газах при работе по газодизельному процессу снижается и при среднем эффективном давлении 0,70 МПа равняется содержанию CO в отработавших газах дизельного процесса, а при дальнейшем увеличении нагрузки становится ниже значений дизельного процесса (на величину до 20%). Содержание в отработавших газах диоксида углерода ниже во всем диапазоне изменения нагрузки при работе по газодизельному процессу, причем с увеличением нагрузки разность в концентрациях при работе по дизельному и газодизельному процессам возрастает. Это объясняется тем, что при росте нагрузки увеличивается относительное замещение газом дизельного топлива, поскольку цикловая подача его остается постоянной, а регулирование нагрузки осуществляется изменением количества подаваемого в цилиндры газа. Зависимость содержания в отработавших газах суммарных углеводородов при работе по

газодизельному циклу имеет иной характер: концентрация существенно возрастает при уменьшении нагрузки и достигает максимума при сбросе нагрузки до режима, близкого



к холостому ходу.

Рис. 1. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при $\Theta_{впр} = 11^\circ$ п.к.в.:

а) — $n = 2400$ мин⁻¹; б) — $n = 1900$ мин⁻¹;

— дизельный процесс;

- - - - газодизельный процесс

Изменение содержания токсичных компонентов в отработавших газах дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки при частоте вращения 1900 мин⁻¹ и установочном угле опережения впрыскивания топлива 11 градусов до в.м.т. (оптимальном) представлено на рисунке 1б.

Закономерности изменения содержания токсичных компонентов в отработавших газах при работе по дизельному и газодизельному процессам аналогичны рассмотренным выше. Изменяются только абсолютные значения. Содержание сажи в отработавших газах при работе по дизельному про-

цессу снижается (по сравнению с режимом $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$) и достигает при номинальных значениях нагрузки 2 единиц шкалы bosch.

Значения содержания сажи в отработавших газах при работе по газодизельному процессу во всем диапазоне нагрузок не превышают 0,2 единиц шкалы Bosch. Значения концентраций оксидов азота при $n = 1900 \text{ мин}^{-1}$ лежат ниже значений при $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ при обоих процессах во всем диапазоне изменения нагрузки. Так, при $p_e = 0,84 \text{ МПа}$ содержание NO_x снижается на 15% и составляет 170 ppm для газодизельного процесса.

Концентрации CO , CO_2 и CH в отработавших газах при данной частоте вращения при обоих процессах лежат выше значений, соответствующих номинальной частоте вращения.

Таким образом, проанализировав влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения нагрузки, можно утверждать следующее: существенно снижается содержание в отработавших газах сажи и оксидов азота при работе по газодизельному процессу.

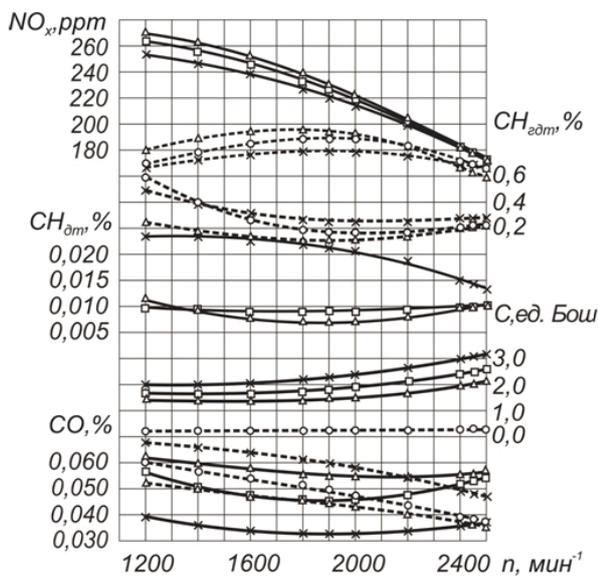


Рис. 2. Влияние применения природного газа на экологические показатели дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 в зависимости от изменения частоты вращения:

— дизельный процесс;
 - - - газодизельный процесс

Поскольку суммарные углеводороды и оксид углерода являются продуктами неполного сгорания, то на увеличение их процентного содержания в отработавших газах

оказывает влияние ухудшение процесса сгорания на малых нагрузках из-за переобеднения газовой смеси вследствие использования качественного способа регулирования мощности и воспламенения запальным дизельным топливом. В результате при малых нагрузках процесс распространения фронта пламени и весь процесс сгорания в целом протекают менее интенсивно, способствуя неполному сгоранию топлива.

Содержание токсичных компонентов в отработавших газах дизеля 4ЧН 11,0/12,5 при работе по дизельному и газодизельному процессам на установочном угле опережения впрыскивания топлива 11 градусов в зависимости от частоты вращения представлено на рисунке 2.

Из графиков следует, что при увеличении частоты вращения во всем рассматриваемом диапазоне содержание в отработавших газах сажи ниже при работе на природном газе с запальной порцией ДТ.

Содержание сажи с увеличением частоты вращения растет при работе по дизельному процессу с 1,6 до 2,5 ед. bosch из-за снижения количества времени, отводимого на окисление сажевых частиц. При работе по газодизельному процессу содержание сажи в ОГ практически не изменяется (0,1...0,2 ед. Bosch) и определяется величиной запальной порции дизельного топлива.

Содержание оксидов азота при работе по газодизельному процессу ниже по сравнению с дизельным процессом во всем диапазоне изменения частоты вращения, причем с увеличением частоты вращения концентрация оксидов азота уменьшается.

При $\Theta_{\text{впр}} = 11$ градусов с увеличением частоты вращения содержание NO_x в ОГ снижается с 265 до 170 ppm для дизельного процесса. Для газодизеля с турбонаддувом содержание NO_x значительно меньше и изменяется в диапазоне от 170 до 190 ppm.

Содержание суммарных углеводородов выше для газодизельного процесса работы во всем диапазоне изменения частоты вращения и с увеличением частоты вращения снижается (при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ$ п.к.в. содержание CH в ОГ сокращается с 0,6 до 0,2%, то есть в 3 раза при повышении частоты вращения от 1200 до 2500 мин^{-1}).

Содержание в отработавших газах CO при работе по дизельному процессу снижается с увеличением частоты вращения, причем при газодизельном процессе концентрация CO лежит несколько выше дизельного процесса.

При этом содержание СО для газодизельного процесса становится ниже, чем для дизельной модификации, при $n > 2000 \text{ мин}^{-1}$.

Необходимо отметить, что при переходе с дизельного на газодизельный процесс при $\Theta_{\text{впр}} = 11^\circ \text{ п.к.в.}$ и $n = 2400 \text{ мин}^{-1}$ содержание NO_x в ОГ снижается со 183 до 172 ppm, то есть на 6%, дымность ОГ снижается с 2,5 до 0,1 ед. по шкале Bosch, то есть на 96%, со-

держание СО снижается с 0,046 до 0,039%, то есть в 1,2 раза.

Принимая во внимание опытные данные, следует констатировать положительное влияние применения природного газа на экологические показатели работы дизеля с турбонаддувом 4ЧН 11,0/12,5 и возможность дальнейшей модернизации серийно выпускаемого двигателя.

ПРИМЕЧАНИЯ

¹ См.: Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев В.Ф. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле. М., 2001.

² См.: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.08.2002 г. № 1225-р. «Об экологической доктрине Российской Федерации».

³ См.: Лиханов В.А. Природный газ как моторное топливо для тракторных дизелей. Киров, 2002.

⁴ См.: Ипатов А.А., Эйдинов А.А. О реализации в среднесрочной перспективе (2005–2008 гг.) приоритетных задач, предусмотренных «Концепцией развития автомобильной промышленности России» // Автомобиль и техносфера: Материалы IV международной науч.-практ. конф. Казань, 2005. С. 29–48.

⁵ См.: Швецов В. А. Проблемы и перспективы перевода автомобильного транспорта на газомоторное топливо // Там же. С. 71–74.

⁶ См.: Карницкий Е. Экологическая безопасность страны // Автомобильный транспорт. 2006. № 1. С. 25–29.

⁷ См.: Лиханов В.А. Природный газ как моторное топливо для тракторных дизелей.

⁸ Карницкий Е. Экологическая безопасность страны. С. 25–29.

⁹ См.: Звонов В.А., Козлов А.В., Кутенев В.Ф. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле.

¹⁰ См.: Карницкий Е. Экологическая безопасность страны. С. 25–29.

¹ См.: Zvonov V.A., Kozlov A.V., Kutenev V.F. Jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilja v polnom zhiznennom cikle. M., 2001.

² См.: Rasporjazhenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 31.08.2002 g. № 1225-r. «Ob jekologicheskoj doktrine Rossijskoj Federacii».

³ См.: Lihanov V.A. Prirodnyj gaz kak motornoe toplivo dlja traktornyh dizelej. Kirov, 2002.

⁴ См.: Ipatov A.A., Jejdinov A.A. O realizacii v srednesrochnoj perspektive (2005–2008 gg.) prioritetnyh zadach, predusmotrennyh «Konceptiej razvitija avtomobil'noj promyshlennosti Rossii» // Avtomobil' i tehnosfera: Materialy IV mezhdunarodnoj nauch.-prakt. konf. Kazan', 2005. S. 29–48.

⁵ См.: Shvecov V. A. Problemy i perspektivy perevoda avtomobil'nogo transporta na gazomotornoe toplivo // Tam zhe. S. 71–74.

⁶ См.: Karnickij E. Jekologicheskaja bezopasnost' strany // Avtomobil'nyj transport. 2006. № 1. S. 25–29.

⁷ См.: Lihanov V.A. Prirodnyj gaz kak motornoe toplivo dlja traktornyh dizelej.

⁸ Karnickij E. Jekologicheskaja bezopasnost' strany. S. 25–29.

⁹ См.: Zvonov V.A., Kozlov A.V., Kutenev V.F. Jekologicheskaja bezopasnost' avtomobilja v polnom zhiznennom cikle.

¹⁰ См.: Karnickij E. Jekologicheskaja bezopasnost' strany. S. 25–29.