УДК 303.732; 658.7:33

ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ПЕРЕВОДА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ГАЗОМОТОРНОЕ ТОПЛИВО

Макарова И.В., Хабибуллин Р.Г., Габсалихова Л.М., Валиев И.И.

Казанский (Приволжский) федеральный университет, Набережные Челны, e-mail: kamIVM@mail.ru

Статья посвящена разработке практической методики оценки перспектив, рисков и анализа экологической эффективности мероприятий, связанных с развитием автомобильного рынка на газомоторном топливе. Приведена оценка негативного влияния автомобильного транспорта на окружающую среду и преимущества его перевода на газомоторное топливо. Проанализированы предпосылки для перехода общественного транспорта, а также транспорта коммунальных служб на газомоторное топливо. Рассмотрены преимущества использования природного газа как безопасного, экологически чистого и экономичного вида альтернативного топлива. Приведены и проанализированы сдерживающие факторы перехода автомобильного транспорта на газомоторное топливо. Указаны пути решения данных проблем с учетом мер, предпринимаемых государством для стимулирования развития данного направления с целью обеспечения устойчивого развития транспортной системы и городов. Проведен качественный анализ рисков, характерных для проектов по расширению сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций и развитию сервиса газобаллонных автомобилей.

Ключевые слова: газомоторное топливо, анализ рисков, экологическая эффективность, карта рисков, сервис газобаллонных автомобилей

PROSPECTS AND RISKS THE TRANSITION OF MOTOR TRANSPORT AT THE GAS FUEL

Makarova I.V., Khabibullin R.G., Gabsalikhova L.M., Valiev I.I.

Kazan (Volga Region) Federal University, Naberejnye Chelny, e-mail: kamIVM@mail.ru

The article is devoted to development of practical methods an assessment of prospects, risks and analysis of ecological efficiency of the actions connected with development of the automobile market on gas motor fuel. The assessment of negative influence of the motor transport on environment and advantages of its transfer to gas motor fuel is given. Preconditions for transition of public transport, and also transport of utility services on gas fuel are analyzed. Advantages of use of gas motor fuel as safe and environmentally friendly type of alternative fuel are considered. Limiting factors of transition of the automobile transport on gas fuel are described and analyzed. Solutions of these problems taking into account the measures undertaken by the state for stimulation of development of this direction for the purpose of providing a sustainable development of transport system and the cities are specified. High-quality risk analysis, characteristic for projects on expansion of a network of automobile gas-filling compressor stations and development of service of gas cylinder cars is carried out.

Keywords: gas motor fuel, risk analysis, ecological efficiency, card of risks, service of gas cylinder cars

Поскольку нефть относится к невозобновляемым источникам энергии и добывается в таких масштабах, что в скором будущем ее запасы будут полностью исчерпаны, вопрос о поиске альтернативных видов моторного топлива не теряет своей актуальности на протяжении последних десятилетий во всем мире.

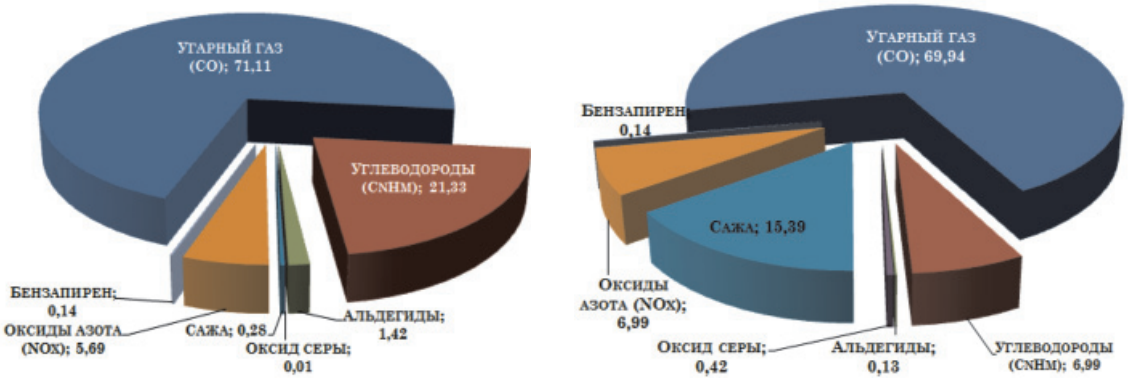
Вторая не менее серьезная проблема, связанная с ростом автомобилизации, – негативное воздействие автотранспорта на окружающую среду. Выхлопы автотранспорта являются одной из самых серьезных причин загрязнения воздуха в крупных городах. Так, в Москве и в других мегаполисах России доля автомобильных выхлопов составляет более 90 % от совокупных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. В городах с менее развитой промышленностью доля вклада автомобильных выхлопных газов не намного меньше (порядка 80÷90 %). В целом по России выбросы автотранспорта в атмосферу составляют 42 % от их суммарного количества [2, 5].

По заключению исследователей из Корнельского университета, сорок процентов смертей в мире вызваны влиянием загрязнения воздуха, воды, почвы. Ядовитые выбросы в атмосферу убивают ежегодно около трёх миллионов человек. Основные причины смертей, вызванных загрязнением атмосферного воздуха, – это рак, врождённые патологии, нарушение работы иммунной системы организма человека. Вдыхание воздуха, в котором присутствуют продукты горения (разреженный выхлоп дизельного двигателя), даже в течение непродолжительного времени, например, увеличивают риск получить ишемическую болезнь сердца.

Промышленные предприятия и автотранспорт выбрасывают чёрный дым и зеленовато-жёлтый диоксид, которые повышают риск ранней смерти. Даже сравнительно низкая концентрация этих веществ в атмосфере вызывает от 4 до 22 процентов смертей до сорока лет. Очень опасным симптомом для человечества

является то, что загрязнение воздуха повышает вероятность рождения детей с пороками развития [1].

Растущий уровень автомобилизации вынуждает к поиску решений по снижению негативного влияния автотранспорта на окружающую среду: ужесточаются требования к экологической безопасности автомобилей, вводятся жесткие стандарты «Евро-4», «Евро-5», разрабатывается «Евро-6». Особенно актуальным вопрос повышения экологической безопасности является для больших городов и регионов с санаторно-курортными зонами [7].



а б

Рис. 1. Загрязняющие вещества в выхлопных газах автомобилей: а – с бензиновым двигателем; б – с дизелем

Природный газ в последнее десятилетие вызывает все больший интерес потребителей. Все шире применяют данный вид топлива компании, занимающиеся перевозками пассажиров и грузов, а также коммунальные и строительные. В качестве моторного топлива природный газ используется главным образом в двух разновидностях – в виде сжиженного углеводородного газа (СУГ) и в виде компримированного (сжатого) природного газа (КПГ). Интерес к газомоторному топливу связан с его низкой стоимостью и высокой экологичностью. Так, стоимость компримированного (сжатого) природного газа (КПГ) составляет около 50% от стоимости бензина, а сжиженного углеводородного газа (СУГ) – 75%. При более низкой (в два раза ниже, чем у дизельного топлива) цене на газ энергоотдача практически одинаковая – 0,95:1. Немаловажным фактором является и более стабильная по сравнению с нефтью цена на газ. Как объясняют специалисты, компримированный (сжатый) природный газ (КПГ) метан является наиболее дешевым из всех широко используемых в настоящее время видов моторного топлива. Затраты на 100 км пробега на автомобиле с метановым двигателем почти на 60% ниже, чем на автомобиле с двигателем, использующим сжиженный углеводородный газ (СУГ), более чем в 2 раза ниже, чем на автомобиле с классическим дизельным двигателем, и в 2,5 раза ниже, чем с бензиновым.

Объективными предпосылками роста в последние годы интереса к газу как моторному топливу помимо экономических показателей являются более высокие энергетические и экологические характеристики по сравнению с нефтяными топливами. Из всех массово используемых моторных топлив и технологий природный газ обеспечивает наиболее безопасные выбросы отработавших газов, оказывает меньшее воздействие на смазочные масла (на 30–40%). Так, перевод автомобилей с бензина на газ позволяет снизить в среднем в пять раз выбросы вредных веществ, а шумовое воздействие – вдвое. Кроме того, газ не содержит основного загрязнителя бензина – серы, поэтому даже самый очищенный бензин стандарта «Евро-5» не может и близко сравниться по чистоте сгорания с газовым топливом. Немаловажным фактором является более стабильная по сравнению с нефтью цена на газ и более высокая экономичность: при более низкой (в два раза ниже, чем у дизельного топлива) его цене энергоотдача почти одинаковая – 0,95:1.

Мировой парк газомоторных автомобилей с 2000 года увеличился более чем в три раза. В настоящее время на КПГ работают 14,7 млн автомобилей, что составляет 1,5% от мирового парка (900 млн ед.). В последние годы мировой парк автомобилей, работающих на природном газе, увеличивается на 25–30% в год. Сегодня в мире насчитывается уже 20 746 автомобильных

газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС).

Стимулирующим фактором перехода на газомоторное топливо следует считать тот факт, что в России предусмотрены программы государственной поддержки перевода общественного транспорта на газовое топливо. Председатель Правительства РФ Дмитрий Медведев, выступая на совещании по развитию автомобильной промышленности на среднесрочную перспективу, озвучил идею перехода страны на газомоторное топливо [3], а 13.05.2013 г. подписал Постановление о массовом (не менее 50%) переводе на газовое топливо общественного транспорта. Это направление является перспективным, поскольку пассажирский транспорт является дотационным в основном за счет высоких расходов на топливо. При наличии мер государственной поддержки на приобретение автобусов на газомоторном топливе пассажирские перевозки станут выгодными:

- для граждан – ввиду снижения стоимости проезда;
- для перевозчиков – за счет использования более дешевого топлива;
- для государства – за счет сокращения или отмены дотаций на перевозки.

Помимо этого перспективность данного направления для России обусловлена тем, что, обладая крупнейшими мировыми запасами природного газа, она пока занимает лишь 5 место в мире по числу автомобилей на СУГ (1,3 млн) и делит 17–18 места с США по числу автомобилей на КПГ (около 100 тыс.).

При использовании метана в качестве моторного топлива продукты неполного сгорания практически не образуются, поскольку всегда есть избыток кислорода. Окислы азота образуются в меньшем количестве, так как температура сгорания бедных смесей значительно ниже. Пристеночный слой камеры сгорания при использовании бедных газо-воздушных смесей содержит меньший объем топлива, чем при более богатых бензино-воздушных. Таким образом, при правильно отрегулированном метановом газовом двигателе выбросы в атмосферу угарного газа сокращаются в 5–10 раз по сравнению с бензиновым, окислов азота выделяется в 1,5–2,0 раза меньше, а углеводородов – в 2–3 раза меньше. Кроме того, при использовании метана значительно снижается выделение так называемых парниковых газов. Содержание углерода по весу в составе метана – 75%, а в составе бензина – 85%, поэтому при полном сгорании природного газа двуокиси углерода (CO_2) образуется на 13% меньше, чем при сгорании бензина.

Учитывая, что среднегодовой пробег автомобиля КАМАЗ составляет 80 000 км, а среднегодовой расход топлива при расходе 40 л на 100 км составляет 32 000 литров, можно оценить насколько снизятся выбросы токсичных веществ в атмосферу в год при эксплуатации одного автомобиля при переводе его на газовое топливо (рис. 2).

Высокая экологическая эффективность данного вида топлива подтверждается и тем фактом, что количество токсичных выбросов, выделяемых газовыми двигателями КАМАЗ, значительно меньше, чем допускается нормативами «Евро-4»: NMHC (неметановых углеводородов) – в 1,9 раза; CH4 (метана) – в 3,2 раза; CO (оксида углерода) – в 200 раз; NOx (оксидов азота) – в 1,6 раза.

Главным сдерживающим фактором при развитии данного направления является неподготовленность инфраструктуры к массовому использованию техники с газовыми двигателями, поэтому необходимо оценить риски, связанные с реализацией указанного проекта.

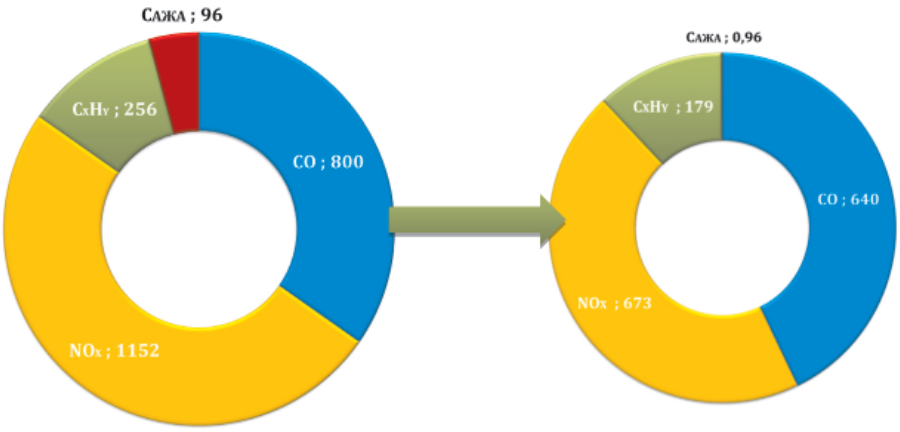


Рис. 2. Снижение токсичности выбросов одного автомобиля КАМАЗ с газовым двигателем в год по сравнению с дизельным

Особенность газомоторной техники заключается в том, что она требует более частых дозаправок, что в свою очередь требует более плотного кольца газовых заправок [4], в силу чего развитие инфраструктуры предусматривает расширение сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Кроме того, необходимо расширение, либо модернизация сети сервисных центров [6], в которых предусмотрены участки по обслуживанию газобаллонного оборудования (ГБО). Необходимо оценить риски по каждому из этих направлений инфраструктурных изменений: расширение сети АГНКС и развитие сервисной сети, для чего на первом этапе обычно строится логическая карта рисков (рис. 3).

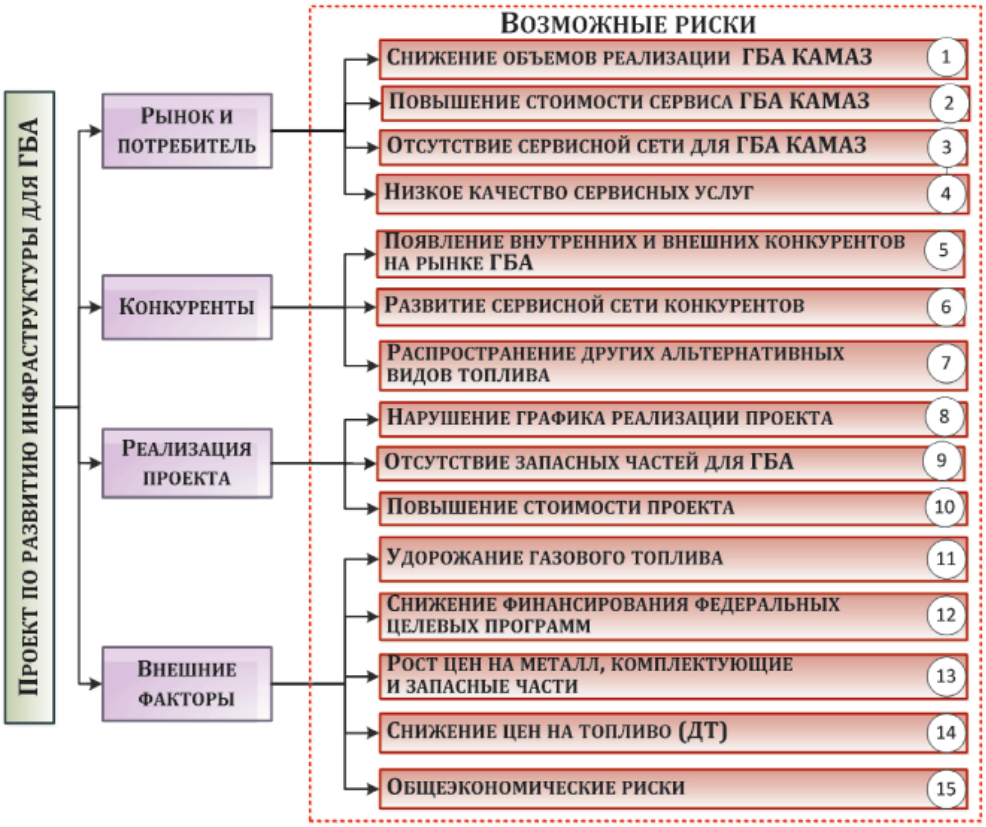


Рис. 3. Логическая карта рисков проекта создания инфраструктуры для ГБА КАМАЗ

Возникновение рисковых ситуаций при формировании инфраструктуры как системы, обеспечивающей возможности эксплуатации ГБА, может быть вызвано как отдельными причинами для сети АГНКС и сервисной сети, так и общими для них обоих (см. рис. 3). Кроме того, риски могут быть вызваны как внешними воздействиями, так и изменениями параметров самой системы, при этом могут возникнуть синергетические эффекты, как положительно влияющие на состояние системы, так и оказывающие отрицательное воздействие на состояние ее подсистем.

Например, маркетинговый риск представляет собой опасность выбора ошибочной стратегии поведения на рынке. Это могут быть неправильная ориентация на потребителя продукта и услуг, ошибки в выборе ассортимента, неправильная оценка конкурентов и т.д., тем самым снижение объемов реализации ГБА. Риск повышения стоимости организации сервиса свидетельствует о неэффективности его организации, что требует принятия соответствующих мер. Под общеэкономическими рисками понимается изменение основных экономических показателей государства: темпов роста ВВП, увеличения внешнего долга, высокого уровня инфляции и т.д.

Анализ рисков осуществляется методом экспертных оценок. При этом учитывается мнение не менее 10 экспертов, хорошо знакомых с существом проблемы. Каждому эксперту предоставляется перечень рисковых ситуаций и предлагается оценить вероятность их наступления по следующей системе: 0 – риск рассматривается как

маловероятный; 25 – риск, скорее всего, не реализуется; 50 – о наступлении события ничего определенного сказать нельзя; 75 – риск, скорее всего, проявится; 100 – риск наверняка реализуется. Вес показателя: 1 – без последствий; 2 – последствия незначительны; 3 – последствия серьезные, но не критические; 4 – критический уровень последствий.

Оценки экспертов анализируются на непротиворечивость по следующим правилам:

1) max $|A_i - B_i| \leq 50$, $i = \mathbf{1...}n$, где A_i, B_i оценки двух экспертов в отношении i-го риска, то есть максимальная разница между оценками экспертов по любому фактору должна быть не больше 50;

2) $\Sigma|A_i - B_i|/n \leq 25$.

Используется для согласования оценок экспертов в среднем. Для этого оценки суммируются по модулю и делятся на число рисков. Если между экспертами обнаружены противоречия, они обсуждаются на совещаниях для выработки согласования по данному вопросу. Вероятность возникновения и значимость рисков затем отражается на диаграммах (картах) рисков (рис. 4–5).

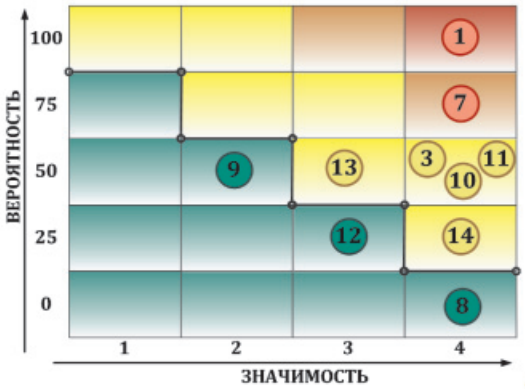


Рис. 4. Карта рисков расширения сети АГНКС

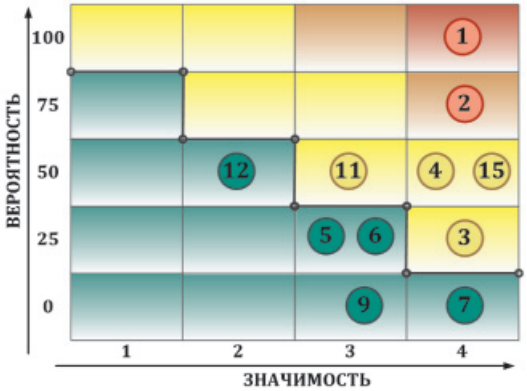


Рис. 5. Карта рисков расширения сервиса для ГБА

Качественный анализ рисков, характерных для проектов по расширению сети АГНКС и развитию сервиса ГБА, показал, что наиболее критичными из всех видов риска являются маркетинговый (снижение объемов реализации ГБА), повышение стоимости сервиса, а также распространение других альтернативных видов топлива.

Для контроля наиболее критичных видов риска были выделены KPI (Key Performance Indicator), которые позволяют в случае достижения уровня максимального отклонения (для каждого из вариантов сценариев развития) предпринимать соответствующие меры по реализации стратегии выхода из рисковой ситуации (таблица). Учет риска, вызванного сокращением объемов реализации ГБА, заключается в составлении пессимистичного и оптимистичного сценариев развития рынка продаж автомобилей и прогноза вероятности каждого из них.

KPI контроля риска колебания численности парка газобаллонной автотехники КАМАЗ при пессимистичном сценарии развития

Год	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Пессимистичный прогноз, ед.	43	58	78	106	143	193	260	300	324	350	378	408	441	476	514	555	600	664
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
Допустимое снижение численности парка, ед.	26	35	47	64	86	116	156	180	194	210	227	245	265	286	308	333	360	398

Своевременное определение риска, его оценка и контроль позволяют сократить потери, предотвратить неблагоприятные события, связанные с наступлением рисковых ситуаций. Мониторинг параметров системы необходим для быстрого реагирования на изменение ситуации и принятия обоснованных решений.

Список литературы

1. Загрязнение воздуха в России – URL: http://www.dishisvobodno.ru/zagryaznenie-vozdukha-v-rossii.html. Дата обращения: 17.08.2013.

2. Константинов, А.П. Экология и здоровье: опасности мифические и реальные // Экология и жизнь. – 2012. – № 9. – С. 82–86.

3. Медведев задумал перевести все автомобили в стране на газ. – URL: http://www.tsg66.ru/novosti/v-mire/medvedev-zadumal-pereves-vse-avtomobili-v-strane-na-gaz.html. Дата обращения: 15.06.2013.

4. Сливай бензин – URL: http://gt-garazh.3dn.ru/news/slivaj_benzin/2010-06-30-575 Дата обращения: 10.05.2013.

5. Смуров, А.В. Современное состояние атмосферного воздуха / А.В. Смуров, В.В. Снакин, Н.Г. Комарова // Экология России. – 2012. – С. 12–33.

6. Makarova I. Dealer-service center competitiveness increase using modern management methods / I. Makarova, R. Khabibullin, A. Belyaev, E. Belyaev // Transport Problems. – Poland – Silesian University of Technology, Faculty of Transport. – 2012. – Vol. 7, Issue 2. – P. 53–59.

7. Makarova I. Urban transport system management in the context of region sustainable development strategy / I. Makarova, R. Khabibullin, A. Belyaev, E. Belyaev, V.Mavrin // Transport Problems. – Poland – Silesian University of Technology, Faculty of Transport. – 2013. – Vol. 8, Issue 2. – P. 107–111.

References

1. Air pollution in Russia – URL: http://www.dishisvobodno.ru/zagryaznenie-vozdukha-v-rossii.html. Reference date: 17.08.2013.

2. Konstantinov, A.P. Ecology and health: risks mythical and real // Ecology and life, no. 9, 2012 г., pp. 82–86.

3. Medvedev decided to transition all cars in the country on the gas. – URL: http://www.tsg66.ru/novosti/v-mire/medvedev-zadumal-pereves-vse-avtomobili-v-strane-na-gaz.html. Reference date: 15.06.2013.

4. Pour gasoline – URL: http://gt-garazh.3dn.ru/news/slivaj_benzin/2010-06-30-575 Reference date: 10.05.2013.

5. Smurov, A.V. Modern condition of atmospheric air / Smurov A.V., V.V. Snakin, N. Komarova // Ecology of Russia, Educational publication, 2012, pp. 12–33.

6. Makarova I. Dealer-service center competitiveness increase using modern management methods / I. Makarova, R. Khabibullin, A. Belyaev, E. Belyaev // Transport Problems. Poland Silesian University of Technology, Faculty of Transport. 2012. Vol. 7, Issue 2. P. 53–59.

7. Makarova I. Urban transport system management in the context of region sustainable development strategy / I. Makarova, R. Khabibullin, A. Belyaev, E. Belyaev, V. Mavrin // Transport Problems. Poland Silesian University of Technology, Faculty of Transport. 2013. Vol. 8, Issue 2. pp. 107–111.

Рецензенты:

Хайруллин А.Х., д.т.н., профессор кафедры автоматизации и управления Набережночелнинского института Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Набережные Челны;

Ахметзянова Г.Н., д.п.н., зав. кафедрой «Информационные системы в экономике» Набережночелнинского филиала Института экономики, управления и права, г. Казань.

Работа поступила в редакцию 23.09.2013.