УДК 629.33.005.52–021.272

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-245-253

© Ю. В. Немчиков, магистрант

© Yu. V. Nemchikov, undergraduate

© В. Ф. Глазков, канд. техн. наук, доцент

© V. F. Glazkov, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: yuriy1993@inbox.ru, gvf_41@bk.ru

E-mail: yuriy1993@inbox.ru, gvf_41@bk.ru

КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГАЗОНАПОЛНИТЕЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ ТРАНЗИТНЫХ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

CONCEPTION OF FORMING THE INFRASTRUCTURE OF THE AUTOMOBILE COMPRESSOR GAS STATIONS FOR TRANSIT TRAFFIC FLOWS IN ST. PETERSBURG

Изложена концепция формирования инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) для транзитных автотранспортных потоков Санкт-Петербурга. С учетом устойчивой тенденции по переводу автомобильного транспорта на газомоторное топливо был выполнен анализ и дана характеристика его транзитных потоков, проходящих по основным магистралям Санкт-Петербурга. Выполнена оценка существующей инфраструктуры АГНКС города, которая не в состоянии обеспечить заправку транзитных автомобилей газомоторным топливом и имеет значительные недостатки. Предложена методика формирования инфраструктуры АГНКС и представлена ее соответствующая графическая модель. На базе математического аппарата систем массового обслуживания выполнен расчет пропускной способности инфраструктуры АГНКС с перспективой на 2025 год.

Ключевые слова: автомобильная газонаполнительная компрессорная станция, газомоторное топливо, газомоторные автомобили, транзитные транспортные потоки, кольцевая автомобильная дорога, автомобильные транспортные средства.

The article encapsulates the conception of forming the infrastructure of the motor car gas compressor stations (MCGCS) intended to be used for the transit motor transport flows in St. Petersburg. Taking into account a steady tendency of motor transport starting to use gas fuel, there has been made an analysis and description of the transit traffic flows passing along the basic highways of St. Petersburg. An evaluation of the existent infrastructure of MCGCS, which fails to provide enough fueling to transit cars with gas fuel and possesses considerable shortcomings, is presented. The authors propose using a new methodology of forming the MCGCS infrastructure and present a corresponding graphic model. On the base of mathematical analysis of the queuing systems, calculation has been carried out of the flow capacity of the MCGCS infrastructure with a view to 2025.

Keywords: motor-car gas compressor station, gas fuel, gas fuel cars, transit transport flows, ring motorway, motor vehicles.

Ключевым фактором, оказывающим определяющее влияние на формирование инфраструктуры автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС) для транзитного автомобильного транспорта Санкт-Петербурга, является исследование и анализ его входящих и выходящих потоков по основным магистралям города. Ими являются Выборгское, Московское, Таллинское, Пулковское и Мурманское направления. По ним ежедневно проходит колоссальный поток автомобильных транспортных

средств (АТС), осуществляющих пассажирские и грузовые перевозки, а также выполняющих специальные работы. С учетом устойчивой тенденции увеличения числа газомоторных автомобилей (ГМА) [1] возникает насущная потребность провести мониторинг и дать дифференцированную характеристику этих транспортных потоков с целью формирования инфраструктуры АГНКС с перспективой на 2025 год, при условии что к 2025 году численность ГМА составит 10 % от общего парка АТС.

Для этого было проведено исследование интенсивности движения АТС по указанным транзитным направлениям, что позволило оценить его усредненную ежесуточную и годовую динамику с дифференциацией по времени суток. Результаты данного исследования на примере Выборгского транзитного направления представлены на рис. 1 и 2.

На базе полученных данных была выполнена среднесуточная и годовая оценка плотности транзитных автотранспортных потоков как по их отдельным направлениям, так и суммарного по Санкт-Петербургу (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что суммарный транзитный транспортный поток составил 103 710 005 автомобилей в год. Если по прогнозу к 2025 году количество ГМА составит 10 % от общего числа АТС, то оно будет равняться 10 371 000. Это в свою очередь повлечет за собой значительную потребность в газомоторном топливе (ГМТ), а соответственно, и в создании соответствующей инфраструктуры для заправки машин на АГНКС.

На рис. 3 видно, что наиболее загруженными магистралями города являются Мурманское и Пулковское шоссе (22 807 755 и 22 652 265 авт./год

Рис. 1. Сравнительная интенсивность движения АТС в направлении «КАД — Выборгское шоссе» (выходящий поток)

Рис. 2. Сравнительная интенсивность движения АТС в направлении «Выборгское шоссе — КАД» (входящий поток)

Таблица 1

Плотность транзитных автотранспортных потоков через Санкт-Петербург

Выборгское шоссе					Мурманское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые		Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год		За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	16095	5874675	17604	6425460	Входящий	25109	9164785	7487	2732755
Выходящий	12483	4556295	9196	3356540	Выходящий	22301	8139865	7590	2770350
Всего	28578	10430970	26800	9782000	Всего	47410	17304650	15077	5503105

Таллинское шоссе					Московское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые		Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год		За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	18873	6888645	8026	2929490	Входящий	16871	6157915	9908	3616420
Выходящий	13502	4928230	9980	3642700	Выходящий	19168	6996320	7883	2877295
Всего	32375	11816875	18006	6572190	Всего	36039	13154235	17791	6493715

Пулковское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	21161	7723765	7947	2900655
Выходящий	25467	9295455	7486	2732390
Всего	46628	17019220	15433	5633045

Суммарный транзитный транспортный поток (за год)										
Транспортные потоки	Выборгское ш.		Мурманское ш.		Московское ш.		Пулковское ш.		Таллинское ш.	
	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.
Входящие	5874675	6425460	9164785	2732755	6157915	3616420	7723765	2900655	6888645	2929490
Выходящие	4556295	3356540	8139865	2770350	6996320	2877295	9295455	2732390	4928230	3642700
Всего	10430970	9782000	17304650	5503105	13154235	6493715	17019220	5633045	11816875	6572190
Итого за год	103 710 005									

соответственно). Следующее по загруженности — Выборгское шоссе (20 млн авт./год), далее Московское шоссе (19,6 млн авт./год) и Таллинское шоссе (18,4 млн авт./год).

Заглядывая на несколько лет вперед, можно предположить, что существующей инфраструктуры АГНКС будет явно недостаточно для обеспечения заправки даже 1/10 части транзитных ГМА. Для подтверждения данной гипотезы были проведены расчеты по годовой потребности в ГМТ $W_{\text{ТТС}}$, м³/год, по следующей зависимости [4]:

$$W_{\text{ТТС}} = N_i + V_j + K_{\text{оп}}, \quad (1)$$

где N_i — годовой транспортный поток транзитных ГМА на i -х магистралях; V_j — емкость газовых баллонов j -х транспортных средств, м³ (табл. 2); $K_{\text{оп}}$ — коэффициент опорожнения газовых баллонов ГМА при подъезде к СПб ($K_{\text{оп}} = 0,8$).

Результаты расчетов в годовой потребности по ГМТ для транзитных автотранспортных средств Санкт-Петербурга представлены в табл. 3.

Таким образом, суммарная годовая потребность в ГМТ для заправки транзитных автотранспортных потоков Санкт-Петербурга превышает 1 млрд м³ [7].

Исходя из выявленной потребности в ГМТ следует определить пропускную способность АГНКС на каждом из транзитных потоков автомобильного транспорта [8]. В качестве примера данного расчета было выбрано направление «Выборгское шоссе — КАД». Решение подобной задачи соотносится с математическим аппаратом систем массового обслуживания (СМО) при принятом допущении, что входящий поток требований на заправку машин в течение суток равномерный [4]. При этом основными характеристиками АГНКС как классической СМО являются следующие:

- интенсивность потока заявок на заправку, м³/ч:

$$\lambda = \frac{S_{\text{прос}}}{24}; \quad (2)$$

$$\lambda = 366\,300,48/24 = 15\,262,52;$$

Рис. 3. Загруженность транзитных автотранспортных магистралей Санкт-Петербурга

Таблица 2
Емкость газовых баллонов у разных автомобилей

Категория автомобиля	Типовая марка автомобиля	Емкость газовых баллонов, м³
Легковые	Ford C-Max 2,0 CNG	50
Грузовые до 5 т	Газель	169,6
Грузовые 5–12 т	КАМаз 43118–34	224
Грузовые 12–20 т	Iveco Eurocargo 120E20	480
Грузовые > 20 т	Scania P380	824

- количество каналов обслуживания (число колонок заправки на АГНКС) n (допустим, $n = 8$);
- интенсивность обслуживания (производительность АГНКС), м³/ч:

$$\mu = H = 2000 \text{ [5];} \quad (3)$$

- интенсивность загрузки:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \quad (4)$$

$$\rho = 15\,262,52 / 2000 = 7,631.$$

В программе Excel была разработана функция, определяющая долю времени простаивания канала обслуживания. Данная функция показывает, какое количество времени заправочная станция пустует при разных значениях переменных.

Вероятность обслуживания заявок

$$P_{\text{обс}} = 1 - P_0 \frac{\rho^n}{n!}; \quad (5)$$

$$P_{\text{обс}} = 1 - 0,1 \cdot 7,631^8 / 8! = 79 \%.$$

Этот целевой показатель варьируется от 0 до 1 и показывает уровень обслуживания потока заявок. Далее, используя математический аппарат СМО, в формате Excel была определена вероятность обслуживания заявок потребителей по заправке ГМА на транзитном транспортном потоке «Выборгское шоссе — КАД» (табл. 4).

Таким образом, при числе колонок $n = 8$ общей производительностью раздачи ГМТ в 2000 м³/ч уровень обслуживания потребителей составит 79 % при приемлемом уровне не менее 95 % [6]. Тогда потребное количество заправочных колонок на АГНКС для заданного уровня обслуживания согласно приведенным выше расчетам составит 12 ед. (табл. 5).

Аналогичным образом можно рассчитать пропускную способность АГНКС на других транзитных потоках (табл. 6 и 7).

Таким образом, в перспективе на 2025 год для транзитных АТС по пяти основным маршрутам Санкт-Петербурга потребуется 10 АГНКС, расположенных по обе стороны каждой трассы, с количеством колонок заправки от 9 до 12.

Таблица 3

Годовая потребность в газомоторном топливе для транзитных автотранспортных средств, м³

Выборгское шоссе					Мурманское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые		Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год		За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	64380	23498700	301920	110528354	Входящий	100436	36659140	189446	69147609
Выходящий	49932	18225180	216133	78888402	Выходящий	89204	32559460	191732	69982168
Всего	114312	41723880	518053	189416756	Всего	189640	69218600	381177	139129777

Таллинское шоссе					Московское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые		Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год		За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	75492	27554580	168614	61544022	Входящий	67484	24631660	274889	100334657
Выходящий	54008	19712920	226087	82521629	Выходящий	76672	27985280	254963	93061661
Всего	129500	47267500	394700	144065651	Всего	144156	52616940	529853	193396318

Пулковское шоссе				
Транспортные потоки	Легковые		Грузовые	
	За сутки	За год	За сутки	За год
Входящий	84644	30895060	187981	68613226
Выходящий	101868	37181820	149389	54526819
Всего	186512	68076880	337370	123140045

Суммарная потребность в ГМТ (м³ за год)										
Транспортные потоки	Выборгское ш.		Мурманское ш.		Московское ш.		Пулковское ш.		Таллинское ш.	
	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.	Легк.	Груз.
Входящие	23498700	110528354	36659140	69147609	24631660	100334657	30895060	68613226	27554580	61544022
Выходящие	18225180	78888402	32559460	69982168	27985280	93061661	37181820	54526819	19712920	82521629
Всего	41723880	189416756	69218600	139129777	52616940	193396318	68076880	123140045	47267500	144065651
Итого за год	1068052347									

На каждой стороне трассы можно снизить число АГНКС вдвое при наличии соответствующих развязок на КАД, что представляется целесообразным проектным решением. Такие многоканальные АГНКС уже существуют в нескольких регионах нашей страны.

Для логического завершения формирования инфраструктуры АГНКС для транзитных транспортных потоков АТС следует провести деталь-

ный анализ географического расположения этих станций относительно потенциальных потребителей ГМТ. В настоящее время при наличии единственной АГНКС Санкт-Петербурга, находящейся на Пулковском шоссе, можно сделать заключение, что плечи заправок от потребителей до АГНКС колеблются в пределах от 2 до 50 км и характеризуются весьма значительной степенью асимметрии. Это приведет к росту нерациональ-

Таблица 4

Результаты расчета показателей АГНКС

Категория автомобилей	Объем бака, м³	Объем заправки (0,2 бака – остается), м³	Среднее количество машин в сутки	Количество заправляющихся машин, авт.	Потребность в ГМТ, м³
легковые	50	40	16095	1609	64360
грузовые до 5т	169,6	135,68	13566	1356	183982,08
грузовые 5–12 т	224	179,2	2497	249	44620,8
грузовые 12–20 т	480	384	1002	100	38400
грузовые больше 20 т	824	659,2	539	53	34937,6
					366300,48

Таблица 5

Результаты расчета потребного количества колонок на АГНКС на транзитном направлении «Выборгское шоссе — КАД»

Количество колонок (n)	12 колонок
Интенсивность обслуживания (μ)	2000 м ³ /ч
Интенсивность потока заявок (λ)	15262,52 м ³ /ч

Интенсивность нагрузки (ρ)	7,631
Доля времени простоя колонок (p_0)	0,1 %
Вероятность обслуживания заявок ($p_{\text{обс}}$)	96 %

ных затрат времени и средств при организации заправки АТС.

Кроме указанных обстоятельств, еще нужно учесть, что все пять транзитных маршрутов имеют разную загруженность транспортных потоков и, следовательно, будут обладать и разными приоритетами по заправке ГМА. В этом аспекте предлагается решение предметной задачи по определению значений коэффициента вариации V и показателя асимметрии A потребителей ГМТ относительно дислокации АГНКС применительно к транзитным автотранспортным потокам Санкт-Петербурга [3]. Как свидетель-

ствует практика решения подобных задач, допустимые величины указанных коэффициентов и показателей не должны превышать значений 33–35 %. Исходные данные для рассмотрения данной задачи представлены в табл. 8 [11].

Исчисление средней величины плеча заправки по сгруппированным данным производится по формуле средней арифметической взвешенной:

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i \cdot f_i}{\sum f_i}. \quad (6)$$

При использовании выражения (6) необходимо варианты признака X выразить одним дискретным числом. За такое дискретное число принимается средняя арифметическая из верхнего и нижнего значения интервала плеча заправки. Так, для первой группы дискретная величина x будет равна: $(1 + 3)/2 = 2$. Тогда

$$\bar{X} = \frac{\sum Xf}{\sum f} = \frac{2 \cdot 21 + 13 \cdot 19 + 16 \cdot 18 + 23 \cdot 23 + 49 \cdot 19}{100} = 20,4 \text{ км.}$$

Исходные данные и результаты промежуточных расчетов по определению коэффициента вариации V и показателя асимметрии A АГНКС относительно транзитных маршрутов сведен в табл. 9.

Таблица 6

Результаты расчета суточных пропускных способностей АГНКС на транзитных маршрутах Санкт-Петербурга (входящие потоки)

Входящий поток	Спрос на газ, м ³	μ , м ³ /ч	λ , м ³ /ч	ρ	p_0 , %	$p_{\text{обс}}$, %	n
Выборгское шоссе	366 300	2000	15 262,52	7,631	0,1	96	12
Мурманское шоссе	289 882		12 078,42	6,039	0,2	96	10
Таллинское шоссе	244 106		10 171,08	5,086	0,6	96	9
Московское шоссе	342 373		14 265,54	7,133	0,1	97	12
Пулковское шоссе	272 625		11 359,38	5,68	0,4	97	10

Таблица 7

Результаты расчета суточных пропускных способностей АГНКС на транзитных маршрутах Санкт-Петербурга (выходящие потоки)

Выходящий поток	Спрос на газ, м ³	μ , м ³ /ч	λ , м ³ /ч	ρ	p_0 , %	$p_{\text{обс}}$, %	n
Выборгское шоссе	266 065	2000	11 086,04	5,543	0,4	97	10
Мурманское шоссе	280 936		11 705,67	5,853	0,3	96	10
Таллинское шоссе	280 095		11 670,63	5,835	0,3	96	10
Московское шоссе	331 635		13 818,13	6,909	0,1	97	12
Пулковское шоссе	251 257		10 469,04	5,235	0,5	98	10

Таблица 8

Исходные данные для решения задачи

	Транзитные маршруты Санкт-Петербурга				
	Пулковское	Московское	Таллинское	Мурманское	Выборгское
Плечо подъезда до АГНКС x , км	1–3	12–14	15–17	22–24	48–50
Величина удельного приоритета по количеству автотранспорта, f , %	21	19	18	23	19

Определим значение моды M_o , то есть наиболее встречающегося признака, в табл. 9:

$$M_o = x_{M_o} + i_{M_o} \frac{f_{M_o} - f_{M_o-1}}{(f_{M_o} - f_{M_o-1}) + (f_{M_o} - f_{M_o+1})}, \quad (7)$$

где x_{M_o} — начальное значение интервала, содержащего моду; i_{M_o} — величина модального интервала; f_{M_o} — частота модального интервала; f_{M_o-1} — частота интервала, предшествующего модальному; f_{M_o+1} — частота интервала, следующего за модальным.

Наибольшее число потребителей ГМТ совершает пробег до АГНКС на расстояние 22–24 км по Мурманскому шоссе (см. табл. 8). Следовательно, этот интервал пробега является модальным. Введем следующие обозначения:

$$x_{M_o} = 22, i_{M_o} = 2, f_{M_o} = 23, f_{M_o-1} = 18, f_{M_o+1} = 19.$$

Тогда значение моды будет равно:

$$M_o = 22 + 2 \frac{23 - 18}{(23 - 18) + (23 - 19)} = 23,1 \text{ км.}$$

Найдем среднее квадратичное отклонение пробега:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2 f}{\sum f}} = \sqrt{\frac{24195,4}{100}} = 15,6 \text{ км.} \quad (8)$$

Дисперсия пробега составит $\sigma^2 = 241,95$ км.

Тогда коэффициент вариации по плечам заправки АТС до АГНКС будет равен

$$V = \frac{\sigma \cdot 100}{\bar{x}} = \frac{15,6 \cdot 100}{20,4} = 76 \%. \quad (9)$$

Показатель асимметрии между АГНКС и потребителями ГМТ, %, определится по зависимости

$$A = \frac{M_{\text{ц}}}{\sigma^3} 100, \quad (10)$$

где $M_{\text{ц}}$ — центральный момент третьего порядка,

$$M_{\text{ц}} = \frac{\sum (x - \bar{x})^3 f}{\sum f} = \frac{291619,14}{100} = 2916,2 \text{ км.} \quad (11)$$

По выражению (10) находим показатель асимметрии АГНКС относительно потребителей ГМТ, который будет равен $A = 77 \%$.

Выполненные расчеты убедительно доказывают, что существующая сеть АГНКС относительно транзитных потребителей ГМТ имеет запредельные значения коэффициента вариации и показателя асимметрии по плечам заправки транзитного автотранспорта. Величина коэффициента вариации составляет $V = 76 \%$, показатель асимметрии $A = 77 \%$ против допустимых 33–35 % [9].

При расширении сети АГНКС Санкт-Петербурга от одной до пяти станций и размещении их на пересечении транзитных автотранспортных потоков с КАД (рис. 4) значения коэффициента вариации и показателя асимметрии по плечам заправки ГМА будут сведены

Рис. 4. Графическая модель инфраструктуры АГНКС для транзитных потоков автомобильного транспорта Санкт-Петербурга. Условные обозначения:
→ — транзитный поток; ▲ — АГНКС

Таблица 9

Расчетные данные по определению коэффициента вариации и показателя асимметрии

Маршрут	x	f	xf	$(x - \bar{x})^2 f$	$(x - \bar{x})^3 f$
Пулковское	2	21	42	7109,76	-144 039
Московское	13	19	247	1040,44	-7699,26
Таллинское	16	18	288	348,48	-1533,31
Мурманское	23	23	529	155,48	404,25
Выборгское	49	19	931	15 541,24	444 479,46
Итого		100	2037	24 195,4	291 619,14

к минимуму, а практически — обнулены. Это позволит наиболее эффективно решить задачи, поставленные в Распоряжении Правительства РФ № 767-р [1].

Таким образом, в результате выполненного исследования предложена концепция и показаны пути формирования инфраструктуры АГНКС для транзитных автотранспортных потоков Санкт-Петербурга. В законченном виде она представлена в виде графической модели расположения АГНКС на карте города с соответствующим обоснованием их пропускной способности на перспективу до 2025 г. Основные положения данной концепции были доложены и получили одобрение в Комитете по транспорту Правительства Санкт-Петербурга [12].

Библиографический список

1. Распоряжение Правительства РФ от 13.05.2013 № 767-р «О регулировании отношений в сфере использования газомоторного топлива».
2. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Наука, 2001. 536 с.
3. Глазков В. Ф., Вельниковский А. А. Анализ и принципы формирования системы заправочных станций газомоторных автомобилей Санкт-Петербурга // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (50). С. 225–227.
4. Евстифеев А. А. Методология рационального построения и непрерывного совершенствования региональной сети АГНКС // Транспорт на альтернативном топливе. 2014. № 3 (39). С. 53–60.
5. URL: <http://www.stav.kp.ru/daily/26437/3308316/>.
6. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уровень_сервиса.
7. Немчиков Ю. В., Никонов И. Д., Глазков В. Ф. Оценка потребности в газомоторном топливе транзитными транспортными средствами Санкт-Петербурга // Материалы 69-й студенческой конф. СПбГАСУ. СПб., 2016.

8. Прусаков Г. М. Математические модели и методы расчета на ЭВМ. М.: Физматлит, 1993.

9. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006.

10. Вероятность и математическая статистика / под ред. Ю. В. Прохорова. М.: Большая российская энциклопедия, 2003. 912 с.

11. Блинков В. М. Перспективы мирового рынка газомоторного транспорта. М.: Российский институт стратегических исследований, 2012.

12. Использование газомоторного топлива на автомобильном транспорте. Существующие перспективы и проблемы. М.: ОАО «НИИАТ», 2014.

References

1. *Rasporyazhenie Pravitel'stva RF ot 13.05.2013 no. 767-r «O regulirovaniy otnosheniy v sfere ispol'zovaniya gazomotornogo topliva»* [The Order of the Government of the Russian Federation of 13.05.2013 no. 767-r "On regulation of the relations in the sphere of use of gas motor fuel"].
2. Kuznetsov E. S. *Tekhnicheskaya ehkspluatatsiya avtomobiley* [Technical operation of cars]. Moscow, Nauka, 2001, 536 p.
3. Glazkov V. F., Vel'nikovskiy A. A. *Analiz i printsipy formirovaniya sistemy zapravochnykh stantsiy gazomotornykh avtomobiley Sankt-Peterburga* [Analysis and principles of forming the system of fuel stations of gas engine cars of St. Petersburg]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2014, no. 3 (50), pp. 225–227.
4. Evstifeev A. A. *Metodologiya ratsional'nogo postroeniya i nepreryvnogo sovershenstvovaniya regional'noy seti AGNKS* [Methodology of rational construction and continuous improvement of the AGNKS filling station regional network]. *Transport na al'ternativnom toplive – Transport on alternative fuel*, 2014, no. 3 (39), pp. 53–60.
5. <http://www.stav.kp.ru/daily/26437/3308316/>.
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Uroven'_servisa.
7. Nemchikov Yu. V., Nikonov I. D., Glazkov V. F. *Otsenka potrebnosti v gazomotornom toplive tranzitnymi transportnymi sredstvami Sankt-Peterburga* [Evaluation of

the need for gas motor fuel by transit vehicles of St. Petersburg]. *Trudy 69-y studencheskoy konf. SPbGASU* [Proc. of the 69-th student's conf.]. St. Petersburg, SPSUACE Publ., 2016.

8. Prusakov G. M. *Matematicheskie modeli i metody rascheta na EhVM* [Mathematical models and methods of computer calculation]. Moscow, Fizmatlit Publ., 1993.

9. Kobzar' A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika* [Applied mathematical statistics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006.

10. *Veroyatnost' i matematicheskaya statistika* [Probability and mathematical statistics]. Ed. by Prokhorov Yu. V.

Moscow, Bol'shaya Rossiyskaya Ehntsiklopediya Publ., 2003, 912 p.

11. Blinkov V. M. *Perspektivy mirovogo rynka gazomotornogo transporta* [Prospects of the world market of gas engine transport]. Moscow, Russian Institute of Strategic Research Publ., 2012.

12. *Ispol'zovanie gazomotornogo topliva na avtomobil'nom transporte. Sushchestvuyushchie perspektivy i problem* [Use of gas motor fuel at the motor transport. The existing prospects and problems]. Moscow, NIIAT Publ., 2014.