

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КУЗОВНЫХ МУСОРОВОЗОВ

Носенко А.С.<sup>1</sup>, Каргин Р.В.<sup>1</sup>, Шемшура Е.А.<sup>1</sup>, Алтунина М.С.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Шахтинский институт (филиал) «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», Шахты, Россия (346500, г. Шахты, Ростовская область, пл. Ленина, 1), e-mail: MariyAltunina@mail.ru

Проведен анализ производственных наблюдений за процессом эксплуатации кузовных мусоровозов в условиях одноэтапной системы сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО), в результате которого было предложено достигнутый ресурс мусоровоза определять как суммарный от транспортной работы и технологических операций с учетом интенсивности эксплуатации специального оборудования. Для проверки разработанных теоретических положений проведен комплекс экспериментальных исследований, целью которого является разработка методики экспериментальной оценки интенсивности эксплуатации специального оборудования кузовных мусоровозов. В результате обработки данных производственного эксперимента была подтверждена гипотеза о нормальном законе распределения случайных значений времени работы специального оборудования при уровне значимости 0,05 и установлены его параметры, а также получены численные значения показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования по 13 машинам для сбора и вывоза ТБО, эксплуатируемых в МУП «Спецавтохозяйство» г. Шахты. При сравнении теоретических и экспериментальных данных установлено соответствие вида функциональных зависимостей.

Ключевые слова: машина для сбора и вывоза твердых бытовых отходов (мусоровоз), базовый автомобиль, специальное оборудование, интенсивность эксплуатации.

## EXPERIMENTAL EVALUATION OF GARBAGE TRUCK OPERATING RATE

Nosenko A.S.<sup>1</sup>, Kargin R.V.<sup>1</sup>, Shemshura E.A.<sup>1</sup>, Altunina M.S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Shakhty Institute (Branch) «Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)», 1, Lenina Square, Shakhty, Rostov Region, 346500, RUSSIA) e-mail: MariyAltunina@mail.ru

Production observation analysis has been conducted for garbage truck operating process in conditions of single step solid waste removal system. In the achieved result the operating cycle suggested to be estimated as a summary of transport and technological operation work considering the intensity load of special equipment. To check developed theoretical states there is complex of experimental study which goal to develop experimental evaluation methodology of garbage truck special equipment operating rate. As industrial experiment data handling result the hypothesis of normal distribution of random values was confirmed for special equipment work period with significant point at 0,05 and its parameters estimated. Numerical values of operating rate of special equipment for 13 solid waste removal trucks which running in MUP "SpetsAvtoHozyaistvo" of Shakhty was calculated. Functional relation aspect was specified by comparison theoretical and experimental data.

Keywords: a machine for garbage collection and carrying out (garbage-carrier), carriage vehicle, special equipment, intensiveness of exploitation.

Представлены результаты производственных (экспериментальных) наблюдений за процессом эксплуатации кузовных мусоровозов. Выявлены факторы, влияющие на рабочий процесс мусоровозов, определены значения постоянных факторов, выбраны и обоснованы средства измерений, а также разработан план и техника эксперимента. Определены численные значения показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровозов для условий одноэтапной системы сбора и вывоза ТБО. Проведена оценка адекватности теоретических и экспериментальных моделей.

Мусоровозы являются важнейшим звеном в процессе поддержания санитарной обстановки и общего благоустройства городов, поскольку обеспечивают механизированный

сбор, уплотнение и транспортировку различного рода отходов к месту утилизации [1]. Поэтому для поддержания требуемого уровня экологической и эпидемиологической безопасности населенных мест необходимо обеспечение безотказной эксплуатации машин для сбора и вывоза твердых бытовых отходов (ТБО).

Повышение эффективности процессов эксплуатации мусоровозов при сложившейся социально-технической политике является актуальной научно-технической задачей [2].

Одним из путей решения поставленной задачи является адаптация системы поддержания работоспособного состояния машин к условиям эксплуатации, которая заключается в выборе оптимальной стратегии технических воздействий, соответствующей минимальным затратам на проведение технических воздействий, на основе исследования интенсивности эксплуатации специального оборудования и базового автомобиля с учетом фактических показателей надежности [4; 7].

Мусоровоз – это машина, работающая в двух режимах: технологический режим (сбор) и транспортный режим (вывоз ТБО), поэтому для оценки взаимного влияния специального оборудования и базового автомобиля было предложено достигнутый ресурс мусоровоза (1) определять как суммарный от транспортной работы и технологических операций с учетом показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования ( $C$ ) [6].

$$L_{MVC} = L_{BA} + L_{CO} = L_{BA} + L_{BA} \cdot C = L_{BA}(1 + C), \quad (1)$$

где  $L_{BA}$  – наработка на отказ базового автомобиля, км;  $L_{CO}$  – эквивалентная наработка на отказ специального оборудования мусоровоза, км.

В общем виде показатель интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровоза устанавливает соотношение продолжительности работы технологического оборудования ко времени работы мусоровоза в транспортном режиме на маршруте (2), включающем движение от предприятия до участка, переезды между площадками на участке, движение до места выгрузки и обратное движение на предприятие [6].

$$C = \frac{T_{CO}}{T_{TP}} = \frac{T_{CO} \cdot V_{cp}}{S}, \quad (2)$$

где  $T_{CO}$  – время работы специального оборудования, ч;  $T_{TP}$  – время пробега мусоровоза, ч;  $V_{cp}$  – средняя скорость движения, км/ч;  $S$  – дальность пути следования по маршруту, км.

Для проверки разработанных теоретических положений был проведен комплекс экспериментальных исследований, целью которого являлась разработка методики экспериментальной оценки интенсивности эксплуатации специального оборудования кузовных мусоровозов, в связи с чем рассмотрен рабочий процесс мусоровоза, который состоит из движения от предприятия до участка, работы на участке, движения до места выгрузки и обратного движения на предприятие или на участок [3].

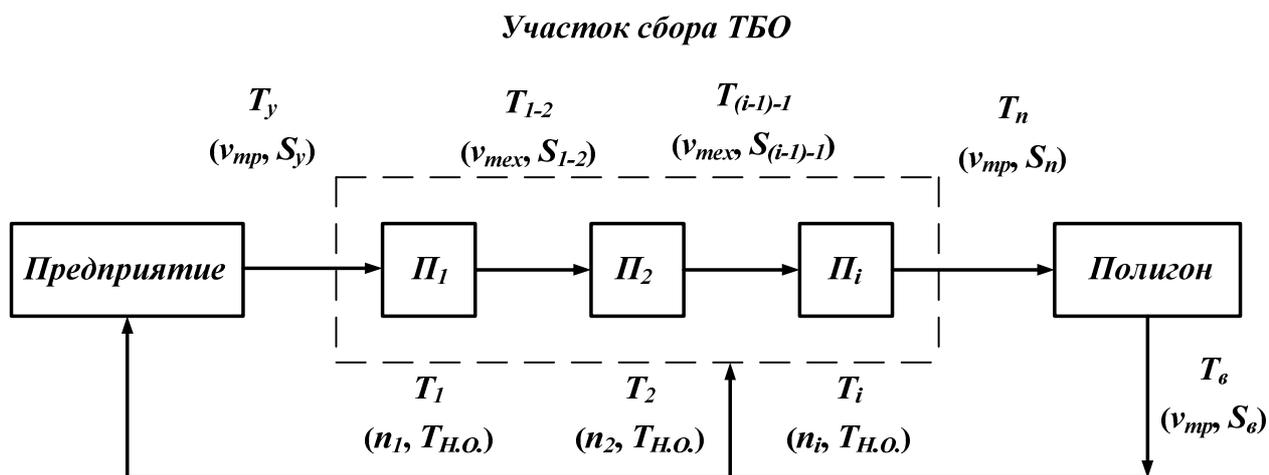


Рис. 1. Схема маршрута мусоровоза:

$\Pi_i$  – номер контейнерной площадки;  $S_y, S_{(i-1)-1}, S_n, S_6$  – соответственно пробег до участка, расстояние между контейнерными площадками, пробег к месту выгрузки, обратный путь на предприятие (участок);  $T_y, T_{(i-1)-1}, T_n, T_6$  – соответственно время пробега до участка, движения между контейнерными площадками, пробега к месту выгрузки, время возврата на предприятие (участок);  $v_{mp}, v_{mex}$  – соответственно транспортная и технологическая скорость;  $n_i$  – количество контейнеров на площадке;  $T_{HO}$  – время работы навесного оборудования.

На основании рассмотренного рабочего процесса установлены влияющие факторы (табл. 1) [5].

Таблица 1

Влияющие факторы рабочего процесса мусоровозов

Группа факторов	Наименование факторов, входящих в данную группу
Система сбора ТБО	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Расстояние между площадками.</li> <li>2. Расстояние до места выгрузки.</li> <li>3. Количество контейнеров на площадке.</li> <li>4. Количество площадок.</li> <li>5. Емкость контейнеров</li> </ol>
Технические параметры	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Вместимость кузова.</li> <li>2. Тип базового шасси.</li> <li>3. Коэффициент уплотнения</li> </ol>
Эксплуатационные параметры мусоровозов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Средняя скорость передвижения.</li> <li>2. Время работы навесного оборудования.</li> <li>3. Время пробега мусоровоза</li> </ol>

Как показано в таблице 1, на рабочий процесс мусоровоза оказывают влияние

многочисленные факторы, которые условно можно разделить на постоянные и переменные.

Факторы, которые в меньшей степени могут влиять на интенсивность работы навесного оборудования, отнесены к постоянным и включают две группы факторов - это система сбора и вывоза ТБО и технические параметры мусоровозов, а эксплуатационные параметры мусоровозов в данном случае являются переменными факторами. Но необходимо подчеркнуть, что параметры системы сбора и вывоза ТБО дискретно изменяются при изменении маршрута мусоровоза.

Выполненный анализ влияющих на рабочий процесс мусоровоза факторов позволил установить значения постоянных факторов (табл. 2).

Таблица 2

Значения влияющих факторов

№ п/п	Наименование факторов	Ед. изм.	Значение
1	Расстояние между площадками	м	не более 500
2	Расстояние до места выгрузки	км	не более 20
3	Количество контейнеров на площадке	шт.	1-6
4	Количество площадок	шт.	1-30
5	Емкость контейнеров	м <sup>3</sup>	0,1; 0,3; 0,55; 0,75
6	Вместимость кузова	м <sup>3</sup>	5; 7; 8; 9; 10; 17; 18; 22; 22,2
7	Тип базового шасси	-	ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, МАЗ
8	Коэффициент уплотнения	-	1,8-4,0

При определении переменных факторов выдвинута гипотеза о том, что случайные значения времени работы мусоровоза в технологическом режиме на одном и том же эксплуатационном участке подчиняются нормальному закону распределения. Для подтверждения этой гипотезы были проведены наблюдения за работой мусоровоза с боковой механизированной загрузкой кузова КО-440-4, выполняющего работу на маршруте № 1 в течение 3 месяцев. Минимально необходимый объем выборочных данных при коэффициенте вариации случайной величины 0,2208 и доверительной вероятности 0,95 составил 90 значений [9].

В данной методике входной информацией являются базы данных спутниковой системы слежения за мобильными объектами «VOYAGER 2 ГЛОНАСС» с версией прошивки 07.502.141 и стандартом GSM 900/1800 МГц, в результате обработки которых получены исходные значения  $T_{CO}$ ,  $V_{cp}$ ,  $S$  для определения фактического показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования кузовных мусоровозов, которые представлены в табличном виде (рис. 2) [8].

Отчет по движению/стоянкам										
Автомобиль с307tx										
Отчетный период с 01.05.2012 0:00:00 по 01.08.2012 23:59:59										
	действие	начало	конец	длительность	Ср. скорость, км/ч	пробег, км	T <sub>со</sub>	V <sub>ср.</sub>	S	C
1	Стоянка №1	00:04	04:13	4:09						
2	Движение	04:13	04:17	03	11,2	0,7	3	11,2	0,7	
3	Стоянка №2	04:17	04:21	03			5			
4	Движение	04:21	04:35	14	24,2	5,8	14	24,2	5,8	
5	Стоянка №3	04:35	04:39	04			04			
6	Движение	04:39	04:50	10	25,0	4,4	10	25,0	4,4	
7	Стоянка №4	04:50	05:09	19			21			
8	Движение	05:09	05:10	00	17,9	0,3	00	17,9	0,3	
9	Стоянка №5	05:10	05:13	03			03			
10	Движение	05:13	05:14	00	14,6	0,2	00	14,6	0,2	
11	Стоянка №6	05:14	05:17	03			03			
12	Движение	05:17	05:22	04	22,0	1,7	04	22,0	1,7	
13	Стоянка №7	05:22	05:30	07			07			
14	Движение	05:30	05:33	03	15,9	0,8	03	15,9	0,8	
15	Стоянка №8	05:33	05:38	05			05			
16	Движение	05:38	05:39	00	14,0	0,2	00	14,0	0,2	
17	Стоянка №9	05:39	05:48	08			08			
18	Движение	05:48	05:52	04	19,6	1,4	04	19,6	1,4	
19	Стоянка №10	05:52	06:00	07			07			
20	Движение	06:00	06:21	20	22,7	7,9	20	22,7	7,9	
21	Стоянка №11	06:21	06:25	04			1,116667	18,71	23,4	0,892856
22	Движение	06:25	06:49	24	20,3	8,2	24	20,3	8,2	
23	Стоянка №12	06:49	06:54	04			04			

Рис. 2. Генеральная совокупность данных о режиме работы мусоровоза КО-440-4 (фрагмент).

В результате экспериментальной обработки случайных значений времени работы специального оборудования мусоровозов подтверждена гипотеза о нормальном законе распределения при уровне значимости 0,05, и установлены его параметры (рис. 3).

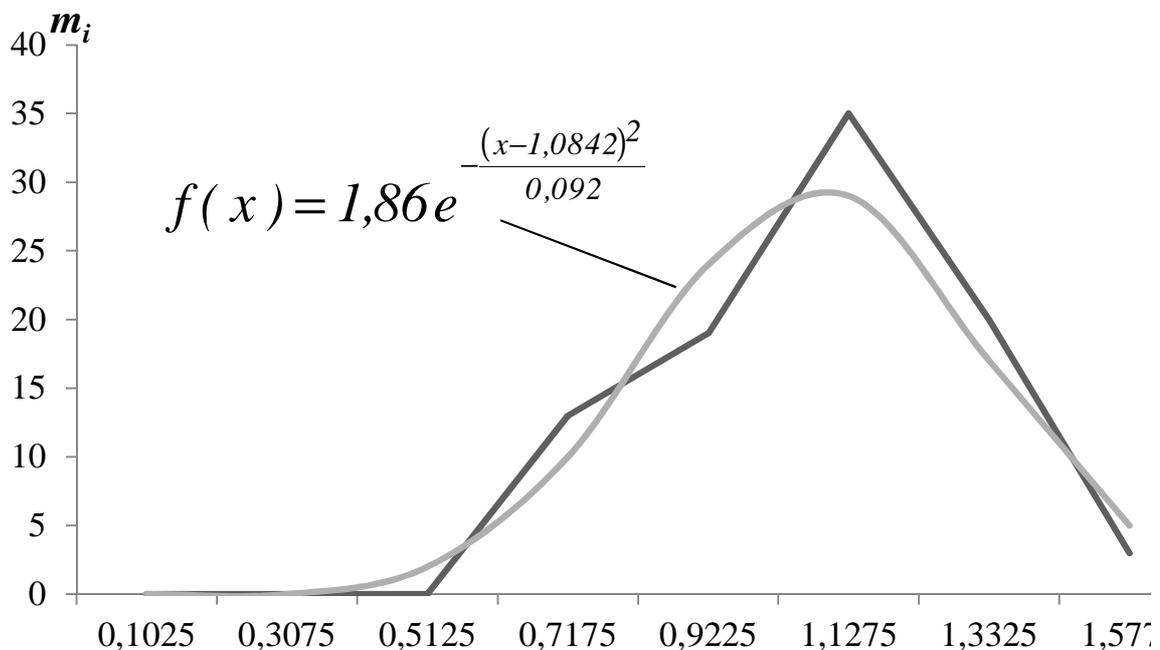


Рис. 3. Эмпирический полигон (1) и теоретическая кривая нормального распределения (2).

Для обоснованного подхода к определению показателя интенсивности эксплуатации

специального оборудования мусоровоза, ввиду большого массива данных, был использован рациональный метод исследований, под которым понимается комплекс мероприятий, обеспечивающих получение всесторонней информации об исследуемом объекте при минимальном объеме выборки и сроках проведения исследований.

Для расчета необходимого числа значений выборки принят параметрический метод расчета, когда известен вид закона распределения исследуемой случайной величины, согласно которому число значений выборки  $N$  (3) определяется в зависимости от относительной ошибки  $\delta$  среднего значения  $t_{cp}$  исследуемой величины с доверительной вероятностью  $\beta$  и ожидаемой величины коэффициента вариации  $\nu$  [9].

$$\frac{\delta}{\nu} = \frac{t_{\beta, N-1}}{\sqrt{N}}, \quad (3)$$

где  $t_{\beta, N-1}$  - значение исследуемой величины, удовлетворяющее условию

$$P(t < t_{\beta, N-1}) = \int_{-\infty}^{t_{\beta, N-1}} S(t) dt = \beta.$$

Согласно установленным параметрам нормального закона распределения величина коэффициента вариации  $\nu = 0,198$  и, при условии, что  $\delta = 5\%$ , а  $\beta = 0,95$ , то  $N = 5,00034$ .

Таким образом, необходимое и достаточное количество значений  $T_{C.O.}$  в выборке для расчета показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровоза составило  $\geq 5$ . В исследованиях принято 7 опытов в серии, что соответствует 7 дням работы мусоровоза на маршруте.

Для проведения эксперимента базовым предприятием выбрано муниципальное унитарное предприятие города Шахты «Спецавтохозяйство», в котором спутниковое оборудование системы слежения за мобильными объектами «VOYAGER 2 ГЛОНАСС» установлено на все машины для сбора и вывоза ТБО. Получены и обработаны исходные данные производственных наблюдений по 13 машинам. В качестве примера расчета показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровоза приведен график показателя интенсивности эксплуатации в зависимости от дальности пути следования по маршрутам (рис. 4). Данная зависимость определена для 6 мусоровозов с боковой механизированной загрузкой кузова КО-440-4, выполняющих работу на шести маршрутах с разной протяженностью, но с постоянным временем работы специального оборудования (количество остановок – 6, количество контейнеров - 20).

На графике точками показаны значения опытов в сериях, определены средние значения в каждой серии, по которым построена кривая 1, от нее отложена область в обе стороны по 3 средних квадратических отклонения  $S$ , ограниченная кривыми 2.

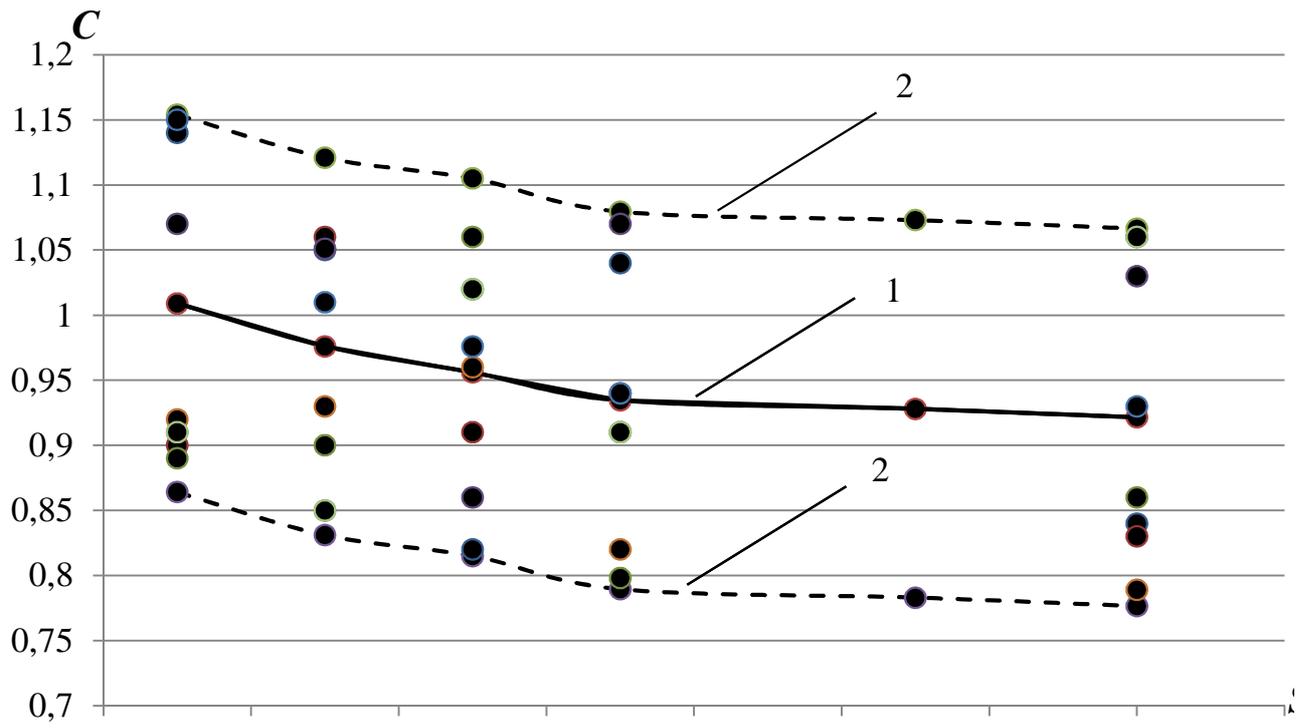


Рис. 4. Зависимость показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровоза от пробега по маршруту.

В результате сравнения теоретических и экспериментальных данных установлено соответствие вида функциональных зависимостей (рис. 5).

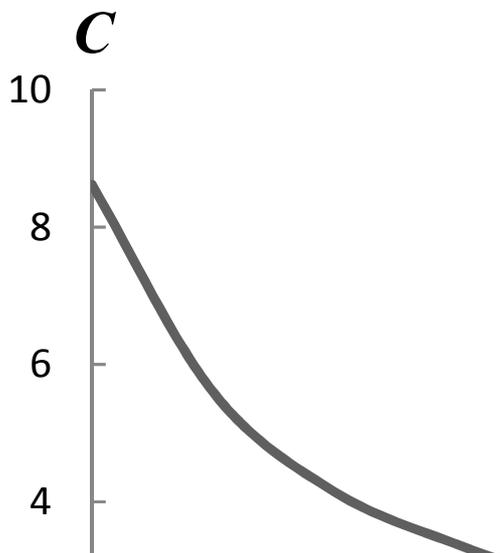


Рис. 5. Сравнение теоретических и экспериментальных данных зависимости показателя интенсивности эксплуатации специального оборудования мусоровоза:

1 – теоретическая кривая, 2 – экспериментальная кривая.

Полученные зависимости по 13 машинам использованы при моделировании процессов эксплуатации кузовных мусоровозов и оптимизации системы ТО и ремонта машин для сбора и вывоза ТБО.

### Список литературы

1. Каргин Р.В. Классификация машин для сбора и вывоза ТБО // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. - № 2. – С. 69-74.
2. Каргин Р.В. Повышение эффективности системы эксплуатации кузовных мусоровозов // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2011. - № 5. – С. 93-96.
3. Каргин Р.В., Домницкий А.А. Маршрутизация движения дорожных машин для сбора и вывоз отходов // Дороги и мосты : сборник / ФГУП «РОСДОРНИИ». – М. : РОСДОРНИИ, 2012. – Вып. 28/2. – С. 92-102.
4. Каргин Р.В., Жигульский В.И. Надежность кузовных мусоровозов // Грузовик: строительно-дорожные машины, автобус, троллейбус, трамвай. – 2012. - № 2. – С. 37-40.
5. Носенко А.С., Каргин Р.В., Алтунина М.С. Методика экспериментальной оценки интенсивности эксплуатации мусоровозов. Перспективы развития Восточного Донбасса : сб. науч. тр. Ч. 1 / Шахтинский ин-т (филиал) ГОУ ВПО «ЮРГТУ» (НПИ). – Новочеркасск : ЮРГТУ, 2011. – С. 138-141.
6. Носенко А.С. Закономерность формирования межремонтных ресурсов мусоровозов с учетом режимов эксплуатации / А.С. Носенко, Р.В. Каргин, Е.А. Шемшура, М.С. Алтунина // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. - 2010. - № 5. - С. 89-94.
7. Носенко А.С. Моделирование процесса эксплуатации машин для сбора и вывоза твердых бытовых отходов / А.С. Носенко, Р.В. Каргин, Е.А. Шемшура, М.С. Алтунина // Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012». – Вып. 4. - Т. 2. – Одесса : КУПРИЕНКО, 2012. – С. 69-76.
8. Носенко А.С. Определение параметров режимов работы кузовных мусоровозов / А.С. Носенко, Р.В. Каргин, Е.А. Шемшура, М.С. Алтунина // Перспективы развития Восточного Донбасса : материалы IV Междунар. и 62-й Всерос. науч.-практ. конф., апрель 2013, г. Шахты / Шахтинский ин-т (филиал) ЮРГТУ(НПИ). - 2013. – С. 93-96.
9. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надежности. – М. : Советское радио, 1968. – 288 с.

**Рецензенты:**

Адигамов К.А., д.т.н., профессор кафедры «Технические системы жилищно-коммунального хозяйства и сферы услуг» Института сферы обслуживания и предпринимательства (филиала) Донского государственного технического университета в г. Шахты;

Евстратов В.А., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Машины и оборудование предприятий стройиндустрии» Шахтинского института (филиала) «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Шахты.